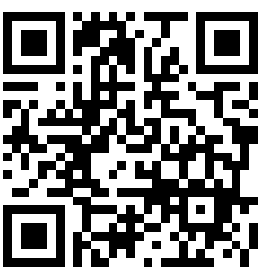
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

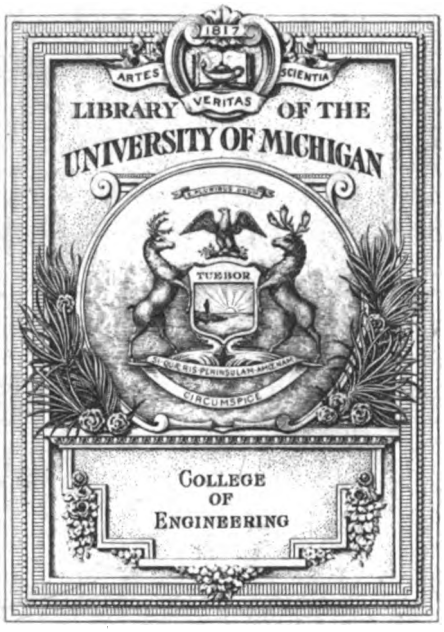
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

073

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

TK
3
.E46

Digitized by Google

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

LI. Jahrgang

1930

I. Halbjahr

Berlin

Im Buchhandel durch Julius Springer

1930

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

(I. Halbjahr 1930)

A. Sachverzeichnis.

	Seite		Seite
I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen	III	IV. Vereinsnachrichten	XVIII
II. Persönliches	XVII	V. Geschäftliche Mitteilungen	XX
III. Literatur (Buchbesprechungen)	XVII		

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die Schriftleitung. — Lit. = Buchbesprechung. — B. = Berichtigung. Bespr. = Besprechung.
Die Zeichen *, Brf., Lit., B. und Bespr. stehen vor der Seitenzahl.
Die Umlaute ä, ö, ü und ae, oe, ue sind wie die einfachen Laute a, o, u behandelt: Worte mit Umlauten sind den gleichartigen Worten mit einfachen Lauten nachgestellt.

I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen.

Absatz s. Werbung.

Abwärme s. Wärmewirtschaft.

AEF s. Einheiten u. Abt. A IV.

Aerodynamik s. Flugwesen.

Akkumulator (s. a. Elektrizitätswerksbau u. -betrieb, Lokomotiven).
— Der chemische Vorgang im Bleiakkumulator. Nach M. A.-P. Rollet. 403.
— Ein neues Ladegerät. 362.
— Explosion von Batteriebehältern. 517.
— Schlagwettersichere Batterien. 944.

Akustik s. Technische Akustik.

Alarmanlagen s. Signalanlagen.

Anlasser.
— Steuergeräte der Firma „Rheostat". 322.
— Selbstanlasser für Drehstrom- und Einphasen-Kurzschlußmotoren. Von P. Boros. *641.
— Der Hysteresisanlauf von Asynchronmotoren. Nach W. T. Kassjanoff. 644.

Antenne s. Funkwesen.

Antrieb s. Maschinenantrieb, Schalter.

Apparate s. Funkwesen, Heizung, Meßgeräte, Schalter usw.

Asphalt-Tauchkessel „Falcon". Nach H. O. Swoboda. 62.

Asynchronmotor s. Elektr. Maschinen.

Aufzug s. Förderanlagen, Hebezeuge.

Ausschuß s. Einheiten u. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.

Ausstellungen (s. a. Museum).

— **Allgemeines.**
— Richtlinien für die Bearbeitung von Ausstellungs- und Messefragen. 255.
— Grundlagen für die Beurteilung von Messen und deren Auswertung. 648.
— Abkommen über internationale Ausstellungen. 750.
— Musterbestimmungen für Ausstellungen. 750.

Ausstellungen
— Ausstellungen und Messen, deren Beschickung der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie nicht empfiehlt. 405. 648. 750.

— **Deutschland und Österreich.**
— 7. Große Deutsche Funkausstellung Berlin 1930. 255.
— Feuerschutz-Woche Berlin 1930. 255.
— 5. Grüne Woche Berlin 1930. Von A. Przygode. 439.
— Ausstellung „Störungschutz im Rundfunk", Berlin. 824.
— Breslauer Technische Messe 1930. 255.
— Ausfall des Breslauer landwirtschaftlichen Maschinenmarktes 1930. 648.
— XIII. Kongreß für Heizung und Lüftung, Dortmund. 648.
— Die Elektrizität auf der internationalen Hygieneausstellung Dresden 1930. 582.
— Die Entwicklung des Kölner Messe- und Ausstellungswesens. 255.
— Internationale Werkbund-Ausstellung „Die neue Zeit", Köln 1933. 648.
— Technische Frühjahrsmesse Leipzig. 98. 255. 343.
— Die Elektrotechnik im Rahmen der Leipziger Technischen Messe. Von P. Voß. *297.
— Die Frühjahrsausstellung im Hause der Elektrotechnik. Von E. Orlich. *593.
— Die Elektrotechnik auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1930 außerhalb des HDE. Von W. Kraska. *661.
— Schutz von Erfindungen und Warenzeichen auf der Leipziger Messe. 750.
— Das Leipziger Meßamt über seine Exportpropaganda. 648.

— **Ausland.**
— Internationale Hygieneausstellung Athen 1930. 405.
— Elektrizitätsausstellung Dordrecht 1930. 648.

Ausstellungen
— Elektrizitätsausstellung in Enschede (Holland) 1930. 405.
— Litauische Landwirtschafts- und Industrie-Jubiläumsausstellung Kowno 1930. 648.
— Mailänder Mustermesse 1930. 405.
— Internationale Mustermesse Posen 1930. 405.
— Allgemeine Landesausstellung Windhuk 1930. 405.

Auswuchten s. Schwingungen.

Außenhandel s. Wirtschaftspolitik u. Abt. A V, Geschäftl. Mitteilungen.

Automobil (s. a. Bahnbau).
— Kennlinien für den Betrieb und Entwurf von elektrischen Kraftwagen. Von E. Marquard u. H. Reimers. *81.
— Die Entwicklung der Kraftfahrlinien im Personenverkehr nordamerikanischer Großstädte. 63.
— Die Entwicklung des elektrischen Kraftwagens. Nach G. Delanghe. 181.
— Die neuzeitlichen elektrischen Automobil-Scheinwerfer. Von B. Duschnitz. *47.
— Fortschritte in der Automobilbeleuchtung in Amerika. 776.
— Elektrische Kühlwasser- und Unterstellraum-Heizung für Kraftfahrzeuge. Nach F. Beckert. 364.

Bäckerei s. Heizung.

Bahnbau u. Bahnbetrieb (s. a. Lokomotiven).

— **Anlagen.**
— Afrika. 473.
— Algerien. 319. 473.
— Amerika. 63. 91. 217. 252. 719. 806. 941.
— Aubagne — Cuge-les-Pins. 19.
— Bay-Ridge-Bahn. 91.
— Berlin. *127, *164, *244, *354, *423, *461. 437. 645.
— Boston. 63.
— Chicago. 63.

Digitized by Google

Bahnbau und Bahnbetrieb.
— Cleveland. 63.
— Deutschland. *127, *164, *244, *354, *423, *461. 216. *265. 365. 437. 645.
— Dresden. 365.
— Elberfeld. 216.
— Frankreich. 19. 614.
— Grand-River-Bahn. 941.
— Hoosac-Tunnel. 217.
— Italien. 473. 718.
— Japan. 806. 807.
— Jungfernheide—Gartenfeld. 437.
— La Mure—Gap (Südfrankreich). 614.
— Mailand—Gallarate. 473.
— Mettmanner Straßenbahnen. 747.
— New York. 63. 91.
— Österreich. *169. 747. 941.
— Pennsylvania-Bahn. 719.
— Philadelphia. 252.
— Prag. *669. *708.
— Schweden. *571. 806.
— Schweiz. 19. 941.
— Spanien. 511.
— Stockholm—Gotenburg. *571.
— Transdanubien. 255.
— Tschechoslowakei. *669. *708.
— Ungarn. 255. 819.
— Urola-Bahn. 511.
— Zürich. 941.

— Die Siemensbahn Jungfernheide—Gartenfeld. 437.
— Streckentafel der elektrisierten Bahnen in Berlin. 248.
— Ausbau der Berliner Hoch- und Untergrundbahn. 645.
— Gleislose Industriewerkbahn. Von E. Zimmermann. 782.
— Fortschritte des Elektrisierungsbaues auf den Österreichischen Bundesbahnen. 747.
— Hochspannungs-Motorgeneratoren für die Elektrisierung der Algerischen Staatsbahnen. 319.
— Elektrisierung der Algerischen Bahnen. 473.
— Die Elektrisierung der Bay-Ridge-Bahn. 91.
— Die Elektrisierung der italienischen Bahnen. 718.
— Bahnelektrisierung in Japan. Nach K. Asakura. 807.
— Elektrisierung der Schweizerischen Bundesbahnen. 19.
— Die Urola-Bahn Zumárrága—Zumaya (Spanien). 511.
— Die elektrischen Bahnen in der tschechoslowakischen Republik. Von F. Niethammer. *669. *708.
— Die Elektrisierungsarbeiten der ungarischen Staatsbahnen. Nach L. v. Verebély. 819.

— **Betrieb.**
— Über den Betrieb einer Verschiebeanlage mit Lokomotiven für Wechselstrom von 50 Hz. Von F. Punga u. L. Schön. *265.
— Die wirtschaftlichen Ergebnisse der Elektrisierung der Staatsbahnstrecke Stockholm—Gotenburg. Von S. Halden. *571.
— Aus dem Betrieb der schwedischen Staatsbahnen. Nach I. Ofverholm. 806.
— Aus dem Betrieb der amerikanischen Bahnen. Nach A. I. Totten. 806.
— Störungen beim Betrieb von 1500 V-Bahn-Spannungsumformern. Nach W. A. Ernst. 941.
— Die Entwicklung der Kraftfahrlinien im Personenverkehr nordamerikanischer Großstädte. 63.
— Fahrdraht-Streckenförderungen. 517.

Bahnbau und Bahnbetrieb.
— Die Zukunft des Oberleitungsomnibusses. Nach M. P. Colardeau. 19.
— Gleislose elektrische Bahnen oder Autobus? Nach C. König. 911.
— Verwendung von flüssigem Sauerstoff in Eisenbahnwerkstätten. Nach J. Oudet. 97.

— **Fahrzeuge u. Zubehör** (s. a. Lokomotiven).
— Neue Triebwagen der Elberfelder Bahnen. 216.
— Straßenbahn-Gelenkzug Dresden. 365.
— Sechswagenzug der Straßenbahn Zürich—Oerlikon—Seebach. 941.
— Aluminium bei den elektrischen Vorortbahnen der Pennsylvaniabahn. 719.
— Oberleitungsomnibus der Kreis Mettmanner Straßenbahnen. 747.
— Spannungsregler für den Licht- und Heizgenerator eines Triebwagens. 615.
— Die Beförderung von Transformatoren auf Eisenbahnen. 219.

— **Fahrleitung, Oberbau.**
— Fahrleitungen in der Tschechoslowakei. 713.
— Rußniederschläge auf Bahnisolatoren. 744.
— Schienenstoßverbindung für elektrische Grubenbahnen. Nach O. Peter. 474.
— Kabelanschlußkasten für isolierte Schienen. 323.
— Prüfwagen mit Einrichtung zur Untersuchung verlegter Fahrschienen auf Risse und Fehlerstellen vom laufenden Wagen aus. 517.
— Sicherung schienengleicher Wegübergänge. 720.

— **Signalwesen, Verschiedenes.**
— Die Signaleinrichtungen des Hoosac-Tunnels. Nach E. N. Fox. 217.
— Optische Zugschlußmeldung. Nach Hampke. 721.
— Induktive Zugbeeinflussung und bestehende Streckensignal-Einrichtungen (Amerika). 217.
— Elektrische Zugbeeinflussung nach dem Code-System. Von A. Kammerer. *741.
— Lautsprecher zur Regelung von Verschiebebewegungen. 252.
— Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn. *127. *164. *244. *354. *423. *461.
— Die Energieverwertung im Transportwesen (Vorträge d. Weltkraftkonferenz Tokio). 805.
— Eine fahrbare, bedienungslose Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Anlage (Kanada). Von N. v. Kotschubey. *697.
— System der Energierückgewinnung bei Gleichstromfahrzeugen. Nach G. Somaini. 181.
— Seismographische Messungen der durch Straßenbahnwagen hervorgerufenen Bodenerschütterungen. Nach W. Schneider. 179.
— Straßenbahn-Stromabnehmer und Rundfunkstörung. Nach H. Kopp. 472.
— Kampf gegen Rundfunkstörungen. 514.
— Brüsseler Konferenz über internationale Normung im Bahnwesen. 405.

Baumwollgarn s. Isolierstoffe.
Beeinflussung s. Leitungen (Allgemeines).
Beleuchtung s. Glühlampe, Lichttechnik.

Bergbau (s. a. Förderanlagen, Hüttenwesen, Kohle, Maschinenantrieb).
— Die deutschen Lagerstätten von Kohle, Torf und Erdöl. *845.
— Schrapperförderung im Bergbaubetriebe unter Tage. 20.
— Amerikanische Schrappertechnik. Nach G. Zeppernick. 216.
— Stand der Mechanisierung im Kohlenbergbau der V. S. Amerika. Nach C. H. Fritzsche. 63.
— Dehnungskabel. 596.
— Die Flutlichtbeleuchtung im Abbau. Nach Just. 718.
— Weitere Untersuchungen im oberschlesischen Bergbau betr. Schleichströme und Erdungen. Nach W. Vogel. 912.
— Die Schlagwettersicherheit der elektrischen Lokomotivförderung. Nach C. Truhel. 943.
— Grubenbahn s. „Bahnbau".
Berichtigungen. 192. 224. 296. 484. 760. 920.
Berührungschutz s. Installationswesen.
Beton s. Maste, Freiluftanlagen.
Bezugsquellenverzeichnis. 40. 104. 192. 264. 296. 344. 524. 592. 628. 696. 760. 796. 836. 920. 952.
Bildtelegraphie s. Funkwesen.
Bimetall s. Meßgeräte, Regelung, Schalter.
Blindstrom s. Elektr. Maschinen, Leistungsfaktor, Meßgeräte.
Bogenlampe s. Lichttechnik.
Brand.
— Feuerschutz-Woche. 371.
Bremse s. Bahnbau.
Brennstoff s. Öl, Kohle, Feuerungsanlagen.
Buchdruck s. Maschinenantrieb.
Bügeleisen s. Heizung.
Bühne (s. a. Lichttechnik).
— Aufnahmebehälter für Soffittenkabel. 215.
— Bühnenbeleuchtung. Von Schloß. *7.
Bürsten s. Elektr. Maschinen.

Calit. 597.
Chemie s. Elektrochemie, Hüttenwesen, Öl usw.
Chem.-Techn. Reichsanstalt s. Prüfämter.
China als Elektromarkt. Von A. Friedrich. *345.
Code-System s. Bahnbau (Signalwesen).

Dampfkessel (s. a. Feuerungsanlagen, Wärmewirtschaft).
— Erzeugung und Verwertung von Höchstdruckdampf in der Floridsdorfer Löffler-Anlage. Nach A. Demmer. 96.
— Wirtschaftlichster Dampfdruck und Leistungsteigerung. Nach Ebel. 477.
— Modernisierung von Dampfkraftwerken. Nach C. F. Hirschfeld. 444.
— Erzeugung von Überschußenergie in Braunkohlenbrikettfabriken bei Anwendung von Hochdruckdampf. Nach Schöne. 791.
— Dampfkesselfragen auf der Weltkraftkonferenz Tokio. 806.
— Kesselanlage für Torffeuerung. 388.
— Neue Kessel für Golpa-Zschornewitz. 418.
— Kesselanlage im Kraftwerk West, Berlin. *487. *557.
— Forssblad-Kessel. 882.
— Selbsttätige Feuerführung und Dampferzeugung in Kraftwerken. 579.
— Die erste selbsttätige Kesselregleranlage in Frankreich. 476.
— Selbsttätige Kesselreglung auf elektrischem Wege. Nach M. Moeller. 516.

Digitized by Google

Dampfkessel.
— Selbsttätige Feuerführung und Dampferzeugung in Kraftwerken. 579.
— Elektrischer Kesselregler. Nach F. Engel u. A. G. S. Sandison. 943.
— Meßgeräte für Kesselanlagen. 664.
— Neuzeitliche Speisewasseraufbereitung. Nach K. Hofer. 749.
— Bericht des Vereins zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen 1928/29 (Auszug). 517.
— Auszug aus dem Ingenieur-Bericht 1929 des Sächsischen Dampfkesselüberwachungs-Vereins. 790.

Dampfturbinen.
— MAN-Gegenlauf-Dampfturbine System Ljungström. 22.
— 85 000 kW-Turbine im Kraftwerk Golpa-Zschornewitz. 113.
— Dampfturbinen für das Kraftwerk West, Berlin. 493.
— Emmet-Quecksilberdampf-Prozeß. 805.
— Fortschritte im internationalen Dampfturbinenbau. 806.
— Rückkühlung des Kondensator-Kühlwassers durch Streudüsen. Nach H. Giesbers. 442.
— Kein Patentschutz für das grundlegende Turbinenpatent der Ersten BrünnerMaschinenfabriks-Gesellschaft. 823.

Detektor s. Funkwesen.

Diktiermaschine. *449.

Dieselmotor.
— Diesel-Schiffsantrieb. 21.
— Die dieselelektrische Kraftreserve des städt. Elektrizitätswerkes Genf. 287.

Differentialschutz s. Relais.

Draht s. Leitungen.

Drosselspule (s. a. Hochspannung).
— Die Berechnung von eisenlosen Drosselspulen. Von K. Faye-Hansen. *427.

Druckerei s. Maschinenantrieb.
Druckregler s. Regelung.
Durchführung s. Isolatoren.
Dynamo s. Elektr. Maschinen.

Eichung s. Elektrizitätszähler, Meßverfahren, Prüfeinrichtungen.

Einheiten (s. a. Normen).
— Neubestimmung der internationalen elektrischen Widerstandseinheit. Nach H. v. Steinwehr u. A. Schulze. 440.
— „Entohmung." Von F. Emde. *533.
— Begriffe und Bezeichnungen für Untersuchungen und Berechnungen auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft. Von W. Windel. *738.
— Entwürfe des AEF.
— — Valenzladung. 586.
— — Schreibweise physikalischer Gleichungen. 586.
— — Magnetische Größen. 625.
— — Arten der Reihenschaltung von Wicklungen. 624.
— — Druckeinheiten. 624.
— — Druckschriften und Tafeln des AEF. 38. 188. 373. 794.

Eisen s. Hüttenwesen, Magnetismus, Materialkunde.

Elektrische Maschinen (s. a. Anlasser, Maschinenantrieb, Meßverfahren, Regelung usw.).

— **Allgemeines.**
— Die Beurteilung elektrischer Maschinen und Apparate durch Toleranzen auf Grund statistischer Methoden. Nach R. Rüdenberg. Von P. Jacottet. *599. Bespr. 621.
— Reihenwicklungen mit toten Spulen oder halbblinden Stegen. Nach H. Sequenz. 249.

Elektrische Maschinen.
— Beitrag zur Nutenstreuung in elektrischen Maschinen. Nach E. Jasse u. E. Ziganke. 401.
— Stromverdrängung im Ankerstreufeld. Nach W. Wanger. 611.
— Berechnung des magnetischen Leitwerts im Luftspalt von Wechselstrommaschinen. Nach Th. Lehmann. 434.
— Zur Berechnung der Stromwärme in Ankerleitern. Nach W. Steidinger. 818.
— Die Eisenwärme in elektrischen Kleinstmaschinen. Nach M. E. Bergmann. 579.
— Was ist unter der Erwärmungszeitkonstante einer elektrischen Maschine zu verstehen? Von H. Osborne. *902.
— Verfahren zur Widerstandsmessung bei Gleichstrommaschinen. Von H. Sequenz. *736.
— Mantelgekühlte Gleichstrommaschinen der Firma Garbe, Lahmeyer. 318.
— Wasserstoff als Kühlmittel. 805.

— **Generatoren.**
— Zweiwicklungs-Generatoren. Nach T. F. Barton. 175.
— Generatoren und Umformer für hochgespannten Gleichstrom. *114.
— 100 000 kVA-Turbogeneratoren in Golpa-Zschornewitz. 418.
— Hochspannungsmaschinen für Luftschiffe. 59.
— Antrieb elektrischer Generatoren durch den Fahrwind. Nach H. Brintzinger. 822.
— Wasserkraft-Kleinmaschine „Turbinamo". 593.
— Kurzschlußstrom-Berechnung für Generatoren s. „Überstrom".

— **Motoren** (s. a. Maschinenantrieb).
— Kennlinien für den Betrieb und Entwurf von elektrischen Kraftwagen. Von E. Marquard u. H. Reimers. *81.
— Motoren der Berliner Stadtbahn. 462.
— Elektrischer Kleinstmotor mit Nebenschluß-Charakteristik. Von M. E. Bergmann. *635.
— Kompensierter Einphasen-Bahnmotor mit Zwischenrotor nach Punga u. Schön. 268.
— Synchronmotor mit gutem Anlauf, hoher Ausnutzung und stabiler Charakteristik. Von A. Heyland. *767.
— Der Magnetisierungsstrom eines asynchronen Drehstrommotors, welcher ein Wechseldrehfeld besitzt. Nach S. M. Hochberg. 361.
— Bestimmung der Zusatzverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren. Nach H. E. Linckh. 818.
— Der Hysteresisanlauf von Asynchronmotoren. Nach W. T. Kassjanoff. 644.
— Regelungsprinzip für Kaskadenschaltungen von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kommutatormaschinen. Nach L. Dreyfus. 942.
— Asynchronmotor der Maffei-Schwartzkopff Werke. 318.
— Käfigmotoren großer Leistung. 316
— Direkte Einschaltung großer Heemaf-Doppelnutmotoren. 317.
— Dreinutmotor. 661.
— Amerikanische Drehstrom-Aufzugsmotoren mit Käfiganker. Von Artweger. Brf. 726.
— Ein Landwirtschaftsmotor (Rollmotor). 335.
— Landwirtschaftsmotoren. 439.

Elektrische Maschinen.
— Neue Arbeitsmotoren auf der Leipziger Messe. 593.
— Getriebemotoren. 661.
— Geräuschlos laufende Motoren. 593.
— Schutz von Motoren hinter Tansformatoren in Zickzackschaltung. Von H. Franken. 176.

— **Umformer, Phasenregler.**
— Highfield Transverter und andere Umformer für hochgespannten Gleichstrom. *114.
— Quecksilber-Inverter. Nach R. Mitsuda. 806.
— Die gleichmäßige Verteilung einer Einphasenlast auf ein Dreiphasennetz bei derselben Frequenz in beiden Kreisen (Reihenumformer). Von H. Th. Berg. *601. *636.
— Hochspannungs-Motorgeneratoren für die Elektrisierung der Algerischen Staatsbahnen. 319.
— Neue Schaltung für Wendepol-Einankerumformer. Nach R. Meller. 512.
— Maschinen für Großelektrolyse (Motorgenerator, Einankerumformer, Gleichrichter). 776. 809.
— Der Periodenumformer als Wechselstrom - Lichtbogen - Schweißmaschine. Von O. Neiß. *311.
— Hochspannungs-Kabelprüfanlagen mit Induktionsregler. Von L. Tschiassny. *392.
— Asynchrone Blindleistungsmaschine. Nach T. Isono. 807.
— Störungen beim Betrieb von 1500 V-Bahn - Spannungsumformern. Nach W. A. Ernst. 941.

Elektrizitätswerksbau u. -betrieb (s. a. Dampfkessel, Energiewirtschaft, Hochspannung, Leitungen, Schalter, Wasserkräfte usw.).

— **Anlagen** (Beschreibung u. Entwurf).
— Alpen. *525. *573.
— Amerika. 24. 291. 371. 400. 805. *937.
— Belgien. *153.
— Berlin. *485. *557. 909.
— Chantenay. 476.
— Charlottenburg. 909.
— China. 346.
— Deutschland. *199. 291. 400. *417 *457, 467. *525, *573. *485, *557. *733. *839. *845. 909.
— Donau. 824.
— Dunston-Kraftwerk. 399.
— Egg (Baden). *457.
— Emscherfluß-Kläranlage. *199. 848.
— England. 399. 478. 824.
— Fortuna. 79.
— Frankreich. 23. *114. 476. 723.
— Genf. 287.
— Golpa-Zschornewitz. *417.
— Hammarfors. 882.
— Hengstey. *733.
— Herdecke. *733.
— Indien. 442.
— Italien. 611. *700.
— Jena. 467.
— Kachlet. 840.
— Kalifornien. 24.
— Kardaun. 611.
— Klingenberg. 847.
— Lahore. 442.
— Lakeside-Werk. 400.
— Lilla Edet. 881.
— Moûtiers—Lyon. *114.
— Murg-Schwarzenbach. 400.
— Niederwartha. 841.
— Nore (Norw.). 885.
— Norwegen. 406. 431. 885.
— Österreich. 185. 824. 915.
— Persenbeug a. d. Donau. 824.
— Porjus (Schweden). 883.
— Portugal. 619.

Digitized by Google

Elektrizitätswerksbau u. -betrieb.

— Rußland. 257. *386.
— Saahe (Norw.). 886.
— Schatura-Werk. *386.
— Schwarzenbach-Talsperre. 842.
— Schweden. 824. *879.
— Schweiz. 287.
— Stubachwerk. *169.
— Tauern-Kraftwerk. 185.
— Thüringenwerk. 467.
— Transdanubien. 255.
— Trollhätta. 881.
— Tysse-Kraftwerk (Norw.). 886.
— Ungarn. 66. 255.
— Västeras. 882.
— Vemork-Werk. 887.
— Walchensee. 840.
— West-Kraftwerk, Berlin. *485. *557
— Wiesmoor (Torfkraftwerk). 854.
— Ybbs a. d. Donau. 824.

— Kraftübertragung auf große Entfernung durch hochgespannten Gleichstrom. Von R. Thury. *114.
— Bau neuzeitlicher Großkraftwerke. Von A. Bannwarth. *209.
— Modernisierung von Dampfkraftwerken. Nach C. F. Hirschfeld. 444.
— Wirtschaftlichster Dampfdruck und Leistungsteigerung. Nach Ebel. 477.
— Über die Verwertung von Klärschlamm zur Elektrizitätserzeugung im rheinisch-westfälischen Industriegebiet. Von M. Prüss. *199.
— Über Steinkohlenschwelkraftwerke. Von C. Körfer. *397.
— Eigene Krafterzeugung oder Strombezug. Von K. Schultze. 359.
— — Von Rollwagen 360.
— Kraftwerksentwicklung bei den Elektrowerken, AG. Von A. Peucker. *417.
— Das Kraftwerk West der Berliner Städtische Elektrizitätswerke Akt. Ges. Von M. Rehmer. *485. *557.
— Das Ruhswerk Charlottenburg der Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG. Nach Wellmann. 909.
— Erweiterung des Murg-Schwarzenbach-Werkes. Nach E. Treiber. 400.
— Das Umspannwerk Jena des Thüringenwerks. Nach H. Kyser. 467.
— Der Plan eines Speicherkraftwerks Egg bei Säckingen im Badischen Schwarzwald. Von K. Köbler. *457.
— Das Pumpspeicherwerk Herdecke. Von W. Kraska. *733.
— Tafel der deutschen Wasserkraftwerke mit mehr als 10 000 kW. 844.
— Plan einer Kraftübertragung Norwegen—Deutschland. 406.
— Das Stubachwerk der Österreichischen Bundesbahnen. Von H. Ascher. *169.
— Vorarbeiten für das Tauernkraftwerk. 185.
— Arbeitspeicher in den Alpen. Von K. Krauß. *525. *573.
— Kraftwerksprojekt Ybbs-Persenbeug a. d. Donau. 824.
— Entwicklung der Elektrizitätswerke in den V. S. Amerika. Nach E. W. Rice. 805.
— Selbsttätige Kesselregleranlage im Kraftwerk Chantenay. 476.
— Elektroanlagen in China. *346.
— Die dieselelektrische Kraftreserve des städtischen Elektrizitätswerkes Genf. 287.
— Die Wasserkräfte Schwedens und deren Ausnutzung. Von W. Borgquist. *879.
— Das Torfkraftwerk Schatura bei Moskau. Von K. P. Lowin. *386.
— **Betrieb** (s. a. Hochspannung, Rechtspflege, Überstrom u. Abt. AV, Geschäftl. Mitteilungen).

Elektrizitätswerksbau u. -betrieb.

— Über die Wirtschaftlichkeit des Einbezuges der im Kraft-Heizbetrieb erzeugten elektrischen Arbeit in die Großkraft-Fernversorgung. Von H. Schulze. *41.
— Stromwirtschaft in kleinen Stadt- und Landgemeinden. Von R. Haas u. W. Braun. *56.
— Stromerzeugung der öffentlichen und privaten Elektrizitätswerke. *849.
— Die Wirtschaftlichkeit von Hochdruck-Kraftwerken in den V. S. Amerika. 371.
— Ruthsspeicher als Wasserkraftreserve. Von Th. Stein. *807.
— Die staatlichen Kraftwerke Schwedens im Jahr 1929. Nach Fransén. 824.
— Selbsttätige Feuerführung und Dampferzeugung in Kraftwerken. 579.
— — s. a. „Dampfkessel".
— Netzmodell zur Bestimmung von Kurzschlußströmen. Nach J. C. v. Staveren. 908.
— Der Ölverbrauch eines Elektrizitätswerkes. Nach A. Baader. 609.
— Betriebsaufnahme österreichischer Bahnkraftwerke. 747.
— Vergleichsgrundlagen für den Elektrizitäts- und Gasverbrauch im Haushalt. Nach H. F. Mueller u. F. Mörtzsch. Von B. Thierbach. 91.
— Die Berechnung des Verschiedenheitsfaktors. Von S. Prochoroff. *230.

— **Elektrizitäts-Großwirtschaft** (s. a. Energiewirtschaft).
— Transport und Verteilung elektrischer Arbeit. Nach M. Krone. 208.
— Die erste internationale Elektrizitätsstatistik. Von Norberg Schulz. *875.
— Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft. 24. 66. 219. 406. 518. 583. 620. 724. 751. 948.
— Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland. 24. 185. 372. 583. 724. 948.
— Elektrizitätsversorgung Deutschlands. Nach G. Dettmar. 206.
— Die deutsche Elektrizitätswirtschaft im Jahr 1928. Von B. Thierbach. 291.
— Deutsche Stromwirtschaft. Von R. Haas. *666.
— Organisationsfragen der deutschen Elektrizitätswirtschaft im Spiegel des Enqueteberichts. Von B. Thierbach. 682.
— Das Gutachten Dr. Oskar v. Millers über die Reichselektrizitätsversorgung. Von Wöhrle. 904.
— Die Elektrizität im deutschen Wirtschaftskörper. Von K. Dohrn. *871.
— Die deutsche Elektrochemie als Stromverbraucher. Von K. Arndt. *866.
— Die elektrotechnische Industrie und die Elektrisierung Deutschlands. Bericht d. Zentralverb. d. dt. elektrot. Industrie. *855.
— Entwicklung und Aufgaben der deutschen Energieversorgung. Von W. Petersen. *849.
— Ausfuhr elektrischer Arbeit aus Österreich. 99.
— Die Entwicklung der österreichischen Elektrizitätswerke. 915.
— Kurze Auslandsnachrichten. 257. 824.
— Sechs Staaten führen in der Elektrizitätserzeugung der V. S. Amerika. 291.
— Die amerikanische Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1929. Von A. Hamm. *937.
— Die Lage der Elektrizität erzeugenden und verteilenden Industrie in Belgien. Von M. Lassalle. *153.

Elektrizitätswerksbau u. -betrieb.

— Der 9. Jahresbericht der englischen Elektrizitätskommissare. Von R. O. Kapp. 478.
— Zwei weitere Projekte des englischen Zentralamtes. Von R. O. Kapp. 824.
— Die französische Elektrizitätswirtschaft im Jahr 1928. 23.
— Die Elektrisierung des flachen Landes in Frankreich. Nach D. C. Woods. 723.
— Die Elektrizitätsversorgung Italiens. Von A. Taccani. *700.
— Elektrisierung in Japan. 806.
— Eine neue Phase der Elektrizitätsversorgung Kaliforniens. 24.
— Die elektrischen Anlagen in Norwegen. 406.
— Die Versorgung Norwegens mit elektrischer Arbeit für bürgerliche Zwecke. Von Norberg Schulz. 431.
— Die Elektrizitätswirtschaft Norwegens. Von Norberg Schulz. *885.
— Die Elektrizitätsversorgung Portugals i. J. 1928. 619.
— Die elektrochemische Industrie Schwedens und deren Stromversorgung. Nach Forsell. Von S. Halden. *906.
— Die Elektrisierung Transdanubiens. 255.
— Die Entwicklung der Kraftübertragungs- und Verteilungsleitungen in Ungarn. Nach E. Theiss. 66.
— Zur Lage der ungarischen Elektrizitätswirtschaft. Nach F. Zipernovszky. 292.

— **Tarifwesen.**
— Doppeltarif, speziell für Anschluß kleinerer Heißwasserspeicher. 12.
— Tarife in Belgien. 154.
— Schwedischer Tarif für Haushalt und Landwirtschaft. 805.
— Strompreissenkung und Stromabsatzsteigerung. Nach E. S. Zuck. 478.
— Ein neuer Tarifapparat der Firma Aronwerke. 250.

— **Verschiedenes.**
— Die neuen Statistiken der VdEW. Von B. Thierbach. Lit. 184.
— Die erste internationale Elektrizitätsstatistik. Von Norberg Schulz. *875.
— Neuzeitliche Ausbildung von elektrischen Kraftwerken an Bord von Schiffen. Von E. Bohn *761. *800.
— Begriffe und Bezeichnungen für Untersuchungen und Berechnungen auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft. Von W. Windel. *738.
— Analyse des Belastungsgebirges. *525.
— Die Elektrizitätsversorgung von Haushaltungen in Berlin. Nach H. Rückwardt u. C. Albrecht. Von B. Thierbach. 99.
— Anschluß elektrischer Wärmeapparate für den Haushalt in der Schweiz 1929. Nach A. Härry. 479.
— Eigene Krafterzeugung oder Strombezug. Von K. Schultze. 359.
— — Von Rollwagen. 360.
— Entwicklung der Krafterzeugung und Kraftübertragung der letzten 50 Jahre in Deutschland. Von W. Petersen. *107.
— Die günstigste Spannung in Verteilungsnetzen mit Lichtbelastung. Nach W. Chrustschoff. 744.
— Entwicklung der Hochfrequenztelephonie für Elektrizitätswerke. 142.
— Trägerstrom-Telephonie für Elektrizitätswerke mit einem Seitenband. Nach R. Wilkins u. F. I. Lawson. 821.

Digitized by Google

Elektrizitätswerksbau u. -betrieb.
— Rückkühlung des Kondensator-Kühlwassers durch Streudüsen. Nach H. Giesbers. 442.
— Stromart und Regelbereich elektrisch angetriebener Saugzuganlagen. Nach R. Boese. 743.
— Die Praxis der Isolierölbehandlung und -prüfung in Amerika. 723.

Elektrizitätszähler (s. a. Prüfämter).
— Der neue temperaturunabhängige Induktionszähler der Siemens-Schuckertwerke, eine einfache Lösung auf dem Gebiete des Temperaturfehler-Ausgleichs. Von A. Callsen. *307.
— Die Flußverdrängung und Flußverlagerung im verzweigten magnetischen Kreis und ihre Bedeutung für den Induktionszähler. Nach A. Callsen. 818.
— Ein neuer Tarifapparat der Firma Aronwerke. 250.
— Neue Zähler der Bergmann-Elektricitäts-Werke AG. 363.
— Wechselstromzähler mit geradliniger Lastkurve. 598.
— Theoretische Grundlagen der Blindverbrauchmessung im Dreileiter-Drehstromnetz mit Ferrariszählern. Nach G. Hauffe. 612.
— Zählertafeln mit erhöhter Wärmebeständigkeit. 326.
— Das Gleichlast-Eichverfahren. 325.

Elektrochemie.
— Mechanisierte Förderung in Galvanisierungsanlagen. 95.
— Neuere elektrolytische Wasserzersetzer. Nach L. Vellard u. J. E. Noeggerath. Von K. Arndt. 786.
— Die neuere Entwicklung der technischen Elektrochemie unter Bezugnahme auf große Anlagen für wässerige und schmelzflüssige Elektrolyse. Von G. Eger. *771. *809.
— Die deutsche Elektrochemie als Stromverbraucher. Von K. Arndt. *866.
— Die elektrochemische Industrie Schwedens und deren Stromversorgung. Nach Forsell. Von S. Halden. *906.
— Neue elektrolytische Meßbrücke mit Wechselstrom-Zeigergalvanometer als Nullinstrument. 816.
— 6. Jahresbericht der Chemisch-Technischen Reichsanstalt. Von K. Arndt. 403.
— Jahresbericht 7 der Chemisch-Technischen Reichsanstalt, 1928. 914.

Elektroindustrie (s. a. Rechtspflege, Wirtschaftspolitik u. Abt. AV, Geschäftl. Mitteilungen).
— Die elektrotechnische Industrie in der preußischen Lehrlingstatistik von 1925. Von G. Puttkammer. *57.
— Die elektrotechnische Industrie und die Elektrisierung Deutschlands. Bericht des Zentralverb. d. dt. elektrot. Industrie. *855.
— Die Lage der Elektrizität erzeugenden und verteilenden Industrie in Belgien. Von M. Lassalle. *153.
— Die Elektrotechnik im Rahmen der Leipziger Technischen Messe. Von P. Voß. *297.
— Probleme und Perspektiven der englischen Elektroindustrie. Von A. Friedrich. *508.
— China als Elektromarkt. Von A. Friedrich. *345.
— Griechische Fernsprechkonzession der Siemens & Halske AG. 787.

Elektrokarren s. Förderanlagen.

Elektrokultur s. Landwirtschaft.

Elektrostahl s. Hüttenwesen, Ofen.

Element s. Elektrochemie.

Energiewirtschaft (s. a. Elektrizitätswerksbau, Wärmewirtschaft, Wasserkräfte).
— Über die Wirtschaftlichkeit des Einbezuges der im Kraft-Heizbetrieb erzeugten elektrischen Arbeit in die Großkraft-Fernversorgung. Von H. Schulze. *41.
— Die Verwendung der beim Trockenprozeß der Braunkohle gewinnbaren Überschußenergie in der Energiewirtschaft. Nach R. Schneider. 791.
— Drei Vorträge über die deutsche Elektrowirtschaft. Nach G. Dettmar, M. Krone u. A. Bannwarth. *206. *209.
— Die deutsche Elektrizitätswirtschaft im Jahr 1928. Von B. Thierbach. 291.
— Die Energiequellen Deutschlands. I. Die Wasserkräfte. Von E. Mattern. *839.
— — II. Die Brennstoffe. Von B. Thierbach. *845.
— Entwicklung und Aufgaben der deutschen Energieversorgung. Von W. Petersen. *849.
— Das Gutachten Dr. Oskar v. Millers über die Reichselektrizitätsversorgung. Von Wöhrle. 904.
— Das Fernmeldewesen Deutschlands als Verbraucher elektrischer Energie. Von E. Feyerabend. *859.
— Die deutsche Elektrochemie als Stromverbraucher. Von K. Arndt. *866.
— Die Elektrizität im deutschen Wirtschaftskörper. Von K. Dohrn. *871.
— Arbeitsspeicher in den Alpen. Von K. Krauß. *525. *573.
— Deutsche Stromwirtschaft. Von R. Haas. *666.
— Begriffe und Bezeichnungen für Untersuchungen und Berechnungen auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft. Von W. Windel. *738.
— Eine neue Phase der Elektrizitätsversorgung Kaliforniens (Erdgas-Verwertung). 24.
— Die amerikanische Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1929. Von A. Hamm. *937.
— Ausfuhr elektrischer Arbeit aus Österreich. 99.
— Die Elektrizitätswirtschaft Norwegens. Von Norberg Schulz. *885.
— Bericht über energiewirtschaftliche Vorträge gelegentlich der Teiltagung der Weltkraftkonferenz in Tokio. 804.
— Die erste internationale Elektrizitätsstatistik. Von Norberg Schulz. *875.
— Elektrizitätswirtschaft s. vor allem auch: „Elektrizitätswerksbau" (Großwirtschaft).

Entaschung s. Dampfkessel, Feuerungsanlagen.

„Entohmung". Von F. Emde. *533.

Erdschlußspule (s. a. Hochspannung).
— Zur Erdung langer, mit Petersenspulen kompensierter Leitungen. Nach T. Ohtsuki. 89.
— Erdschlußspule für 220 kV. 113.

Erdung (s. a. Installationswesen).
— Schutzmaßnahmen in Niederspannungsnetzen. Nach A. Mauduit. 468.
— Weitere Untersuchungen im oberschlesischen Bergbau betr. Schleichströme und Erdungen. Nach W. Vogel. 912.

Fabrik s. Elektroindustrie, Produktionswirtschaft.

Fahrplansteuerung s. Elektrizitätswerksbau, Fernmessung.

Fahrzeug s. Automobil, Bahnbau, Förderanlagen, Lokomotiven.

Fassung s. Installationswesen, Lichttechnik.

Feldbestimmung s. Elektr. Maschinen, Hochspannung, Magnetismus.

Fernmeldeanlagen s. Fernmessung, Fernsprech-, Funk-, Telegraphenwesen, Signalanlagen, Technische Akustik, Leitungen.

Fernmessung u. Fernsteuerung (s. a. Meßgeräte).
— Elektrische Ringrohrübertragung. Nach H. Lohmann u. C. Sieber. 470.
— Maximum-Fernzähler nach dem Impulsverfahren. Nach C. Oman. 613.
— Fernmeßverfahren auf der Leipziger Messe. 598.
— Fernmeßeinrichtungen der General Electric Co. Nach C. H. Linder, C. E. Stewart, H. B. Rex u. A. S. FitzGerald. 681.
— Neue Anzeige- und Registriermethoden in der Fernmeßtechnik. Von W. Stern. *77.
— Überspannungschutz von Steuerungsleitungen. Nach E. F. W. Beck. 183.
— Fernschalt- und Signalisiersystem nach dem Prinzip der SA-Telephonie. 314.
— Drahtlose Fernlenkung von Fahrzeugen. 360.
— Fernsteuerung von Klein-Gleichrichterwerken. 425.
— Gleichrichter-Fernmessung. 681.

Fernschreibmaschine. 598.

Fernsprechwesen (s. a. Funkwesen, Leitungen, Technische Akustik).
— Fortschritte des Fernsprechwesens. 685.
— Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs. Von E. Feyerabend. *135.
— Die Mehrfachausnutzung der Leitungen. Von F. Lüschen. *140.
— Versuche mit einem neuen Pupinisierungsystem mit erhöhter Grenzfrequenz und mit Phasenausgleich. Nach K. Höpfner. 946.
— Das Fernmeldewesen Deutschlands als Verbraucher elektrischer Energie. Von E. Feyerabend. *859.
— Zweibandfernsprechen im dritten deutsch-schwedischen Fernsprech-Seekabel. Nach K. Höpfner. 402.
— Schaltung zur Abhaltung von Sammelferngesprächen. Nach Decker. 64.
— Der Fernsprechverkehr zu mehreren. 616.
— Beratungs-Sprechverkehr (Konferenztelephonie) in Krankheitsfällen. Nach A. Ebeling. 945.
— Ferntagungen Chemnitz-Annaberg. 682.
— Die Mehrsprachen-Einrichtung der Berliner Weltkraftkonferenz. Von W. Jaekel. *873.
— Die Sprechtechnik und ihre Verwendung im Fernsprechbetrieb. Nach G. Schönherr. 616.
— Beseitigung der Verzerrung von Übertragungsleitungen. Nach A. G. Warren. 616.
— Münzfernsprecher „Taxiphone". Nach M. de la Moricière. 174.
— Neue Bauweisen im Linienbau. Nach R. Blain. 476.
— Ausbau des österreichischen Fernsprechkabelnetzes 1928. 290.
— Das italienische Fernsprechkabelnetz. 514.
— Telephonwesen in Italien. Von Rautenkrantz. 721.
— Griechische Fernsprechkonzession der Siemens & Halske AG. 787.
— Übersicht über die Fernsprechbeziehungen zwischen den Ländern Europas. 369.
— Lautsprecher zur Regelung von Verschiebebewegungen. 258.

Digitized by Google

Fernsprechwesen.
— Trägerstrom-Telephonie für Elektrizitätswerke mit einem Seitenband. Nach R. Wilkins u. F. I. Lawson. 821.

Fernsteuerung s. Fernmessung.

Ferntagung s. Fernsprechwesen.

Feuerschutz-Woche. 371.

Feuerungsanlagen (s. a. Dampfkessel, Wärmewirtschaft).
— Feuerungen für Schwelkraftwerke. 398.
— Entwicklung der Kohlenstaubfeuerung. 517.
— Taylor-Unterschubrost. *562.
—Feuerungsfragen auf der Weltkraftkonferenz Tokio. 806.
— Selbsttätige Feuerungsregelung bei Treppenrostfeuerungen für Rohbraunkohle. 646.
— Die erste selbsttätige Kesselregleranlage in Frankreich. 476.
— Selbsttätige Kesselreglung auf elektrischem Wege. Nach M. Moeller. 516.

Film (s. a. Technische Akustik).
— Die elektromagnetische Schallaufzeichnung. Von C. Stille. *449.
— Elektrotechnischer Großfilm. 914.

Filter s. Gasreinigung.

Flechtmaschine. 596.
— Eine neue Hornsche Schnellflechtmaschine. 340.

Fließarbeit s. Förderanlagen, Produktionswirtschaft.

Flugwesen (s. a. Funkwesen).
— Der gegenwärtige Stand der Technik und der Betriebsorganisation des deutschen Flugfunkwesens. Von F. Eisner u. H. Faßbender. *157. *201.
— Zünderabschirmung für Funkempfang im Flugzeug. Nach L. Hyland. 438.
— Der Bordpeilempfänger im Flugzeug. Nach M. H. Gloeckner. 92.
— Hochspannungsmaschinen für Luftschiffe. 59.
— Antrieb elektrischer Generatoren durch den Fahrwind. Nach H. Brintzinger. 822.
— Landeplatz- und Flugstreckenbeleuchtung. Nach H. R. Ogden. 513.
— Flugplatzbeleuchtung in Amerika. Nach H. E. Mahan. 579.
— Elektrische Rollfeldbeleuchtung für Flughäfen. Nach E. Liesen. 746.
— Flugwegbezeichnung in Amerika. Nach O. W. Bard. 819.

Förderanlagen (s. a. Anlasser, Bergbau, Hebezeuge).
— Schrapperförderung im Bergbaubetriebe unter Tage. 20.
— Amerikanische Schrappertechnik. Nach G. Zeppernick. 216.
— Stand der Mechanisierung im Kohlenbergbau der V. S. Amerika. Nach C. H. Fritzsche. 63.
— Wirtschaftlichkeit der Rohkohlen-Förderarten aus Braunkohlen-Tagebauen. Nach Härtig. 790.
— Salzkratzer und fahrbare Förderschnecke der Kali-Umschlaganlage Antwerpen. 433.
— Fahrbare Bagger mit Stromzuführung durch Gummischlauchkabel. Von E. Kirschke. 329.
— Abraumförderbrücke mit Gleichstrombetrieb. Nach F. Hannig. 513.
— Fördermaschinen - Sperreinrichtung. 538.
— Kübelförderanlage für Steinkohle. Nach F. Herbst. 679. B. 760.

Förderanlagen.
— Mechanisierte Förderung in Galvanisierungsanlagen. 95.
— Gleislose Industriewerkbahn. Von E. Zimmermann. 782.
— Stapelhochhubwagen. 663.

Forschungsinstitut (s. a. Hochspannung, Prüfämter, Unterricht).
— Die Stromversorgungsanlage und die elektrischen Einrichtungen des Reichspostzentralamts. Von H. Stübler. *13. *50.
— Das Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung. 432. 750.
— Chemisch-technologische Arbeiten im Dresdner Dielektrischen Institut. Von A. Bültemann. *629.
— Das Rosenthal-Hochvolthaus für 2000 kV gegen Erde. Von K. Draeger. *933.
— Reichsanstalten s. „Prüfämter".
— Blitzforschungsstation in den Tennessee-Mountains in Amerika. Nach E. Beck. Von A. Matthias. 785.

Fortbildungskursus s. Unterricht.

Freileitungen s. Leitungen.

Freiluftanlagen.
— Neuzeitliche 100- und 220 kV-Freiluftanlagen. 110.
— 115 kV-Anlage Schatura. 391.
— Umspannwerk Karatscharowo. 389.
— Schaltanlage Herdecke. 735.
— Umspannwerk einer amerikanischen Elektrolyse-Anlage. 775.

Frequenztransformation s. Funkwesen.

Funken s. Hochspannung, Physik.

Funkwesen (s. a. Röhren, Technische Akustik).
— **Anlagen.**
— Der neue Groß-Rundfunksender Rom. 64.
— Die neue Groß-Rundfunkstation Oslo. 252.
— Hauptfunkstelle Nauen. 862.
— Küstenfunkstelle Norddeich. 863.
— Ausbau von Funkstationen. 689. 690.
— Großrundfunksender. 747.
— Bodenpeilstelle München. 202.
— Luftschiff- und Flugzeugstationen. *203.

— **Theorie, Versuche.**
— Fortschritte des Funkwesens 1929. 689.
— Richtwirkung von Strahlern. Nach H. Stenzel. 98.
— Kurzwellen-Phänomene und ihr Einfluß auf die drahtlose Nachrichtenübermittlung. Von G. Graf v. Arco. *148.
— Ausbreitung kurzer Wellen bei kleiner Leistung im 1000 km-Bereich. Nach F. Krüger u. H. Plendl. 438.
— Das Verhalten kurzer Wellen in unmittelbarer Nähe des Senders. Nach J. Fuchs. 475.
— Strahlung des Deutschlandsenders. Nach F. Kiebitz. 182.
— Der Wehnelt-Unterbrecher als Generator elektromagnetischer Schwingungen. Nach W. M. Schulgin. 22.
— Untersuchungen über quarzgesteuerte Schwingvorgänge. Nach P. v. Handel. 914.
— Untersuchungen über Detektoren. Nach Reißaus, Beck, Regler, Kallmeyer. 182.
— Rückkopplung über die gemeinsame Anodenspannungsquelle einer Verstärkerkette. Von R. Tamm. *631.
— Das Raumladenetz-Rohr als rückgekoppelter Widerstandsverstärker. Nach H. G. Baerwald. 820.
— Erzwungene Schwingungen in Elektronenröhrenkreisen. Nach H. Witte. 822.

Funkwesen.
— Frequenztransformation mittels wechselstrommagnetisierter Drosseln. Von K. Schmidt. *729.

— **Maschinen u. Apparate.**
— Hochspannungs-Quecksilberdampf-Gleichrichter zur Speisung von Röhrensendern. Von Fr. Mertens. *305.
— Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs. Von E. Feyerabend. *135.
— Der Bordpeilempfänger im Flugzeug. Nach M. H. Gloeckner. 92.
— Netzempfänger „Geador" mit zwei Hochfrequenz-Schirmgitterröhren. 337.
— Der Fernempfänger Telefunken 40. 913.
— Hydra-Störbefreiungs-Kondensatoren. 745.
— Wickelkondensatoren. Von E. Nesper. 475.
— Rundfunkgerät auf der Leipziger Messe. 665.

— **Verschiedenes, Rundfunk.**
— Zeitzeichen. 253.
— — Von H. Voigt. Brf. 726.
— Drahtlose Fernlenkung von Fahrzeugen. 360.
— Der drahtlose Weckanruf. Von A. Salmony. *575.
— Trägerstrom-Telephonie für Elektrizitätswerke mit einem Seitenband. Nach R. Wilkins u. F. I. Lawson. 821.
— Der gegenwärtige Stand der Technik und der Betriebsorganisation des deutschen Flugfunkwesens. Von F. Eisner u. H. Faßbender. *157. *201.
— Das Fernmeldewesen Deutschlands als Verbraucher elektrischer Energie. Von E. Feyerabend. *859.
— Rundfunkübertragungen 1929. 690.
— IEC und Rundfunk. 888.
— Vakuum-Prüfgeräte mit Rundfunk-Störschutz. 338.
— Zünderabschirmung für Funkempfang im Flugzeug. Nach L. Hyland. 438.
— Straßenbahn-Stromabnehmer u. Rundfunkstörung. Nach H. Kopp. 472.
— Kampf gegen Rundfunkstörungen. 514.
— Rundfunk-Störschutz. 665.
— Störungsschutz im Rundfunk (Ausstellung in Berlin). 824.

Galvanotechnik s. Elektrochemie.

Garn s. Isolierstoffe.

Gasentladung s. Hochspannung, Physik.

Gasreinigung.
— Brikettfabrik mit Elektrofilter. 848.

Gefährdung s. Installationswesen, Medizin, Normen, Unfall.

Generator s. Elektr. Maschinen.

Geschichte der Technik (s. a. Abt. A II, Persönliches).
— Zum Goldenen Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins. Geleitworte von K. W. Wagner. *105.
— Ein halbes Jahrhundert deutscher Elektrotechnik. Das fünfzigjährige Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins. Von E. C. Zehme. *348.
— Entwicklung der Krafterzeugung und Kraftübertragung der letzten 50 Jahre in Deutschland. Von W. Petersen. *107.
— Gleichrichtung großer Wechselstromleistungen. Von E. Orlich. *122.
— Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs. Von E. Feyerabend. *135.
— Die Mehrfachausnutzung der Leitungen. Von F. Lüschen. *140.

Digitized by Google

Geschichte der Technik.
— Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn. Von W. Reichel. *127. *164. *244. *354. *423. *461.
— Aus der Entwicklung des elektrischen Kraftwagens in Frankreich. Nach G. Delanghe. 181.
— Der Werdegang des elektrischen Lichtbogens. Nach B. Duschnitz. 816.
— Aus der Entwicklung des Druckluftschalters. Von H. Helberger. Brf. 833.
— Rückblick auf die wichtigsten Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrotechnik im Jahre 1929. Von K. W. Wagner. *649. *685.

Gesetz (s. a. Rechtspflege).
— Ausfuhr elektrischer Arbeit aus Österreich. 99.
— Das norwegische Gesetz über die betriebsmäßige Beaufsichtigung elektrischer Anlagen. Von E. Finne. 256.
— Recht und Gesetz in der Elektrizitätswirtschaft. Von G. Siegel. *869.

Gießen.
— Gestehungskosten für geschweißte u. gegossene Teile. Nach F. Siebel. 339.

Glas s. Isolierstoffe, Lichttechnik.

Gleichrichter.
— Gleichrichtung großer Wechselstromleistungen. Von E. Orlich. *122.
— Hochspannungs - Quecksilberdampf - Gleichrichter zur Speisung von Röhrensendern. Von Fr. Mertens. *305.
— Luft - Lichtbogen - Gleichrichter mit Funkenzündung. Nach P. Toulon. 578.
— Quecksilber-Inverter. Nach R. Mitsuda. 806.
— Eine fahrbare, bedienungsloseQuecksilberdampf-Großgleichrichter-Anlage. Von N. v. Kotschubey. *697.
— Gleichrichterwerke der Berliner Stadtbahnen. 425.
— Großgleichrichter für den Prager Bahnbetrieb. 670.
— Trockengleichrichter mit Selen. 594.
— Spannungsabfall durch rotierenden Gleichrichter. 680.
— Hochfrequenz-Gleichrichteranlage mit selbsttätiger Konstanthaltung der Gleichspannung. Nach P. Hermannspann. 745.
— Ein Glühkathoden-Gleichrichter für hohe Spannungen. Nach R. Strigel. 785.
— Ein neues Ladegerät (mit Vartax-Gleichr.). 362.
— Vakuum-Prüfgeräte mit Rundfunk-Störschutz. 338.
— Gleichrichter auf der Leipziger Messe. 593.

Gleislose Bahn s. Bahnbau.

Glockenläutewerk. 663.

Glühlampe (s. a. Lichttechnik).
— Strahlungsmessung an Wolframlampen. Nach H. C. v. Alphen. 215.
— Dauerserien-Lampen. 328.
— Fortschritte im amerikanischen Beleuchtungswesen im Jahre 1928. 819.

Haarschneidemaschine, elektrische. 336.

„Haus der Technik" s. Unterricht.

Hausgeräte s. Heizung, Installationswesen, Staubsauger.

Hebezeuge (s. a. Anlasser, Förderanlagen).
— Winden für Fahrzeuge. 340.
— Kipperkatzen-Verladeanlagen. 365.
— Demag-Doppelwinde. 401.

Heinisch-Riedl-Schutz s. Schalter.

Heizung (s. a. Ofen).
— Ein neuer kleiner Heißwasserspeicher. Von A. Rittershaußen. *12.
— Über die Einzelverluste und den Wirkungsgrad elektrischer Heißwasserspeicher. Von K. Backhaus. *377.
— Elektro-Ökonom-Sparherd. 328.
— Der elektrische Haushalt in der Siedlung Römerstadt. Von Fr. Mörtzsch. 539.
— Anschluß elektrischer Wärmeapparate für den Haushalt in der Schweiz 1929. Nach A. Härry. 479.
— Bäckereien als Stromabnehmer. Nach F. Mörtzsch. 252.
— Vergleichsgrundlagen für den Elektrizitäts- und Gasverbrauch im Haushalt. Nach H. F. Mueller u. F. Mörtzsch. Von B. Thierbach. 91.
— Heiz- und Kühlgeräte für die Landwirtschaft. 439.
— Kühlapparate für den Haushalt. 594.
— Haushaltgeräte auf der Leipziger Messe. 594.
— Beheizte Geräte für den Haushalt (Händetrockner, Wärmflasche, Bügeleisen, Eierkocher, Kühlschränke). 664.
— Elektrisches Einkochen. Von A. Käppele. 471.
— Bügeleisen mit regelbarer Bügeltemperatur. 328.
— Spanner für Bügeleisenschnur. 664.
— SSW-Temperaturregler für Bügeleisen. 594.
— Spencer-Regler. 594.
— Einbau eines Temperaturreglers in elektrische Bügeleisen. 645.
— Selbsttätige Temperaturregler der Firma Buttermann & Schmidt. 319.
— Zwietusch-Lötpatrone. 328.
— Krawattenbügler. 364.
— Asphalt-Tauchkessel „Falcon". Nach H. O. Swoboda. 62.
— Elektrische Warmbehandlungsanlage für Stahlguß. 252.
— Elektrische Kühlwasser- und Unterstellraum-Heizung für Kraftfahrzeuge. Nach F. Beckert. 364.
— Elektrische Frühbeetheizung. 616.

Hochfrequenz s. Funkwesen, Theoret. Elektrotechnik.

Hochofen s. Ofen.

Hochschule s. Forschungsinstitut, Unterricht u. Abt. A II, Persönliches.

Hochspannung (s. a. Isolatoren, Leitungen, Physik, Überspannung).

— **Feldbestimmung u. elektrische Festigkeit.**
— Über Elektrizitätsleitung bei Feldstärken bis zu Entladungspannungen und Ionenkonstanten in dielektrischen Flüssigkeiten. Nach A. Nikuradse. 617.
— Der dunkle Entladungsvorstrom in Luft von Atmosphärendruck. Nach M. Paavola. 748.
— Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit von Aluminium- und Kupferseilen auf die Koronaverluste. Nach Schmitt u. Krines. 468.
— Unmittelbare Bestimmung der Überschlagspannung von Kugel- u. Spitzenfunkenstrecken. Nach J. S. Carroll u. B. Cozzens. 93.
— Berechnung der Anfangspannung zwischen kantigen Elektroden in Luft. Nach W. Schilling. 515.
— Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft. I. Vorwort. Von W. Estorff. *777.
— — II. Zur Spannungsmessung aus Funkenbildung zwischen Kugeln. Von M. Toepler. *777.
— — III. Eichspannungen für Kugelfunkenstrecken. Von S. Franck. *778.
— Funkenstreckenform und Öl-Durchschlagspannung. Nach L. A. Kriéger. 817. B. 920.
— Formeln für Zylinderkapazitäten. Nach P. Mahlke. 218.
— Über Elektroden für die Zwecke der Prüfung fester Isolierstoffe. Von G. Pfestorf. *275.
— Äußere Einflüsse bei der Messung dielektrischer Verluste von Hartpapierdurchführungen. Nach P. Rosenlöcher u. E. Rühlemann. 363.
— Kontaktwirkungen zwischen Elektroden und Dielektrikum. Nach B. G. Churcher, C. Dannatt u. J. W. Dalgleish. 441.
— Thermische Vorgänge in papierisolierten Hochspannungskabeln bei wechselnder Belastung. Von M. Weiset. *922.
— Durchschlag von festen Isolatoren. Von L. Inge u. A. Walther. 788.
— Die Messung der Durchschlagfestigkeit von Isolierölen im Betrieb. Von F. Foerster. *452.
— Isolierstoff-Forschung s. a. „Isolierstoffe".

— **Ausgleichvorgänge und Netzbetrieb** (s. a. Elektrizitätswerksbau [Betrieb]).
— Zur Erdung langer, mit Petersenspulen kompensierter Leitungen. Nach T. Ohtsuki. 89.
— Messung der Eigenzeit eines Klydonographen mittels Wanderwellen bekannter Zeitdauer. Von C. Stoerk u. T. Bungardean. *676.
— Spulen, Wanderwellen und Kathodenoszillograph. Nach H. Jacobs. 948.
— Messung betriebsmäßiger Überspannungen an Hochspannungs-Freileitungen. Nach W. W. Lewis. 748.
— Blitzforschungsstation in den Tennessee-Mountains in Amerika. Nach E. Beck. Von A. Matthias. 785.
— Kraftübertragung auf große Entfernung durch hochgespannten Gleichstrom. Von R. Thury. *114.
— Schutz der Stationsausrüstung bei Hochspannungsleitungen. Nach K. B. McEachron. 515.
— Aufsatzreihe über Kurzschlußstromberechnung s. „Überstrom".

— **Verschiedenes.**
— Ein neuartiger Spannungsteiler für Hochspannung. Von H. Schaefer. *55.
— Hochspannungs-Kabelprüfanlagen mit Induktionsregler. Von L. Tschiassny. *392.
— Das Rosenthal - Hochvolthaus für 2000 kV gegen Erde. Von K. Draeger. *933.
— Anlage zur Erzeugung von Spannungsstößen und hochfrequenten Spannungen bis 2000 kV. 341.
— Transformatorensatz für 1 Mill V gegen Erde. 947.
— Neonröhren als ortsfeste Spannungsanzeiger. Nach E. W. Gorry. 581.

Hohlseil s. Leitungen.

Holz s. Maste.

Hüttenwesen (s. a. Förderanlagen, Öfen).
— Verfahren zur direkten Stahlerzeugung nach Flodin-Gustafsson. Nach R. Durrer. 615.
— Kontaktgebevorrichtung zur Überwachung von Walzenstraßen. Nach Z. Warszawski. 911.

Hysterese s. Magnetismus.

Digitized by Google

IEC s. Kongresse.
Imprägnierung s. Isolierstoffe, Hochspannung, Öfen.
Industrie s. Elektroindustrie u. Abt. AV, Geschäftl. Mitteilungen.
Installationswesen (s. a. Heizung, Leitungen, Schalter).
— Verteilungstafel - Unterputzsystem. 289.
— Besondere Steckdosenstromkreise. Von F. Hoppe. 329.
— Elma-Stukvorrichtung für Förderlokomotiven. 944.
— Verlegungsmethode für Rohr- und Kabelleitungen. 436.
— Zubehörteile für Beleuchtungsanlagen. 315.
— Befestigung des Mantels einer Glühlampenfassung. 334.
— Wandebener Verschlußdeckel mit Einführungsöffnung für Rohrdraht. 331.
— Kabel-Einheitsdosen. Von M. Feller. 332.
— Ausgleichdeckel für Unterputzdosen. 334.
— Die Ankodose. 513.
— Rafi-Kontaktplatten mit Rückmeldevorrichtung. 338.
— Aufnahmebehälter für Soffittenkabel. 215.
— Installationsmaterial auf der Leipziger Messe. 594. 663.
— Osram-Spannungsucher. 334.
— Der elektr. Leitungsprüfer „Spion". 342.
Inverter, Quecksilber—. Nach R. Mitsuda. 806.
Isolator (s. a. Hochspannung, Isolierstoffe, Prüfeinrichtungen).
— Nebelprüfung von Hochspannungsisolatoren. 89.
— Ein Verfahren, von Kappenisolatoren zu Untersuchungszwecken die Eisenkappen zu entfernen. Von H. Grünewald u. C. Stoerk. 218.
— Zusatzisolator für Hochspannungsisolatoren. 361.
— Rußniederschläge auf Bahnisolatoren. 744.
— Dauerversuche an Mehrrohr-Durchführungen. 59.
— Kittlose 220 kV-Durchführungen mit Ölfüllung. 316.
— Durchführungen für 220 kV. 597.
— Äußere Einflüsse bei der Messung dielektrischer Verluste von Hartpapierdurchführungen. Nach P. Rosenlöcher u. E. Rühlemann. 363.
Isolierstoffe (s. a. Hochspannung, Isolator, Meßverfahren, Öl, Physik usw.).
— Chemisch-technologische Arbeiten im Dresdner Dielektrischen Institut. Von A. Bültemann. *629.
— Elektrische Leitfähigkeit in Hartgummi, Pyrexglas, geschmolzenem u. kristallinem Quarz. Nach H. Race. 92.
— Über Elektroden für die Zwecke der Prüfung fester Isolierstoffe. Von G. Pfestorf. *275.
— Durchschlag von festen Isolatoren. Nach L. Inge u. A. Walther. 788.
— Untersuchungen über dielektrische Verluste von Transformatorölen. Nach L. S. Ornstein, D. J. Willemse u. J. H. G. Mulders. 253.
— Dielektrische Flüssigkeiten bei hohen Temperaturen und hohen Spannungen. Nach A. Nikuradse. 821.
— Dielektrische Verluste bei hohen Frequenzen. Nach G. E. Owen. 746.
— Theoretische Ermittlung v. Nummer, Gewicht und Isolationszunahme von Baumwollgarnen. Von W. Schindler. 716.
Isolierstoffe.
— Untersuchung von Textilfaserisolation. Nach R. R. Williams u. E. J. Murphy. 789.
— Wahnerit-Hartpapier. 339.
— Neue Erkenntnisse über die Betriebssicherheit von Hartpapier- und Preßmaterialien. Nach A. Bültemann. 647.
— Elektro-Porzellan, Herstellungsgang und Konstruktionsbeispiele für Niederspannungs-Preßteile. Nach W. Demuth. Lit. 940.
— Ionisationsstudien in papierisolierten Kabeln. Nach Dawes, Reichard u. Humphries. 19.
— Isolierung gegen Schall und Erschütterungen. 371.
— — s. a. „Schwingungen".

Jahresversammlung s. Kongresse und Abt. A IV, Vereinsnachrichten.
Johnsen-Rahbek-Effekt s. Physik.
Jubiläum (s. a. Geschichte d. Technik u. Abt. A II, Persönliches).
— Zum Goldenen Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins. Geleitworte von K. W. Wagner. *105.
— 25 Jahre Schriftleiter der ETZ. Von K. Strecker. *921.
— 25jähriges Bestehen des Elektrotechnischen Vereins zu Breslau. 478.
— 25 Jahre Höhere Maschinen-Bauschule Magdeburg. 517.
— 10 Jahre Reichsverband der Elektrizitäts-Abnehmer (Rea), Berlin. 219.
— DRP. Nr. 500 000. Von F. A. Foerster. 915.
— Jubiläum. 101. 184. 481. 522. 758. 794. 950.

Kabel s. Leitungen.
Kabelkasten oder Schaltschrank? Von A. Kastalski. 570.
— Kabelkasten mit eingebautem Schalter und Steckeranschluß. 911.
Kabeltrommel, Tragbare — für Meßleitungen. Von A. Vierling. 289.
Kälteerzeugung s. Heizung.
Kanalentgaser. 663.
Kaskade s. Elektr. Maschinen.
Kathodenstrahl-Oszillograph s. Meßgeräte.
Kino s. Film.
Kläranlage s. Elektrizitätswerksbau (Anlagen).
Klydonograph s. Hochspannung, Meßgeräte.
Kohle (s. a. Feuerungsanlagen).
— Über Steinkohlenschwelkraftwerke. Von C. Körfer. *397.
— Wirtschaftlichkeit der Rohkohlen-Förderarten aus Braunkohlen-Tagebauen. Nach Härtig. 790.
— Die Verwendung der beim Trockenprozeß der Braunkohle gewinnbaren Überschußenergie in der Energiewirtschaft. Nach R. Schneider. 791.
— Die Brennstoffe Deutschlands. Von B. Thierbach. *845.
Kommutierung s. Elektr. Maschinen.
Komprimiermaschinen, Selbsttätige —. 340.
Kondensator (s. a. Funkwesen, Meßverfahren).
— Wickelkondensatoren. Von E. Nesper. 475.
— Hydra-Störbefreiungs-Kondensatoren. 745.
Kongresse u. Jahresversammlungen (s. a. Abt. A IV, Vereinsnachrichten).
— **International.**
Kongresse.
— Mitteilungen über die Weltkraftkonferenz Berlin 1930. 466. 715. 888.
— Weltkraftkonferenz Berlin 1930. Von C. Köttgen. *1.
— Geleitwort zur Zweiten Weltkraftkonferenz, Berlin 1930. Von O. v. Miller. 837.
— Zeittafel der Weltkraftkonferenz Berlin 1930. 783.
— Generalberichte der Zweiten Weltkraftkonferenz. 838.
— Vorläufiges Programm der Vollsitzung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission in Skandinavien 1930. 619.
— Zur IEC-Tagung in Skandinavien 1930. 879.
— Brüsseler Konferenz über internationale Normung im Bahnwesen. 405.
— Internationale Ingenieur-Tagungen in Japan 1929. Von A Przygode. *804.
— 3. Internationaler Kongreß für Technische Mechanik, Stockholm. 98.
— Internationale Patentanwaltstagung in Berlin. Von H. Herzfeld l. 25.
— Internationale Seezeichen-Konferenz 1929. Nach F. Born. 61.
— **Deutschland u. Österreich.**
— Ein halbes Jahrhundert deutscher Elektrotechnik. Das fünfzigjährige Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins. Von E. C. Zehme. *348.
— 11. Hannoverscher Hochschultag (drei Vorträge). *206.
— Öffentliche Kundgebung des Reichsverbandes der Handelsvertreter für Elektrotechnik. 648.
— Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft. 750.
— Tagung des DNA in Saarbrücken. 750.
— Die 9. Technische Tagung des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins. Von A. Przygode. 790.
— Hauptversammlung der Vereinigung von Freunden der T.H. Darmstadt. 823.
— Zusammenarbeit weiblicher Ingenieure. 823.
— **Ausland.**
— Kongreß der Eisenbahn-Elektrotechniker in Chicago. 478.
Kontakt (s. a. Installationswesen, Schalter).
— Preßkontaktstöpsel für Verteilertafeln. 16.
— Über Kontaktwiderstände. Nach R. Holm. 515.
Korona s. Hochspannung.
Korrosion.
— Arbeiten der Cem.-Techn. Reichsanstalt über Metallschutz. 404.
Kostenermittlung.
— Ein graphisches Verfahren zur Ermittlung der Kosten von Neuanlagen für die einzelnen Baumonate. Von H. Böhm. *419.
Kran s. Hebezeuge.
Küche s. Heizung.
Kühlanlage s. Heizung.
Kupfer s. Materialkunde, Leitungen. Elektrochemie u. Abt. AV, Geschäftl. Mitteilungen.
Kupplung.
— Hydraulisch-mechanische Kupplung im Pumpspeicherwerk Herdecke. 734.
Kursus s. Unterricht.
Kurzschlußstrom s. Überstrom, Hochspannung.

Laboratorium s. Forschungsinstitut, Hochspannung, Prüfeinrichtungen, Unterricht.

Digitized by Google

Ladestation s. Akkumulator, Gleichrichter.
Landwirtschaft.
— Heizkabel für Treibhäuser. 335.
— Elektrische Frühbeetheizung. 616.
— Pflanzenwachstum und künstliche Beleuchtung. 368.
— Beleuchtung von Geflügelställen. 334.
— Ein Landwirtschaftsmotor. 335.
— Landwirtschaftliche elektrische Geräte in der 5. Grünen Woche, Berlin 1930. 439.
Lastverteiler s. Elektrizitätswerksbau, Fernmessung.
Läutewerk s. Signalanlagen, Glockenläutewerk.
Lautsprecher s. Techn. Akustik.
Legierung s. Materialkunde.
Lehranstalt s. Unterricht.
Lehrlingstatistik.
— Die elektrotechnische Industrie in der preußischen Lehrlingstatistik von 1925. Von G. Puttkammer. *57.
Leistungsfaktor (s. a. Elektr. Maschinen, Meßgeräte).
— „Entohmung". Von F. Emde. *533.
Leitungen (s. a. Hochspannung, Isolatoren, Maste).
— **Allgemeines.**
— Die Entwicklung der Kraftübertragungs- und Verteilungsleitungen in Ungarn. Nach E. Theiss. 66.
— Fortschritte und Messungen auf dem Gebiete der Beeinflussung zwischen Starkstrom und Schwachstrom. 688.
— Die günstigste Spannung in Verteilungsnetzen mit Lichtbelastung. Nach W. Chrustschoff. 744.
— Wetter- und säurebeständige Guro-Hochspannungsleitung für Leuchtröhrenanlagen. 315.
— Installations-Leitungen auf der Leipziger Messe. 596.
— **Freileitungen.**
— Die Übertragungsverluste von langen Fernleitungen. Von L. Leng. *278.
— Hydraulische Dämpfung der Leitungsseilschwingungen. Von H. Thoma. *765.
— Ein graphisches Verfahren zur Ermittlung der Kosten von Neuanlagen für die einzelnen Baumonate. Von H. Böhm. *419.
— Bau und Betrieb von Höchstspannungsleitungen. Nach I. R. Jollyman u. E. R. Stauffacher. 807.
— Neue Bauweisen im Linienbau. Nach R. Blain. 476.
— Maßnahmen gegen das Zusammenschlagen von Freileitungen. 537.
— Störung an einer Freileitung durch trockene Witterung. Nach B. Koetzold. 537.
— Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit von Aluminium- und Kupferseilen auf die Koronaverluste. Nach Schmitt u. Krines. 468.
— Entfernung von Rauhreif und Eisansatz an Hochspannung führenden Leitungen (Abklopfstange). 288.
— Eine 220 kV-Leitung auf Schleuderbetonmasten. 611.
— Schutzmaßnahmen in Niederspannungsnetzen. Nach A. Mauduit. 468.
— Der Freileitungsmesser. Von M. Höfer. *577.
— **Kabel** (s. a. Fernsprech- u. Telegraphenwesen).
— Fortschritte der Kabeltechnik. 686.
— Ionisationsstudien in papierisolierten Kabeln. Nach C. L. Dawes, H. H. Reichard u. P. H. Humphries. 19.
— Thermische Vorgänge in papierisolierten Hochspannungskabeln bei wechselnder Belastung. Von M. Weiset. *922.
Leitungen.
— Die Fortpflanzung elektrischer Wellen in Kabeln mit zwei Isolationsschichten. Nach N. H. Frank. 177.
— Verminderung der Verluste im Bleimantel von Einleiterkabeln. Nach H. R. Searing u. W. B. Kirke. 249.
— Kabeldurchschläge infolge von Eigenschwingungen. Nach P. Mahlke. 177.
— Die Eignung von Kabeln zur Verlegung. Nach E. Weiß. 249.
— Prüfungen an Papier-Bleikabeln. Nach R. D. Sherman. 644.
— Isolieröle für Hochspannungskabel. Nach T. N. Riley u. T. R. Scott. 404.
— Zwischenkabel als Überspannungsschutz. 170.
— Gummischlauchkabel für fahrbare Bagger. 329.
— Dehnungskabel. 596.
— Kabelkasten oder Schaltschrank? Von A. Kastalski. 570.
— Kabelkasten mit eingebautem Schalter und Steckeranschluß. 911.
— Heizkabel für Treibhäuser. 335.
— Die Herstellung von Fernleitungs-Sternvierern auf kombinierten Spinn- und Seilmaschinen. Von H. Müller. *454.
— Über die Herstellung von DM-Vierern. Von O. Haugwitz. *797.
— Entwicklung der Telegraphen- und Fernsprechkabel. *136.
— Ausbau des österreichischen Fernsprechkabelnetzes 1928. 290.
— Deutsch-schwedisches Fernsprech-Seekabel. 402.
— Tragbare Kabeltrommeln für Meßleitungen. Von A. Vierling. 289.
Leitungsprüfer. 334. 342. 664.
Lesesaal für technische Zeitschriften und Bücher. 519.
Leuchtfeuer s. Flugwesen, Lichttechnik.
Lichtbogen s. Hochspannung, Physik.
Lichtpaussäule „Phönix".
Lichttechnik (s. a. Glühlampen).
— **Theorie u. Messung.**
— Untersuchung über die Lichtverteilung von Beleuchtungskörpern. Nach J. Wetzel. 90.
— Strahlungsmessung an Wolframlampen. Nach H. C. v. Alphen. 215.
— Die Verwendung des sichtbaren und unsichtbaren Lichtes in der Heilkunde. Nach W. Berger. 914.
— Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren. Von M. Pirani. *889.
— Die lichttechnischen Eigenschaften der Trübgläser. Nach H. Schönborn. 436.
— Über den Einfluß der Gase im Glas auf lichttechnische Fragen. Nach M. A. Schirmann. 942.
— Relative Sichtbarkeit der Lichtblitze von Neon-Lampen und von Glühlampen mit und ohne Rotfilter. Nach F. Ch. Breckenridge u. J. E. Nolan. 614.
— Über den Wirkungsgrad von Scheinwerfern. Nach A. Dargenton. 91.
— Lichttechnische Berechnungen für Leuchtturmoptiken. Nach W. M. Hampton. 364.
— Ein Modell zur Demonstration und zum Studium der Straßenbeleuchtung. Nach H. Lingenfelser. 471.
— **Anwendungen.**
— Bühnenbeleuchtung. Von Schloß. *7.
— Der Stand des Beleuchtungswesens im Seeverkehr. Nach F. Born. 61.
— Die neuzeitlichen elektrischen Automobil-Scheinwerfer. Von B. Duschnitz. *47.
Lichttechnik.
— Fortschritte in der Automobilbeleuchtung in Amerika. 776.
— Beleuchtung von Tankstellen. 645.
— Straßenüberspannungen für Beleuchtung. 180.
— Amerikanische Straßenbeleuchtungs-Fernschaltanlagen. Nach R. W. Gilette. 251.
— Fortschritte im amerikanischen Beleuchtungswesen im Jahre 1928. 819.
— Das Licht im Dienste der Verkehrsregelung. Nach M. Krüger. 787.
— Der Rhythmus als ökonomisches Prinzip in der Lichtreklame. Von F. Pauli. *535.
— Landeplatz- und Flugstreckenbeleuchtung. Nach H. R. Ogden. 513.
— Flugplatzbeleuchtung in Amerika. Nach H. E. Mahan. 579.
— Flugwegbezeichnung in Amerika. Nach O. W. Bard. 819.
— Elektrische Rollfeldbeleuchtungen für Flughäfen. Von E. Liesen. 746.
— Baustellenbeleuchtung durch Scheinwerfer. Nach W. Tüngethal. 364.
— Die Flutlichtbeleuchtung im Abbau. Nach Just. 718.
— Pflanzenwachstum und künstliche Beleuchtung. 368.
— Handleuchte mit Schalter. 289.
— Allseitig in weiten Grenzen verstellbare und weit ausladende Beleuchtungsgeräte. 327.
— Handleuchten-Schutzwandler der Firma Dr. Dietz & Ritter. 320.
— Primus-Deckenbeleuchtung. 327.
— Zimmer-Leuchtfontänen. 663.
Literatur s. Quellen-Nachweis u. Abt. A III.
Lokomotiven u. Triebwagen (s. a. Bahnbau).
— System der Energierückgewinnung bei Gleichstromfahrzeugen. Nach G. Somaini. 181.
— Betriebsbeobachtungen am Einzelachsantrieb. Nach K. Pflanz. 941.
— Die Schlagwettersicherheit der elektrischen Lokomotivförderung. Nach C. Truhel. 943.
— Fortschritte bei Akkumulator-Lokomotiven. 649.
— Über den Betrieb einer Verschiebeanlage mit Lokomotiven für Wechselstrom von 50 Hz. Von F. Punga u. L. Schön. *265.
— Wechselstrom-Lokomotive der SSW. 357.
— Einphasen-Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn. 651.
— Lokomotiven der tschechoslowakischen Bahnen. *669. *708.
— Neue Triebwagen der Elberfelder Bahnen. 216.
— Neue Triebwagen der Straßenbahn Mailand—Gallarate. 473.
— Triebwagen der Bahn La Mure—Gap. Nach M. M. Malandrin u. Moniot. 614.
— Sechswagenzug der Straßenbahn Zürich—Oerlikon—Seebach. 941.
— Lokomotiv-Freiluftschalter mit Preßluftlöschung. Nach F. Rampacher u. P. Weber. 182.
Löten s. Heizung.
Luftschiff s. Flugwesen.
Magnetismus (s. a. Meßverfahren).
— Magnetische Messungen an Eisenviel- und -einkristallen mit einem neuartigen magnetischen Spannungsmesser. Nach H. Gries u. H. Esser. 65.
— Die Messung der Horizontal- und der Vertikalintensität des erdmagnetischen Feldes mit dem Magnetron. Nach M. Rössiger. 910.

Digitized by Google

Magnetismus.
— Änderung der elektrischen Leitfähigkeit in starken Magnetfeldern. Nach P. Kapitza bzw. O. v. Auwers. 913.
— Über den magnetischen Flußverlauf an schraubenförmigen Eisenkörpern. Nach A. Mayer. 722.
— Flußverteilung in Wechselstrommagneten mit Kurzschlußringen. Nach N. Andersen. 90.
— Die Flußverdrängung und Flußverlagerung im verzweigten magnetischen Kreis und ihre Bedeutung für den Induktionszähler. Nach A. Callsen. 818.
— Der Einfluß des Eisens auf die magnetische Aufnahmefähigkeit des Aluminiums. Nach R. B. Mason. 914.
— Zur technischen Anwendung des Differentialeisenprüfers. Nach Fr. Wever u. H. Lange. 538.
— Aufbau und Bemessung magnetischer Blasanordnungen. Nach L. G. Riley. 469.

Magnetron s. Meßverfahren.

Marmor s. Materialkunde.

Maschinenantrieb (s. a. Elektr. Maschinen, Förderanlagen, Hebezeuge, Kupplung).
— Ersatz von Dampfantrieben durch elektrische Antriebe von Walzenstraßen. 366.
— Kontaktgebevorrichtung zur Überwachung von Walzenstraßen. Nach Z. Warszawski. 911.
— Vollselbsttätige Rotationsmaschinensteuerung. 335.
— Textilmaschinen-Antriebe. 662.
— Wirtschaftlicher elektrischer Kreiselpumpenantrieb bei kleinem Regelbereich. Nach E. Hollfelder. 474.
— Die Sicherung des Betriebes bei Wasserwerken mit elektrischem Antrieb. Von M. Gaze. *531.
— Stromart und Regelbereich elektrisch angetriebener Saugzuganlagen. Nach R. Boese. 743.
— Neuerungen beim Antrieb von Arbeitsmaschinen. 661.
— Bohrmaschinen mit Leonard-Steuerung. 662.
— Landwirtschaftliche Antriebe s. „Landwirtschaft".
— Elektrisch angetriebenes Schleusenventil. 475.
— Schiffsantrieb s. „Schiffahrt".
— Neuzeitliche Riemenprüfung. Nach E. Pelckmann. 790.

Maste (s. a. Leitungen).
— Verdrehung von Holzmasten infolge trockener Witterung. 537.
— Eine 220 kV-Leitung auf Schleuderbetonmasten. 611.

Materialkunde (s. a. Isolierstoffe, Öl, Prüfämter usw.).
— Wahnerit-Hartpapier. 339.
— Deutscher Marmor für Schalttafeln. 339.
— Keramischer Werkstoff „Calit". 597.
— Aluminium für Bahnwagen. 719.
— Silizinbronze. 807.
— Der Einfluß des Eisens auf die magnetische Aufnahmefähigkeit des Aluminiums. Nach R. B. Mason. 914.
— Elektrolytische Verfahren der Metallurgie s. „Elektrochemie".

Mathematik (s. a. Nomographie, Theoret. Elektrotechnik).
— Zeichnerische Integration gewöhnlicher Differentialgleichungen zweiter Ordnung. Nach V. Blaeß. 183.
— Ein Lösungsverfahren für Potentialprobleme. Nach M. J. O. Strutt. 369.

Medizin (s. a. Lichttechnik, Röntgenstrahlen).
— Versuche über den Stromdurchgang durch den menschlichen Körper. 254. B. 416.
— Belebung Scheintoter durch Elektrizität. Nach Gould. Von E. Schilf. 255.
— Welche Spannung ist dem Menschen gefährlich? Nach H. G. Weber. 290.
— Messung psychischer Erregungszustände. Nach G. G. Blake. 517.
— Fortschritte der Elektromedizin. 651.
— Die Verwendung des sichtbaren und unsichtbaren Lichtes in der Heilkunde. Nach W. Berger. 914.

Meßgeräte (s. a. Elektrizitätszähler, Fernmessung, Meßverfahren).

— **Elektr. u. magnet. Größen.**
— Neues Eisenschluß-Elektrodynamometer. 326.
— Vergrößerung der Leistungsfähigkeit und Anwendungsmöglichkeit von Meßgeräten durch Verwendung einfacher Hilfsmittel (Signal-, Projektionsmeßgerät. Dreifach-Strommesser). Von Bluhm. *353.
— Neue Präzisionsinstrumente von Siemens & Halske. 324.
— S & H-Starkstrom-Meßgeräte mit Bimetallmeßwerk. 324.
— Neue elektrolytische Meßbrücke mit Wechselstrom-Zeigergalvanometer als Nullinstrument. 816.
— Ein Hochspannungsvoltmeter. Nach A. Nikuradse. 250.
— Experimentalstudien am Korona-Voltmeter. Nach H. B. Brooks u. F. M. Defandorf. 512.
— Verlustwinkel- und Wirkungsgradmessungen mittels des thermischen Wattmeters. Von A. Herczeg. *421.
— Messungen an eisengeschlossenen elektrodynamischen Wechselstrom-Leistungsmessern nach der Kompensationsmethode. Nach W. Geyger. 61.
— Elektrische Ringrohrübertragung. Nach H. Lohmann u. C. Sieber. 470.
— Fernmeßgeräte s. „Fernmessung".
— Verfahren zur genauesten Messung technischer Frequenzen. Nach G. Keinath. 435.
— Ein vielseitiges selbstschreibendes Kontroll- und Alarmgerät. *430.
— Die Kosten von Registrierinstrumenten. Nach H. K. Nock u. H. S. Edgerly. 539.
— Verstärkeroszillograph. Nach S. K. Waldorf. 179.
— Eine Sprungschaltung für Sperr- und Zeitkreise für Kathodenstrahl-Oszillographen. Von W. Krug. *605.
— Kathodenoszillograph einer amerikanischen Blitzforschungsstation. 785.
— Magnetische Messungen an Eisenviel- und -einkristallen mit einem neuartigen magnetischen Spannungsmesser. Nach H. Gries u. H. Esser. 65.
— Ein tragbares Feldstärke-Meßgerät für hohe Frequenzen. Nach J. Hollingworth u. R. Naismith. 613.

— **Nichtelektr. Größen.**
— Neue Anwendungen des elektrischen Mikrometers. Nach A. V. Mershon. 214.
— Das Hochfrequenz-Ultramikrometer. Nach L. Richtera. 717.
— Praktische Pyrometrie. Nach G. B. Brook, H. J. Simcox u. E. Wilson. 579.
— Pyrometer. 665.
— Strahlungsmessungen mit Hilfe elektrischer Meßgeräte. 643.

Meßgeräte.
— Messung von Druckschwingungen u. dgl. mit dem elektrischen Mikrophotometer. 214.
— Aufzeichnung schneller Schwingungen. Nach H. Thoma. 510.
— Zeitmessung s. „Uhr".
— Schnittgeschwindigkeitsmesser für Drehbänke. 662.
— Sauerstoffprüfer. 664.
— Alkalitätsmesser und Wasserprüfer. 665.
— Dichtemesser für Kesselspeisewasser. 664.

— **Verschiedenes.**
— Tragbare Kabeltrommeln für Meßleitungen. Von A. Vierling. 289.
— Ein neuartiger Spannungsteiler für Hochspannung. Von H. Schaefer. *55.

Meßverfahren (s. a. Meßgeräte, Fernmessung).
— Eine Kompensationsmethode zur Messung schwacher Ströme. Nach R. Jaeger. 681.
— Zur technischen Anwendung des Differentialeisenprüfers. Nach Fr. Wever u. H. Lange. 538.
— Die Messung der Horizontal- und der Vertikalintensität des erdmagnetischen Feldes mit dem Magnetron. Nach M. Rössiger. 910.
— Verfahren zur Widerstandsmessung bei Gleichstrommaschinen. Von H. Sequenz. *736.
— Bestimmung der Zusatzverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren. Nach H. E. Linckh. 818.
— Über das stroboskopische Noniusverfahren. Nach H. E. Linckh u. R. Vieweg. 817.
— Unmittelbare Bestimmung der Überschlagspannung von Kugel- und Spitzenfunkenstrecken. Nach J. S. Carroll u. B. Cozzens. 93.
— Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft. I. Vorwort. Von W. Estorff. *777.
— — II. Zur Spannungsmessung aus Funkenbildung zwischen Kugeln. Von M. Toepler. *777.
— — III. Eichspannungen für Kugelfunkenstrecken. Von S. Franck. *778.
— Funkenstreckenform und Öl-Durchschlagspannung. Nach L. A. Kriéger. 817. B. 920.
— Messung der Eigenzeit eines Klydonographen mittels Wanderwellen bekannter Zeitdauer. Von C. Stoerk u. T. Bungardean. *676.
— Elektrische Leitfähigkeit in Hartgummi, Pyrexglas, geschmolzenem und kristallinem Quarz. Nach H. Race. 92.
— Messung der dielektrischen Verluste von Hochspannungskabeln. Nach Dawes, Hoover u. Reichard; nach Salter. 214.
— Äußere Einflüsse bei der Messung dielektrischer Verluste von Hartpapierdurchführungen. Nach P. Rosenlöcher u. E. Rühlemann. 363.
— Kontaktwirkungen zwischen Elektroden und Dielektrikum. Nach B. G. Churcher, C. Dannatt u. J. W. Dalgleish. 441.
— Fehlerquellen durch ungeeignete Schirmung bei Verlustziffermessungen. Nach K. Schaudinn. 910.
— Dielektrische Verluste bei hohen Frequenzen. Nach G. E. Owen. 746.
— Verlustwinkel- und Wirkungsgradmessungen mittels des thermischen Wattmeters. Von A. Herczeg. *421.

Digitized by Google

Meßverfahren.
— Strahlungsmessung an Wolframlampen. Nach H. C. v. Alphen. 215.
— Messung des p_H-Wertes von Zuckersaft. 430.
— Bestimmung der Feuchtigkeit von Dampf durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit. Nach M. E. Fitze. 470.
— Wasserdruckmessung im Turbinensaugrohr. 214.
— Fernmeßverfahren s. „Fernmessung".
— Meßverfahren zur Aufzeichnung der Fehlerstellen verlegter Fahrschienen. Nach Sperry. 517.
— Messung psychischer Erregungszustände. Nach G. G. Blake. 517.

Metallurgie s. Elektrochemie, Hüttenwesen, Materialkunde.

Motor s. Dieselmotor, Elektr. Maschinen.

Museum, Bibliothek-Neubau für das Deutsche —. 694.

Musik s. Techn. Akustik.

Nachrichtenverkehr s. Fernsprech-, Funk-, Telegraphenwesen, Signalanlagen.

Netzanschluß s. Funkwesen.

Netzberechnung s. Elektrizitätswerksbau, Leitungen, Überstrom.

Netzmodell. 908.

Nomographie.
— Transformatorenberechnung mittels Nomogramms. Von E. Bihari u. G. Stein. *382. B. 469, 556.

Normen. (Vorschriften, Regeln usw. des VDE siehe besonders Abt. A IV, Vereinsnachrichten.)
— Die neuen Vorschriften des VDE für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V. Von R. Zaudy. *4.
— Tagung des DNA in Saarbrücken. 750.
— Neue Normblätter des DNA. 184. 443. 582.
— Brüsseler Konferenz über internationale Normung im Bahnwesen. 405.
— IEC und Rundfunk. 888.
— Beschlüsse der IEC s. „Kongresse".

Oberleitungsomnibus s. Bahnbau.

Ofen (s. a. Heizung).
— Elektrische Ausrüstung des Drehstrom-Lichtbogenofens. Nach Schey. 402.
— Die Energieverluste an Lichtbogen-Elektrostahlöfen. Nach St. Kriz. 820.
— Drehlichtbogen-Elektroden. Nach Evreinoff, Tilney, Dornhecker. 679.
— Maße und Leistungen der Elektrolichtbogen-Öfen. Nach E. Kothny. 944.
— Fortschritte in Metallurgie und Betrieb des Hochfrequenzofens. Nach H. Neuhauss. 474.
— Eisenlose Induktionsöfen. Nach F. Wewer. 912.
— Elektrolyse- und Schmelzöfen. 867.
— Verfahren zur direkten Stahlerzeugung nach Flodin-Gustafsson. Nach R. Durrer. 615.
— Elektrisch geheizte Öfen für die Warmbehandlung von Automobilteilen. 472.
— Härteofen, System Wild-Barfield. 664.
— Tauchglocken für elektrische Öfen. Nach Bornand. 747.

Öl (s. a. Isolierstoffe, Schalter, Transformatoren).
— Untersuchungen über dielektrische Verluste von Transformatorölen. Nach L. S. Ornstein, D. J. Willemse u. J. H. G. Mulders. 253.

Öl.
— Die Messung der Durchschlagfestigkeit von Isolierölen im Betrieb. Von F. Foerster. *452.
— Dielektrische Flüssigkeiten bei hohen Temperaturen und hohen Spannungen. Nach A. Nikuradse. 821.
— Über die Baadersche Bestimmung der Alterungsneigung von Isolierölen. Von v. d. Heyden u. Typke. *640.
— Die Praxis der Isolierölbehandlung und -prüfung in Amerika. 722.
— Isolieröle für Hochspannungskabel. Nach T. N. Riley u. T. R. Scott. 404.
— Der Ölverbrauch eines Elektrizitätswerkes. Nach A. Baader. 609.

Omnibus s. Automobil, Bahnbau.

Optik s. Lichttechnik, Physik.

Papier s. Isolierstoffe.

Patentwesen (s. a. Rechtspflege).
— Muß der Heimatschutz ausländischer Warenzeichen im Zeitpunkt der deutschen Anmeldung bestehen? Von H. Herzfeld I. 186.
— Verfügungsbefugnisse eines deutschen Konkursverwalters über österreichische Patentanmeldungen. Von H. Herzfeld I. 407.
— Wiedereinsetzung in den vorigen Stand wegen Versäumung der Berufungsfrist. Von H. Herzfeld I. 407.
— Ist vorläufige Vollstreckbarkeit von Zwangslizenz-Urteilen möglich? Von H. Herzfeld I. 185.
— Der erste Beschluß des großen Senats des Reichspatentamts. Von H. Herzfeld I. 479.
— Schutz von Erfindungen und Warenzeichen auf der Leipziger Messe. 750.
— Internationale Patentanwaltstagung in Berlin. Von H. Herzfeld I. 25.
— Patentschutz auf den Philippinischen Inseln. Von H. Herzfeld I. 407.
— Mexikos Beitritt zu den Haager Abkommen. Von H. Herzfeld I. 408.
— Holländische Entscheidung über Ausübungszwang von Patenten. Von H. Herzfeld I. 408.
— Neue Bestimmungen über den Ausübungszwang in Spanien. Von H. Herzfeld I. 752.
— Kein Patentschutz für das grundlegende Turbinenpatent der Ersten BrünnerMaschinenfabriks-Gesellschaft. 823.
— DRP. Nr. 500 000. Von F. A. Foerster. 915.

Phasenregelung s. Elektr. Maschinen.

Physik (s. a. Hochspannung, Lichttechnik, Magnetismus, Röntgenstrahlen, Theoret. Elektrotechnik, Techn. Akustik).
— Neubestimmung der internationalen elektrischen Widerstandseinheit. Nach H. v. Steinwehr u. A. Schulze. 410.
— Untersuchungen über Detektoren. Nach Reißaus, Beck, Regler, Kallmeyer. 182.
— Die Vorgänge am System Halbleiter—Leiter (Johnsen - Rahbeck - Effekt). Nach H. Toby. 403.
— Der Wehnelt-Unterbrecher als Generator elektromagnetischer Schwingungen. Nach W. M. Schulgin. 22.
— Hochfrequente mechanische Schwingungen (Ultraschallwellen). Nach F. L. Hopwood. 789.

Physik.
— Der dunkle Entladungsvorstrom in Luft von Atmosphärendruck. Nach M. Paavola. 748.
— Die normale Stromdichte bei der Glimmentladung. Nach A. v. Muralt. 22.
— Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren. Von M. Pirani. *889.
— Der Lichtbogen bei niederfrequentem Wechselstrom. Nach Cl. Schenfer. 581.
— Löschung des Wechselstrom-Lichtbogens. Nach J. Slepian. 618.
— Elektrische Leitfähigkeit in Hartgummi, Pyrexglas, geschmolzenem und kristallinem Quarz. Nach H. Race. 92.
— Über Elektrizitätsleitung bei Feldstärken bis zu Entladungspannungen und Ionenkonstanten in dielektrischen Flüssigkeiten. Nach A. Nikuradse. 617.
— Änderung der elektrischen Leitfähigkeit in starken Magnetfeldern. Nach P. Kapitza bzw. O. v. Auwers. 913.
— Theorie des Nordlichts und der magnetischen Stürme. Nach H. B. Maris u. E. O. Hulburt. 947.
— Isolierstoff-Forschung s. „Isolierstoffe".

Phys.-Techn. Reichsanstalt s. Prüfämter.

Porzellan s. Isolierstoffe, Isolator.

Post s. Fernsprech-, Funk-, Telegraphenwesen, Forschungsinstitut.

Preisausschreiben der Zusatzstiftung zu Zeitlers Studienhaus-Stiftung. 480. 519.

Produktionswirtschaft (s. a. Elektroindustrie).
— Mechanisierte Förderung in Galvanisierungsanlagen. 95.
— Galvanotechnische Fließfertigungsbetriebe. 812.

Prüfämter.
— Bekanntmachungen der Prüfstelle des VDE (ausführlich s. Abt. A IV, Vereinsnachrichten). 70. 188. 220. 262. 344. 373. 413. 480. 522. 553. 586. 653. 694. 757. 794. 833. 918.
— Bekanntmachungen über Prüfungen und Beglaubigungen durch die elektrischen Prüfämter. 174. 400. 466. 536. 610.
— 6. Jahresbericht der Chemisch-Technischen Reichsanstalt. Von K. Arndt. 403.
— Jahresbericht 7 der Chemisch-Technischen Reichsanstalt 1928. 914.

Prüfeinrichtungen (s. a. Hochspannung, Meßverfahren).
— Über Elektroden für die Zwecke der Prüfung fester Isolierstoffe. Von G. Pfestorf. *275.
— Anlage zur Erzeugung von Spannungstößen und hochfrequenten Spannungen bis 2000 kV. 341.
— Hochspannungs-Kabelprüfanlagen mit Induktionsregler. Von L. Tschiassny. *392.
— Nebelprüfung von Hochspannungsisolatoren. 89.
— Das Gleichlast-Eichverfahren. 325.
— Prüfwagen mit Einrichtung zur Untersuchung verlegter Fahrschienen auf Risse und Fehlerstellen vom laufenden Wagen aus. 517.
— Neuzeitliche Riemenprüfung. Nach E. Pelckmann. 790.
— Spannungsprüfer s. „Installationswesen".

Digitized by Google

Pumpen s. Maschinenantrieb.

Quecksilberdampf-Gleichrichter siehe Gleichrichter.

Quellen-Nachweis, Vermittlungstelle für den technisch-wissenschaftlichen —. 23.

Rechtspflege (s. a. Gesetz, Patentwesen).
— Zum Begriff der „schadenverhütenden Einrichtungen" im Wasserrecht. Von C. v. d. Busch. 25.
— Recht und Gesetz in der Elektrizitätswirtschaft. Von G. Siegel. *869.
— Zur Frage einer Kodifikation des Elektrizitätsrechtes. Nach G. Siegel u. F. Rumpf. Von C. v. d. Busch. 825.
— Gehören die bei der Anlage von Fernleitungen vorkommenden Erdarbeiten dem Baugewerbe oder der Elektrotechnik an? Von C. v. d. Busch. 407.
— Zur Frage des Rechtscharakters der Schalttafeln einer Lichtanlage. Von C. v. d. Busch. 257.
— Wann ist eine Montagebaustelle „Betriebstätte" im Sinne des Gew.-Steuerrechts? Von C. v. d. Busch. 684.
— Ist vorläufige Vollstreckbarkeit von Zwangslizenz-Urteilen möglich? Von H. Herzfeld I. 185.
— Zur Frage der Behandlung des Stromlieferungsvertrages im Konkurse eines Großabnehmers. Von C. v. d. Busch. 540.
— Stromversorgung ist kein Warenhandelsunternehmen. Von C. v. d. Busch. 540.
— Der steuerrechtliche Charakter der Zuschüsse, die ein Stromabnehmer an ein Elektrizitätswerk zu den Anlagen zahlt. Von C. v. d. Busch. 257.
— Zur Frage des Zwischenhandelsprivilegs im Umsatzsteuerrecht. Von C. v. d. Busch. 539.
— Berechnung des Strompreises bei ländlichen Elektrizitätsgenossenschaften. Befugnis zur Stromsperre. Von C. v. d. Busch. 684.

Regelung (s. a. Anlasser, Heizung, Relais).
— Frequenzregelung für Netze mit Synchronuhren. Nach D. M. Thomas. 180.
— Selbsttätiger Spannungsregler. Nach P. Toulon. 213.
— Spannungsregler für den Licht- und Heizgenerator eines Triebwagens. 615.
— Selbsttätige Temperaturregler der Firma Buttermann & Schmidt. 319.
— Spencer-Temperaturregler. 594.
— SSW-Temperaturregler für Bügeleisen. 594.
— Einbau eines Temperaturreglers in elektrische Bügeleisen. 645.
— Die erste selbsttätige Kesselregleranlage in Frankreich. 476.
— Selbsttätige Kesselreglung auf elektrischem Wege. Nach M. Moeller. 516.
— Elektrischer Kesselregler. Nach F. Engel u. A. G. S. Sandison. 943.
— Selbsttätige Feuerführung und Dampferzeugung in Kraftwerken. 579.
— Feuerungsregelung s. a. „Feuerungsanlagen".

Reichsanstalt s. Prüfämter.

Reichspostzentralamt s. Forschungsinstitut.

Reichsverband der Elektrizitäts-Abnehmer (Rea). 219.

Reklame s. Lichttechnik, Werbung.

Relais (s. a. Schaltanlagen, Überstrom).
— Überstromrelais mit kurzschlußsicherem Strommesser. 361.
— Impedanzrelais als Selektivschutz für Freileitungen. Nach J. Stoecklin. 442.
— Betriebskontrolle von Erdschlußrelais. Nach E. Groß. 470.
— Relais für Schiffs-Sicherheitschaltung. 801.
— Relaistechnik auf der Leipziger Messe. 595.
— Amerikanische Straßenbeleuchtungs-Fernschaltanlagen. Nach R. W. Gilette. 251.

Riemenprüfung, Neuzeitliche —. Nach E. Pelckmann. 790.

Röhren (s. a. Funkwesen, Röntgenstrahlen, Physik).
— Neonröhren als ortsfeste Spannungsanzeiger. Nach E. W. Gorry. 581.
— Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren. Von M. Pirani. *889.
— Das Raumladenetz-Rohr als rückgekoppelter Widerstandsverstärker. Nach H. G. Baerwald. 820.

Röntgenstrahlen.
— Fahrbarer Röntgenapparat. 665.
— Klemmenspannung des Röntgenapparates mit rotierendem Gleichrichter. Nach G. Varga. 680.
— Hochfrequenz-Gleichrichteranlage mit selbsttätiger Konstanthaltung der Gleichspannung. Nach P. Hermanspann. 745.

Ruthsspeicher s. Wärmewirtschaft, Elektrizitätswerksbau.

Salzkratzer s. Förderanlagen.

Saugzug s. Maschinenantrieb.

Schalltechnik s. Techn. Akustik.

Schaltanlagen (s. a. Elektrizitätswerksbau, Freiluftanlagen, Schalter, Sicherung).
— Die Stromversorgungsanlage und die elektrischen Einrichtungen des Reichspostzentralamts. Von H. Stübler. *13. *50.
— Das Umspannwerk Jena des Thüringenwerks. Nach H. Kyser. 467.
— Schaltanlage des Kraftwerks West, Berlin. 567.
— Leuchtschaltbilder. Von F. Lindenstruth. *313.
— Schaltanlagen auf großen Fahrgastschiffen. *761. *800.
— Neonröhren als ortsfeste Spannungsanzeiger. Nach E. W. Gorry. 581.
— Deutscher Marmor für Schalttafeln. 339.

Schalter (s. a. Hochspannung, Überspannung).
— **Hochspannung.**
— Hochleistungsschalter ohne Öl. Von J. Biermanns. *299.
— Der Wasserschalter. *302.
— Allgemeine Theorie der Flüssigkeitsschalter. *499.
— Schaltleistung und Schaltarbeit. Von W. Kaufmann. *895.
— Der Expansionsschalter. Von F. Kesselring. *499.
— Löschung des Wechselstrom-Lichtbogens. Nach J. Slepian. 618.

Schalter.
— Gebrauch von Vakuumschaltern bei 48 kV in Amerika. 805.
— Aus der Entwicklung des Druckluftschalters. Von H. Helberger. Brf. 833.
— Freiluft-Ölschalter für 220 kV. 111.
— Ölschalter-Funkenlöscher für große Stromstärken. Nach A. Clerc. 178.
— 100 kV-Dreikesselschalter mit Kesselsenkvorrichtung für Außenanlagen. Von L. Kumlik. 322.
— Über die Antriebe von Hochspannungsapparaten. Von A. L. Müller. *225.
— Neuer Schalterantrieb der AEG. 595.
— Zusammenbau von Transformator und Trennschalter. 469.
— Freiluft-Trennschalter für 220 kV. 735.
— Lokomotiv-Freiluftschalter mit Preßluftlöschung. Nach F. Rampacher u. P. Weber. 182.
— Ballistischer Selbstschalter (Konstr.: H. Pécheur). Nach M. Boutin. 715.
— Schaltvorgänge s. „Hochspannung" u. „Überspannung".
— **Mittel- u. Niederspannung.**
— Schnellschalter für Bahnanlagen. 164.
— Beitrag zur Berechnung von Gleichstrom-Schnellschaltern. Nach W. H. Thompson. 434.
— Hochstrom-Selbstschalter für 4000 bis 20 000 A. 595.
— Ölschütze. 323.
— Bau von Motorschutzschaltern mit Rücksicht auf Motorschutz und Kurzschlußschutz. Von A. Cohn. *233. *283.
— Überstrom- und Rückstrom-Selbstschalter für Schiffskraftwerke. 764. 800.
— Neuzeitliche Selbstschalter. Von H. Besold. *350.
— Ein neuer Selbstschalter (25 A, 500 V). 333.
— Der Steckwart — ein neuer RWE-(Heinisch-Riedl-) Schutzschalter. Nach E. Besag. 331.
— Schutzschalter „Steckwart" (Heinisch-Riedl). 596.
— Schutzschalter der Firma Nostitz & Koch mit Heinisch-Riedl-Berührungsschutz. 330.
— Klöckner-Geräte. 321.
— Kleinselbstschalter der Firma Leihhausen & Co. 333.
— Das Schaltschütz Cutax Form B der Dr. Paul Meyer AG. 320.
— Untersuchung eines Bimetall-Selbstschalters. Nach M. Porchet. 20.
— Druckknopfschalter. 663.
— Aufbau und Bemessung magnetischer Blasanordnungen. Nach L. G. Riley. 469.

Schaltschrank, Kabelkasten oder —? Von A. Kastalski. 570.

Schaltvorgänge s. Hochspannung, Schalter, Überspannung, Theoret. Elektrotechnik.

Scheinwerfer s. Lichttechnik.

Schiffahrt.
— Die Elektrizität im Schiffbau. Nach A. C. Hardy. 21.
— Neuzeitliche Ausbildung von elektrischen Kraftwerken an Bord von Schiffen. Von E. Bohn. *761. *800.
— Drahtlose Fernlenkung von Fahrzeugen. 360.

Digitized by Google

Schiffahrt.
— Elektrischer Schiffspropeller-Antrieb Nach G. Bauer. 440.
— Turboelektrischer Propellerantrieb. Nach A. Kennedy u. R. A. Beckman. 806.
— Der Stand des Beleuchtungswesens im Seeverkehr. Nach F. Born. 61.
Schlamm zur Elektrizitätserzeugung. *199.
Schleusenventil, elektrisch angetriebenes. 475.
Schnellflechtmaschine s. Flechtmaschine.
Schütz s. Schalter, Bahnbau, Anlasser.
Schutzeinrichtungen s. Regelung, Relais, Schalter, Sicherung, Unfall usw.
Schwachstromtechnik s. Fernsprech- u. Telegraphenwesen, Meßverfahren, Signalanlagen usw.
Schweißen.
— Periodenumformer als Wechselstrom-Lichtbogen-Schweißmaschine. Von O. Neiß. *311.
— Lichtbogenschweißung in Amerika. Nach R. S. Marthens, C. C. Brinton u. F. T. Hague. 443.
— Stumpfschweißmaschine. 594.
— Gestehungskosten für geschweißte und gegossene Teile. Nach F. Siebel. 339.
— Verwendung von flüssigem Sauerstoff in Eisenbahnwerkstätten. Nach J. Oudet. 97.
Schwingungen (mechanischer Art).
— Die Auswuchtung rotierender Apparateteile. Von W. Späth. *86.
— Aufzeichnung schneller Schwingungen. Nach H. Thoma. 510.
— Hydraulische Dämpfung der Leitungsseilschwingungen. Von H. Thoma. *765.
— Hochfrequente mechanische Schwingungen (Ultraschallwellen). Nach F. L. Hopwood. 789.
— Seismographische Messungen der durch Straßenbahnwagen hervorgerufenen Bodenerschütterungen. 179.
— Isolierung gegen Schall und Erschütterungen. 371.
— — s. a. „Techn. Akustik".
— Beseitigung von Transformatorengeräuschen. Von W. Gerb. 581.
— Das Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung. 432.
Selbstanlasser s. Anlasser.
Selbstkosten s. Elektrizitätswerksbau, Kostenermittlung.
Selektivschutz s. Relais, Überstrom.
Sicherung.
— Wärmeträge Sicherungen. 595.
— Sparpatrone mit Berührungschutz. 663.
— Patronenschußsicherung. Nach J. P. Medlin. 715.
Signalanlagen.
— Die Signaleinrichtungen des Hoosac-Tunnels. Nach E. N. Fox. 217.
— Induktive Zugbeeinflussung und bestehende Streckensignal-Einrichtungen (Amerika). 217.
— Elektrische Zugbeeinflussung nach dem Code-System. Von A. Kammerer. *741.
— Optische Zugschlußmeldung. 721.
— Sicherung schienengleicher Wegübergänge. 720.
— Der drahtlose Weckanruf. Von A. Salmony. *575.
Sitzungskalender. 38. 70. 101. 152. 188. 221. 262. 294. 344. 373. 414. 446. 481. 522. 553. 590. 626. 653. 694. 725. 758. 833. 918. 950.
Sonderheft.
— Elektrotechnische Neuerungen für das Frühjahrs-Messeheft der ETZ. 23.
Spannungsprüfer s. Meßgeräte.
Spannungsregler s. Regelung.
Spannungsteiler (s. a. Hochspannung).
— Glimmstrecken-Spannungsteiler „Stabilisator". 598.
Speicher s. Elektrizitätswerksbau, Heizung, Wasserkräfte, Wärmewirtschaft.
Speisewasser s. Dampfkessel.
Spritzverzinkung. Nach K. Matzinger. 184.
Spulenwickelmaschinen von Froitzheim & Rudert. 340.
Statistik s. Bahnbau, Elektrizitätswerksbau, Wasserkräfte usw. und Abt. A V, Geschäftl. Mitteilungen.
Staubsauger.
— Staubsauger-Einrichtung, unter Hochspannung verwendbar. 336.
— Staubsauger und Teppichklopfer. 663.
Steuer s. Gesetze, Rechtspflege.
Steuerung s. Anlasser, Fernmessung, Maschinenantrieb, Regelung.
Störung s. Unfall.
Straßenverkehr (s. a. Automobil, Bahnbau).
— Das Licht im Dienste der Verkehrsregelung. Nach M. Krüger. 787.
Stroboskop s. Meßverfahren.
Stromabrechnung s. Elektrizitätswerksbau (Tarifwesen).
Tagung s. Kongresse.
Tarif s. Elektrizitätswerksbau.
Technische Akustik.
— Fortschritte des Jahres 1929 auf dem Gebiet der Technischen Akustik. 691.
— Richtwirkung von Strahlern. Nach H. Stenzel. 98.
— Die elektromagnetische Schallaufzeichnung. Von C. Stille. *449.
— Hochfrequente mechanische Schwingungen (Ultraschallwellen). Nach F. L. Hopwood. 789.
— Lautsprecher Gealion. Nach H. Benecke. 336.
— Verbesserungen an Lautsprechern. 665.
— Über Messungen an schalldämpfenden Materialien. Nach E. Meyer und P. Just. 97.
— Schall-Isolierungsmittel. 371.
— — s. a. „Schwingungen".
Telegraphenwesen (s. a. Funkwesen, Leitungen, Signalanlagen).
— Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs. Von E. Feyerabend. *135.
— Das Fernmeldewesen Deutschlands als Verbraucher elektrischer Energie. Von E. Feyerabend. *859.
— Die Mehrfachausnutzung der Leitungen. Von F. Lüschen. *140.
— Fortschritte der Telegraphentechnik. 688.
— Telegraphenkabel s. „Leitungen".
Telephonie s. Fernsprechwesen.
Temperaturregler s. Heizung, Ofen, Regelung.
Textilbetrieb s. Maschinenantrieb.
Theater s. Lichttechnik.
Theoretische Elektrotechnik (s. a. Hochspannung, Isolierstoffe, Magnetismus, Physik).
— Beitrag zur Theorie flächenhafter Wirbelströme. Nach W. Steidinger. 66.
— Schirmwirkung und Wirbelstromverluste eines hohlen kreiszylindrischen Leiters im magnetischen Wechselfeld. Nach H. Buchholz. 581.
— Über Dreh- und Wechselfelder. Nach L. A. Finzi. 788.
— Die Fortpflanzung elektrischer Wellen in Kabeln mit zwei Isolationsschichten. Nach N. H. Frank. 177.
— Über einen Fall von Einschaltvorgängen mit nicht konstanten Stromkreiskoeffizienten. Von J. Hak. *705.
— Über Kippschwingungen dreifacher Frequenz in magnetisch unverketteten Dreiphasentransformatoren. Nach R. Kiefer. 612.
— Formeln für Zylinderkapazitäten. Nach P. Mahlke. 218.
— Ein Lösungsverfahren für Potentialprobleme. Nach M. J. O. Strutt. 369.
— Über Kontaktwiderstände. Nach R. Holm. 515.
— „Entohmung". Von F. Emde. *533.
— Die gleichmäßige Verteilung einer Einphasenlast auf ein Dreiphasennetz bei derselben Frequenz in beiden Kreisen. Von H. Th. Berg. *601. *636.
— Zerlegung eines unsymmetrischen Dreiphasensystems in zwei symmetrische. Nach H. Nützelberger. 947.
— Die günstigste Spannung in Verteilungsnetzen mit Lichtbelastung. Nach W. Chrustschoff. 744.
— Die Berechnung von eisenlosen Drosselspulen. Von K. Faye-Hansen. *427.
— Spulen, Wanderwellen und Kathodenoszillograph. Nach H. Jacobs. 948.
— Magnetischer Fluß s. „Magnetismus".
Toleranz.
— Die Beurteilung elektrischer Maschinen und Apparate durch Toleranzen auf Grund statistischer Methoden. Nach R. Rüdenberg. Von P. Jacottet. *599. Bespr. 621.
Tonfilm s. Techn. Akustik.
Transformatoren u. Wandler (s. a. Drosselspule, Magnetismus, Öl usw.).
— Über die Größenkonstante des Transformators. Von C. Feldmann. Brf. 101.
— Die Kraftwirkungen der Transformatoren-Kurzschlußströme. Nach G. Benischke. 512.
— Überströme beim Einschalten von Transformatoren. Nach F. Ollendorff. 537.
— Über Kippschwingungen dreifacher Frequenz in magnetisch unverketteten Dreiphasentransformatoren. Nach R. Kiefer. 612.
— Kritische Bemerkung über den Garantiewert der Wicklungsverluste bei Großtransformatoren. Von E. Holzer. *451.
— Transformatorenberechnung mittels Nomogramms. Von E. Bihari u. G. Stein. *382. B. 469, 556.
— Übertragungsverhältnisse des Scott-Transformators. 603.
— Entwicklung des Manteltransformators aus dem Kerntransformator. 731.
— Frequenztransformation mittels wechselstrommagnetisierter Drosseln. Von K. Schmidt. *729.
— Stickstoff-Öltransformator. Nach G. A. Clark. 176.
— Westinghouse-Großtransformatoren. 213.

Digitized by Google

Transformatoren u. Wandler.
— Großtransformatoren in den V. S. Amerika. „Non-resonating"-Transformator. 805.
— Transformatorensatz für 1 Mill V gegen Erde. 947.
— Belastungsverhältnis - Kontrolltransformatoren. Nach F. F. Brand u. A. O. Stephens. 806.
— Regelbarer Transformator. 593.
— Lüftung von Transformatorenkammern. Von R. Baffrey. Brf. 554.
— — Von F. Sieber u. F. Heiles. Brf. 554.
— Beseitigung von Transformatorengeräuschen. Von W. Gerb. 581.
— Zusammenbau von Transformator und Trennschalter. 469.
— Ölumlaufpumpe für Transformatoren. 661.
— Die Beförderung von Transformatoren auf Eisenbahnen. 219.
— Differentialschutz bei veränderlichem Übersetzungsverhältnis. 596.
— Ein neuer Spannungstransformator für Höchstspannungen. Von A. Meyerhans. *17.
— Spannungswandler in Kaskadenschaltung für höchste Spannungen. Nach G. Keinath. 60.
— Hängender Kaskadenwandler. 597.
— Handleuchten-Schutzwandler der Firma Dr. Dietz & Ritter. 320.
— Universal-Schutzwandler. 362.
Transport s. Automobil, Bahnbau, Förderanlagen.
Transverter. 115.
Treibhaus s. Landwirtschaft.
Triebwagen s. Lokomotiven.
Turbine s. Dampf-, Wasserturbinen.

Überlandzentrale s. Elektrizitätswerksbau.
Überspannung (s. a. Hochspannung).
— Der Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen. Von E. Flegler. *73. *170.
— Der gegenwärtige Stand der Blitzschutzfrage. Von A. Matthias. Brf. 189.
— — Von E. Beck. Brf. 189.
— Schutz der Stationsausrüstung bei Hochspannungsleitungen. Nach K. B. McEachron. 515.
— Messung von Ausschaltüberspannungen mit dem Kathodenoszillographen. Nach G. Baust. 515.
— Messung betriebsmäßiger Überspannungen an Hochspannungs-Freileitungen. Nach W. W. Lewis. 748.
— Kabeldurchschläge infolge von Eigenschwingungen. Nach P. Mahlke. 177.
— Autovalve-Überspannungsableiter (v. Westinghouse). 93.
— Überspannungsschutz von Steuerungsleitungen. Nach E. F. W. Beck. 183.
Überstrom (s. a. Hochspannung, Relais, Schalter, Sicherung).
— Über die Vorausbestimmung der Kurzschlußströme in elektrischen Starkstromnetzen. Von R. Rüdenberg. *193.
— Praktische Methode zur Berechnung des Dauerkurzschlußstroms einfach gespeister Netze. Von F. Ollendorff. *194. *238. *269.
— Praktische Berechnungsmethoden für den Stoßkurzschlußstrom von Drehfeldmaschinen. Von P. Jacottet u. F. Ollendorff. *926.
— Netzmodell zur Bestimmung von Kurzschlußströmen. Nach J. C. v. Staveren. 908.

Überstrom.
— Die Kraftwirkungen der Transformatoren-Kurzschlußströme. Nach G. Benischke. 512.
— Überströme beim Einschalten von Transformatoren. Nach F. Ollendorff. 537.
— Impedanzrelais als Selektivschutz für Freileitungen. Nach J. Stoecklin. 442.
— Differentialschutz für Transformatoren mit veränderlichem Übersetzungsverhältnis. 596.
— Schutz von Motoren hinter Transformatoren in Zickzackschaltung. Von H. Franken. 176.
— Schutzmaßnahmen in Niederspannungsnetzen. Nach A. Mauduit. 468.
Überwachungsverein s. Dampfkessel.
Uhr.
— Neue elektrische Uhren. Von J. Baltzer. *45.
— Frequenzregelung für Netze mit Synchronuhren. Nach D. M. Thomas. 180.
— Schaltuhr für Beleuchtung von Geflügelställen. 334.
Umformer s. Elektr. Maschinen.
Unfall.
— Versuche über den Stromdurchgang durch den menschlichen Körper. 254. B. 416.
— Unfälle durch Schleichströme im Bergbau. 912.
Unterricht (s. a. Abt. A II, Persönliches).
— Besucherzahlen der deutschen Technischen Hochschulen. 371.
— Vorlesungen am Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung. 750.
— Fortbildungskursus der T.H. Hannover für Elektrowärmetechnik. 750.
— Vereinigung von Freunden der T. H. Darmstadt. 823.
— Zweite Überseewoche in Hannover. 370.
— Sommervorträge des Hauses der Technik in Essen. 477.
— Installateur-Fortbildungskursrs. 948.
— 25 Jahre Höhere Maschinen-Bauschule Magdeburg. 517.

Vakuumtechnik s. Meßgeräte, Physik.
Ventil, elektrisch gesteuertes. 663.
— s. a. „Schleusenventil".
Verband s. Kongresse u. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.
Verein s. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.
Verkehr s. Automobil, Bahnbau, Signalanlagen, Straßenverkehr.
Verpackung.
— Panzerwellpappe als Verpackungsmaterial. 342.
Verschiedenheitsfaktor s. Elektrizitätswerksbau (Betrieb).
Verstärker s. Funk- u. Fernsprechwesen.
Versuchsanstalt s. Forschungsinstitut.
Vorschriften s. Normen u. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.
Vorträge s. Sitzungskalender, Unterricht u. Abt. A IV, Vereinsnachrichten.

Walzwerk s. Hüttenwesen.
Wanderwellen s. Hochspannung.
Wandler s. Transformatoren.
Wärmeregler s. Regelung.
Wärmewirtschaft (s. a. Dampfkessel, Feuerungsanlagen, Elektrizitätswerksbau, Energiewirtschaft).

Wärmewirtschaft.
— Die Wirtschaftlichkeit von Hochdruck-Kraftwerken in den V. S. Amerika. 371.
— Wärmetechnische Vorträge in Tokio. 804.
— Ruthsspeicher als Wasserkraftreserve. Von Th. Stein. *807.
— Das Ruthswerk Charlottenburg der Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG. 909.
Warmwasserspeicher s. Heizung.
Waschmaschine (s. a. Heizung).
— Tempo-Waschmaschine. 595.
Wasserkräfte (s. a. Elektrizitätswerksbau, Energiewirtschaft).
— Die Leistungsteigerung bei Wasserkraftanlagen durch Pumpspeicherung. Nach F. Maier. Von K. Safranez. 99.
— Ruthsspeicher als Wasserkraftreserve. Von Th. Stein. *807.
— Wasserkrafttechnische Vorträge gelegentlich der Weltkraftkonferenz Tokio. 804.
— Die Wasserkräfte Deutschlands. Von E. Mattern. *839.
— Der Plan eines Speicherkraftwerks Egg bei Säckingen im Badischen Schwarzwald. Von K. Köbler. *457.
— Das Pumpspeicherwerk Herdecke. Von W. Kraska. *733.
— Arbeitspeicher in den Alpen. Von K. Krauß. *525. *573.
— Großwasserkraft-Anlagen in Österreich. 915.
— Projekt eines neuen Stauwehrs in der Donau. 824.
— Die Elektrizitätsversorgung Italiens. Von A. Taccani. *700.
— Die Wasserkräfte Schwedens und deren Ausnutzung. Von W. Borgquist. *879.
Wasserspeicher s. Heizung, Wasserkräfte.
Wasserturbine (s. a. Wasserkräfte).
— Wasserkraft - Kleinmaschine „Turbinamo". 593.
— Wasserdruckmessung im Saugrohr. 214.
Wasserwerk.
— Die Sicherung des Betriebes bei Wasserwerken mit elektrischem Antrieb. Von M. Gaze. *531.
Weibliche Ingenieure, Zusammenarbeit der —. 823.
Weltkraftkonferenz s. Kongresse.
Werbung (s. a. Lichttechnik).
— Der Rhythmus als ökonomisches Prinzip in der Lichtreklame. Von F. Pauli. *535.
— Grundlagen für die Beurteilung von Messen und deren Auswertung. Lit. 648.
Werkstatt (s. a. Materialkunde).
— Asphalt-Tauchkessel „Falcon". Nach H. O. Swoboda. 62.
— Spritzverzinkung. Nach K. Matzinger. 184.
Werkstoff s. Isolierstoffe, Materialkunde.
Wicklung s. Elektr. Maschinen usw.
Widerstand (s. a. Anlasser, Meßverfahren).
— Neubestimmung der internationalen elektrischen Widerstandseinheit. Nach H. v. Steinwehr u. A. Schulze. 440.
— Neue Schiebewiderstände. 597.
Winden s. Hebezeuge.
Wirbelstrom s. Theoret. Elektrotechnik, Elektr. Maschinen usw.

Digitized by Google

Wirtschaftspolitik (s. a. Elektroindustrie u. Abt. A V, Geschäftl. Mitteilungen).
— China als Elektromarkt. Von A. Friedrich. *345.
— Probleme und Perspektiven der englischen Elektroindustrie. Von A. Friedrich. *508.
Wörterbuch.
— Gesellschaft zur Herausgabe der Illustrierten Technischen Wörterbücher E. V. 823.

Zähler s. Elektrizitätszähler, Prüfämter.
Zahnräder.
— Wahl von Zähnezahl und Eingriffswinkel von Evolventen-Zahnrädern. Nach W. Vogel. 370.
Zeitschrift s. Sonderheft u. Abt. A III, Literatur.
Zugbeeinflussung s. Bahnbau.

II. Persönliches.

Auszeichnungen. 39. 70. 101. 374. 481. 522. 554. 695.
Hochschulnachrichten. 262. 295. 414. 446. 481.

Alexanderson, E. 552.

Bachrach, R. 481.
Bellaar Spruyt, J. G. †. 189.
Bergmeister, J. 101.
Biermanns, J. 39. 446.
Bigenwald, R. 794.
Blathy, O. 552.
Bohle. 552.
Borsig, C. v. 919.
Boucherot, P. 552.

Christiani, W. 551.

Déri, M. 552.
Dübendorfer, J. J. †. 39.

Edgcumbe, C. 552.
Enström, A. F. 552.
Ettingshausen, A. v. 554.

Feldmann, Cl. 551.
Ferranti, S. Z. de. †. 189.
Feuerlein, O. † 833
Flegler, E. 481.
Fleischmann, L. 101.
Freytag, F. 481.
Fuchs, F. 554.

Görges, H. 262.
Gumlich, E. †. 553.
Güntherschulze, A. 446. B. 484.

Hager, K. 522.
Hellmund, R. E. 374.
Heraeus, W. 39.
Heyland, A. 552.
Hirschmann, S. 101.

Janet, P. 552.
Jeratsch, G. 950.
Jewett, F. B. 552.

Kolben, E. 552.
Körbitz, E. 919.
Kremenezky, J. 374.
Kurda, K. †. 950.

Lang sen., W. 695.
Leser, W. M. 70.
Lombardi, L. 551.

Miller, O. v. 551. 694.
Mitkevic, V. F. 552.
Montanus, G. 481.

Niethammer, F. 552.
Nußbaumer, O. †. 373.

Pedersen, P. O. 552.
Plaß, L. 101.
Pleijel. 552.
Pupin, M. 551.
Purves, Th. 552.

Rosenberg, E. 552.
Rothert, A. 552.

Salomon, B. 695.
Scott, C. F. 374.
Sieg, E. 522.
Spiecker, A. 919.
Springer, F. 374.
Sulzberger, K. 553.
Sumec, J. 552.

Thury, R. 553.

Verebély, L. v. 295.
Vidmar, M. 553.
Voigt, H. 414.

Wagner, K. W. 259.
Warburg. 551.
Weger, M. 70.
Werner, F. 758.

Zehme, E. C. *921.
Zell, Cl. 522.
Zipernowski, K. 553.

III. Literatur.

Eingegangene Doktordissertationen. 71. 191. 223. 375. 415. 591. 735. 951.
Neue Zeitschriften.
— Bureau of Standards Journ. of Research. Von R. Swinne. 71.
— Das Kraftwerk. 191.
— Der Bautenschutz. 727.
— Die Elektroschweißung. Von J. C. Fritz. 591.
— Sécheron-Mitteilungen. 223.
— VES-Mitteilungen. 555.

Bücherbesprechungen.

Aachen 1929. Herausg. vom Verband Dt. Elektrotechniker. Von Dieterlein. 262.
Anleitung zum Bau von Schwachstromanlagen. Herausg. von der Mix & Genest AG. 8. Aufl. Von Filch. 656.
Atti del Congresso Internazionale dei Fisici, Como, Pavia u. Rom. Bd. 2. Von W. Bauer. 190.
Code for electricity meters. National Electric Light Association, 3. Aufl. Von G. Keinath. 262.
Deutsches Rundfunkschrifttum. 1. Jahrg., 1. Heft. Herausg. v. d. Reichs-Rundfunk-Gesellschaft. Von H. Dieterlein. 758.
DFTV contra Rundfunkstörungen. Der Kampf d. Dt. Funktechnischen Verbandes E. V. gegen d. Rundfunkstörungen. Von K. Mühlbrett. 626.
Die deutsche Elektrizitätswirtschaft. Herausg. v. Ausschuß z. Untersuchung d. Erzeug.- u. Absatzbedingungen d. dt. Wirtschaft. Von B. Thierbach. 682.
Hochdruckdampf II. Sonderheft d. VDI-Zeitschrift. Von W. Schultes. 447.
Meyers Lexikon, Bd. 9. Von W. Kraska. 835.
Mitteilungen aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt. Bd. 12. Von F. Moench. 727.
Stahl u. Eisen als Werkstoff. Bd. 1 bis 4. Herausg. v. Verein dt. Eisenhüttenleute. Von M. Escher. 222.
VDE-Fachberichte der XXXIV. Jahresvers. d. Verbandes Dt. Elektrotechniker in Aachen 1929. Von L. Binder. 446.
Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Herausg. durch das Generalsekretariat des VDE. 17. Aufl. Von Zaudy. 726.

Ahlburg, M., Die Steuerung der Materialbewegung in Fabriken mit Einzel- u. Massen-Fertigung. Von F. Kreide. 523.
Andler, K., Rationalisierung d. Fabrikation u. optimale Losgröße. Von Drescher. 39.

Baumbach, A., Kommentar z. Wettbewerbsrecht. Von H. Herzfeld I. 103.
Behrend, B. A., The induction motor and other alternating current motors. Von A. Thomälen. 758.
Benischke, G., Die asynchronen Wechselfeldmotoren. Von J. Kozisek. 919.
Bergmann, Leuchtmittelsteuer-Gesetz. Von C. v. d. Busch. 414.
Bleckmann, A., s. J. v. Himbergen.
Bode, F., Lehrb. zur Vorbereit. für d. Ablegung d. Gehilfen- u. Meisterprüfung im Elektro-Inst.-Gewerbe. 13. Aufl. Von K. Krohne. 222.
Boehm, B., s. W. Wechmann.
Bork, F., s. M. Siegerist.
Brunner, J. R., Elem. Lehrbuch d. Physik. 3. Aufl. Von J. Wallot. 919.
Bruns, O., u. K. Thiel, Die Wiederbelebung. Von Schilf. 483.
Bülz, F., Hebezeuge. 2. Aufl. Von C. Michenfelder. 447.
Bush, V., Operational circuit analysis. Von F. Ollendorff. 102.
Buttler, K., Aufgaben aus d. Fernmeldetechnik nebst Lösungen. Von Feige. 102.
Büttner, M., Die Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen. 4. Aufl. Von O. Helmer. 919.

Cammerer, I. S., Wirtschaftl. Isolierstärke bei Wärme- u Kälteschutzanlagen u. Wärmeabgabe isoliert. Rohre bei unterbroch. Betriebsweise. Von Rupnow. 102.
Casper, L., Einführ. in die komplexe Behandlung v. Wechselstromaufgaben. Von O. Löbl. 39.

Debye, P., Probleme d. modernen Physik. Arnold Sommerfeld z. 60. Geburtstage. Von R. Samuel. 554.
Demuth, W., Elektro-Porzellan, Herstellungsgang u. Konstr.-Beisp. f. Niederspannungs-Preßteile. 940.
Dreyfus, L., Die Stromwendung großer Gleichstrommaschinen. Von C. Trettin. 221.
Droste, H. W., Das Neumeyer-Hilfsbuch f. Kabel u. Leitungen. Von R. Apt. 414. B. 484.

Edholm, H., u. H. Edin, Undersökningar angaende elektrisk ensilering. Von Osten. 190.
Edin, H., s. H. Edholm.
Emanueli, L., High voltage cables. Von R. Apt. 295.
Eppen, F., Die Beseitigung d. Funkempfangs-Störungen. Von K. Mühlbrett. 626.
Erman, W., Wissenschaftl. Eigentum. Von H. Herzfeld I. 795.

Digitized by Google

Fernau, A., s. G. Spiegler.
Fladt, K., Gewöhnl. Differentialgleichungen. Von R. Rothe. 795.
Föllmer, R., s. M. Siegerist.
Frenkel, J., Einführ. in d. Wellenmechanik. Von H. Reichenbach. 190.
— Lehrbuch d. Elektrodynamik. Bd. 1 u. 2. Von W. O. Schumann. 481.
Frühling, H. G., Die Beleuchtung v. Innenräumen durch Tageslicht, ihre Messung u. ihre Berechn. nach d. Wirkungsgradmethode. Von W. Voege. 102.
Fuchs, F., Grundriß d. Funken-Telegraphie. 19. Aufl. Von K. Mühlbrett. 295.

Gehlhoff, G., Lehrbuch d. techn. Physik. Bd. 3. Von W. O. Schumann. 834.
Geiger, H., u. K. Scheel, Handbuch d. Physik. Bd. 4. Redig. v. H. Thirring. Von A. Smekal. 727.
— — Handbuch d. Physik. Bd. 20. Redig. v. H. Konen. Von Lux. 522.
— — Handbuch d. Physik. Bd. 21. Redig. v. H. Konen. Von W. Grotrian. 951.
Grünhagen, F., Der Vorrichtungsbau. II. Von Witt. 190.

Habann, E., Die neuere Entwickl. d. Hochfrequenzteleph. u. -telegr. auf Leitungen. Von P. Tätz. 795.
Hederich, H., Der Lizenzvertrag. 9. Aufl. Von H. Herzfeld I. 835.
Heinrich, W., Das Bürstenproblem im Elektromaschinenbau. Von R. Müller. 794.
Himbergen, J. v., A. Bleckmann u. A. Waßmuth, Das Einrichten von Halbautomaten. Von Witt. 102.

Illersperger, R., Die Praxis d. Beleuchtungswesens u. d. techn. Hilfsmittel d. Lichtreklame. Von L. Bloch. 414.

Kienzle, O., Kontrollen im Betriebe. Von Ludwig. 71.
Konen, H., s. Geiger u. Scheel.
Kosack, E., Elektr. Starkstromanlagen. 7. Aufl. Von Brion. 70.
Krohne, E., Die wirtschaftl. Erzeugung d. elektr. Spitzenkraft in Großstädten. Von H. Schulze. 446.
Krüger, H., Dampfturbinenschaufeln. Von W. Kieser. 627.
Kummer, W., Die wissenschaftl. Grundlagen d. Preisbildung für die elektr. Arbeit. Von R. Schneider. 482.
Kunze, W., s. E. Nesper.

Lang, A., Französ. Sprachführer f. d. Fernsprechweitverkehr. Von Buttler. 262.
Lischka, A., Was muß d. Maschineningenieur von d. Eisengießerei wissen? Von M. Escher. 375.
Lorch, W., u. Fr. Sommer, Rechnungswesen u. techn. Betrieb. Von O. Schulz-Mehrin. 591.
Loschge, A., s. W. Wien u. F. Harms.

Matschoß, C., Beiträge z. Geschichte d. Technik u. Industrie. Bd. 18. Von Winkler. 263.
Mix & Genest AG., Anleitung zum Bau v. Schwachstromanlagen. 8. Aufl. Von Filch. 656.
Monroy, J. A. v., Das Holz. Von F. Moll. 191.
Morelli, E., Costruzioni elettromeccaniche. Bd. 3. Von A. Fraenckel. 374.
Morgner, F. O., Die Heizerschule. 5. Aufl. Von Illies. 375.
Müller, H. R., Das Transportwesen in industr. Betrieben. 2. Aufl. Von C. Michenfelder. 222.
Münzinger, F., Berechn. u. Verhalten v. Wasserrohrkesseln. Von W. Schultes. 263.

Nesper, E., u. W. Kunze, Die Mehrfachröhre. Von H. Lux. 222.

Obermüller, H., Aluminium-Kokillenguß. Von Illies. 447.
Osann, B., Leitfaden f. Gießereilaboratorien. 3. Aufl. Von M. Escher. 103.

Patermann, K., Einführung in d. Telegraphentechnik. Von H. Reppisch. 590.
Pauling, H., Elektr. Luftverbrennung. Von K. Arndt. 221.
Pedersen, P. O., Wireless echos of long delay. Von F. Kiebitz. 222.
Prandtl, L., s. O. Tietjens.
Pricks, H., s. E. Roller.
Ptáček, V., Elektrotechnická Ročenka ESČ 1929 (Jahresbericht d. Elektrotechn. Vereins, Prag). Von G. W. Meyer. 627.
Pulgar, P. del, Teoria de los Campos electromagnéticos. Von A. Fraenckel. 414.

Reuter, F., Handbuch d. Rationalisierung. Von F. Meißner. 657.
Rogowski, W., Arbeiten aus d. Elektrotechn. Institut d. T. H. Aachen. Bd. 3. Von Winkler. 522.
Rühl, A., u. O. Ulrichs, Bestimm. über Anlegung u. Betrieb d. Dampfkessel. Nachtrag. Von Frantz. 223.

Salinger, R., Der Ingenieur in d. Elektro-Industrie. Von C. Weihe. 70.
Sauerwald, F., Lehrbuch d. Metallkunde d. Eisens u. d. Nichteisenmetalle. Von W. Guertler. 483.
Schait, H. F., Kompensierte u. synchronis. Asynchronmotoren. Von L. Schüler. 655.
Schanovski, G., u. L. Strach, Schnittgeschwindigkeitswerte, Vorschübe u. Bohrzeiten mit Schnellstahlbohrer. Von E. Rauscher. 482.
Scheel, K., s. H. Geiger.
Scheibe, K., Handb. d. Automatentechnik, System Fuld. 1. Teil. Von Göhre. 103.
Schluck, G., Chemisch-techn. Taschenlexikon. Von K. Arndt. 190.
Schrutka, L., Theorie u. Praxis d. logarithm. Rechenschiebers. 2. Aufl. Von H. Dieterlein. 627.
Schulz, E., Formeln für Entwurf u. Berechn. v. Gleichstrommaschinen, Drehstrom- u. Einphasenmotoren. 5. Aufl. Von M. Liwschitz. 414.
Schumacher, Auftriebsverhältnisse bei Feuerungen unter besond. Berücksicht. d. Gasfeuerstätten. Von Zinzen. 295.
Seiliger, M., Kompressorlose Dieselmotoren u. Semidieselmotoren. Von O. E. Vogt. 71.
Siegerist, M., u. F. Bork, Die neuzeitl. Vorkalkulation in Maschinenfabriken. 7. Aufl. Bearb. von R. Föllmer. Von H. Klein. 759.
Sommer, Fr., s. W. Lorch.
Spiegler, G., u. A. Fernau, Taschenb. d. medizin. Röntgen- u. Radiumtechnik. Von E. Schilf. 919.
Stellrecht, H., Die Belastbarkeit d. Wälzlager. Von W. A. Th. Müller-Neuhaus. 759.
Sternberg-Raasch, R., s. W. Vollbrecht.
Steuding, H., Messung mechan. Schwingungen. Von E. Oehler. 794.
Stiel, W., Elektrobetrieb in d. Textilindustrie. Von Schlink. 950.
Strach, L., s. G. Schanovski.
Streck, O., Aufgaben aus d. Wasserbau. 2. Aufl. Von A. Ludin. 591.
— Das Wasserschloß bei Hochdruckspeicheranlagen. Von Walch. 835.
Suman, J., Der Schutz d. industriellen Eigentums in Jugoslawien. Von H. Herzfeld I. 555.

Thiel, K., s. O. Bruns.
Thirring, H., s. H. Geiger u. K. Scheel.
Thomälen, A., Kurzes Lehrbuch d. Elektrotechnik. 10. Aufl. Von M. Liwschitz. 374.
Tietjens, O., Hydro- u. Aeromechanik nach Vorles. von L. Prandtl. Von Everling. 221.
Trenkmann, H., u. A. v. Königslöw, Die Bauteile d. elektr. Maschinen in 80 Tafeln. Von K. Elbel. 590.

Ulrichs, O., s. A. Rühl.

Vollbrecht, W., u. R. Sternberg-Raasch, Das Gas in d. deutschen Wirtschaft. Von P. Heck. 415.

Walter, M., Selektivschutzeinrichtungen für Hochspannungsanl. Von W. Gauster. 482.
Waßmuth, A., s. J. v. Himbergen.
Wechmann, W., u. B. Boehm, Der Eisenbahn-Elektrotechniker. I, H. 2. Von A. Winkler. 626.
Wien, W., u. F. Harms, Handbuch d. Experimentalphysik. Bd. 9, 2. Teil. Von A. Loschge. Von A. Zinzen. 834.
Winkler, O., Automobil-Reparaturen. Von W. A. Th. Müller-Neuhaus. 71.
Winzheimer, R., Übertragungstechnik. Von F. Lubberger. 295.

Zimmermann, H., Rechentafel nebst Samml. häufig gebr. Zahlenwerte. 10. Aufl. Von Fender. 263.

IV. Vereinsnachrichten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Kommissionen.

(E. vor der Seitenzahl bedeutet „Entwurf".)

Kommission für Anlasser u. Steuergeräte.
— Regeln f. d. Bewert. u. Prüf. von Anlassern u. Steuergeräten (Änd.). 520.
Kommission für Bahnwesen.
— Regeln f. d. Bewert. u. Prüf. von elektr. Maschinen u. Transform. auf Bahn- u. anderen Fahrzeugen. 25.
— Normbl.: Kauschen f. Drähte u. Seile; Klemmenhalter. 652.

Digitized by Google

Kommission für Erdung.
— Leitsätze f. Schutzmaßnahmen in Starkstromanl. m. Betriebspannungen unter 1000 V. 753.
Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften.
— Die neuen Vorschriften des VDE für die Erricht. v. Starkstromanl. mit Betriebspannungen unter 1000 V. Von R. Zaudy. *4.
— Leitsätze f. d. Bekämpfung von Bränden in elektr. Anlagen u. in deren Nähe. 793.
Kommission für Fernmeldetechnik.
— Regeln f. d. Bewert. u. Prüf. v. Anodenbatterien (Änd.). 622.
— Normbl. Galvan. Elemente: Trocken- u. Trockenfüllelemente, Naßelemente. 692.
— Normbl.: Schnüre. 585.
Kommission für Freileitungen.
— Bahnkreuzungsvorschr. für fremde Starkstromanlagen (Änd.). 260.
— Vorschr. f. d. Bau von Starkstrom-Freileitungen. 480.
— Sonderdruck: Seilverbinder u. Armaturen f. Starkstrom-Freileitungen. 622.
Kommission für Handgeräte.
— Vorschr. f. Geräte mit Kleinstmotoren. 220. 293.
— Vorschr. f. elektromedizin. Netzanschlußgeräte z. Galvanisation, Faradisation, Sinusstrombehandl., Glühkaustik u. Endoskopie. 152.
— Vorschr. f. Christbaum-Beleuchtungen. 692.
Kommission für Hochfrequenztechnik.
— Regeln f. d. Bau u. d. Prüf. v. Hochfrequenz-Heilgeräten (Änd.). 520.
— Vorschr. f. Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanl. (-netzen) in Verbind. stehen. E. 949.
Kommission für Hochspannungschaltgeräte.
— Regeln f. d. Konstr., Prüf. u. Verwend. von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten f. Schaltanlagen (Änd.). 826.
Kommission f. Installationsmaterial.
— Vorschr., Regeln u. Normen f. die Konstr. u. Prüf. von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung (Änd.). 69. 691.
— Prüf. d. mechan. Festigkeit d. Isolierteile v. Hauptleitungs-Abzweigkästen. 69.
— Leitsätze f. zweipolige Steckvorricht. mit Schutzkontakt f. Erdung, Nullung und Schutzschaltung. 753.
— Normbl.: Toleranzen u. Maßeintragung f. keramische Isolierteile; Zeichnungsbeispiele. E. 412.
Kommission f. Isolierstoffe.
— Leitsätze f. d. Lief. u. Prüf. von Rollenpreßspan. 622. 826.
— Leitsätze f. d. Prüf. von Hartpapierplatten. 692. 826.
— Leitsätze z. Prüf. von gewickelten Hartpapierrohren mit kreisförm. Querschnitt (Rundrohre). 692. 826.
— Normbl.: Tafelpreßspan. E. 918.
Kommission für Koch- u. Heizgeräte.
— Vorschr. f. Elektrowärmegeräte bis 750 V Betriebspannung. 101.
— Normbl.: Einzelkochplatten, Bratpfannen, Herdeinsätze, Kocher, Öfen, Bügeleisen. 293.
Kommission für Maschinen u. Transformatoren.
— Regeln f. d. Bewert. u. Prüf. v. Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen. 652.
— Normalbeding. f. d. Anschluß v. Motoren an öffentl. Elektrizitätswerke. 692.
Kommission für Schaltgeräte.
— Normbl.: Kabelschuhe. E. 186.
Kommission für Zähler.
— Regeln f. Elektrizitätszähler. 753.

Ausschüsse.

Ausschuß für Blitzableiterbau.
— Normbl.: Blitzableiter. 652.
Ausschuß für Normalspannungen.
— Spannungen f. elektr. Starkstromanlagen. E. 729.

Normblätter.

Neu erschienene DIN VDE-Normblätter. 188. 445. 652.
Entwürfe von DIN VDE-Normblättern.
— Blitzableiter: Trennstücke, Trennkupplung, Leitungshalter, Leitungsbefestigung, Verbindungstücke, Muffen, Holzböcke. 652.
— Einzelkochplatten, Bratpfannen. 293.
— Elektr. Bahnen: Kauschen f. Drähte u. Seile; Klemmenhalter. 652.
— Galvan. Elemente: Trocken-, Trockenfüllelemente, Naßelemente. 692.
— Herdeinsätze. 294.
— Kabelschuhe. 187.
— Kocher, Öfen, Bügeleisen. 294.
— Tafelpreßspan. 918.
— Toleranzen u. Maßeintragung f. keramische Isolierteile; Zeichnungsbeispiele. 412.

Prüfstelle des VDE.

Installations-Selbstschalter. 70. 413.
Plombierbare Hauptleitungs-Abzweigkästen. 188.
Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten. 480.
Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen. 220. B. 553. 833.
Firmenkennfäden für isolierte Leitungen. 220. 553. 653. 794.
Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens. 262. 373. 413. 522. 586. 757. 794.
Streichung von Genehmigungen. 262. 344. 480. 586. 694.

Verschiedenes.

Bericht über die Tätigkeit des Verbandes seit der letzten Jahresversammlung in Aachen 1929/30. 826.
Mitgliederbewegung. 832.
Jahresversammlung 1930. 691.
25jähriges Bestehen des Elektrotechnischen Vereins zu Breslau. 478.
Auskunftstelle des VDE zur Leipziger Messe. 344.
Gesellschaft zur Herausgabe der Illustrierten Technischen Wörterbücher. 826.
Neues Mitgliederverzeichnis. 540. 585. 622.
Bekanntmachungen.
— VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929. 37. 101.
— Neue Auflage des Vorschriftenbuches. 293.
Bekanntmachungen.
— Lieferung des „Jahrbuch d. Elektrotechnik 1927". 725. 753. 918.
— Broschüre über die Hochschultagung Dresden. 37.
— Lieferung von Einbanddecken für die ETZ. 186. 261. 293. 344. 373.
— Neu erschienene VDE-Vorschriften-Sonderdrucke. 188. 445. 652.
— VDE-Sonderdruck-Verzeichnis. 520. 540. 585.

Elektrotechnischer Verein.

Programm der Jubiläumsfeier. 37. 68.
Zum Goldenen Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins. Geleitworte von K. W. Wagner. *105.
Ein halbes Jahrhundert deutscher Elektrotechnik. Das fünfzigjährige Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins. Von E. C. Zehme. *348.
Festschrift des EV aus Anlaß seines 50jährigen Bestehens. 38. 68. 100. 344.
Rückblick auf die wichtigsten Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrotechnik im Jahre 1929. Von K. W. Wagner. *649. *685.
Ernennung von Ehrenmitgliedern und korrespondierenden Mitgliedern. 551.
Verleihung der goldenen Heinrich-Hertz-Medaille an K. W. Wagner. 259.
Kassenbericht für 1929. 584.
Mitgliedsbeitrag. 949.
Zugehörigkeit des EV zur Deutsch-Amerikanischen Handelskammer. 584. 620.
Bekanntmachung, betr. Vogelsang, Geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik. 258. 292.
Preisausschreiben des Kuratoriums der Zusatzstiftung zu Zeitlers Studienhaus-Stiftung. 480. 519.
Lesesaal für technische Zeitschriften u. Bücher. 519.
Bibliothek des EV, Liste der Zeitschriften. 916.

Einladungen.

Jahresversammlung. 152.
Ordentliche Sitzungen. 292. 445. 620. 752.
Außerordentliche Sitzungen. 408. 648. 792.
Fachsitzungen. 67. 100. 186. 258. 373. 540. 684. 725.
Vortrags- u. Dikuss.-Abend für jüngere Fachgenossen. 372. 519.
Technische Besichtigungen. 584. 752. 792. 826.

Sitzungsberichte.

24. V. 1929. 621.
19. XI. 1929. 258.
27. XI. 1929. (Festsitzung). 259.
17. XII. 1929. 292.
24. I. 1930. (Jubil.-Festsitzg.). 540.
28. I. 1930 (Jahresvers.). 408.
25. II. 1930. 584.
25. III. 1930. 685.
29. IV. 1930. 725.
27. V. 1930. 917.

Vorträge.

Vortragsreihe „Funktionentheorie". 220.
Arco, Georg Graf v., Kurzwellen-Phänomene und ihr Einfluß auf die drahtlose Nachrichtenübermittlung. *148.
Feyerabend, E., Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs. *135.
Haas, R., Deutsche Stromwirtschaft. *666.

Digitized by Google

Lüschen, F., Die Mehrfachausnutzung der Leitungen. *140.
Orlich, E., Gleichrichtung großer Wechselstromleistungen. *122.
Petersen, W., Entwicklung der Krafterzeugung und Kraftübertragung der letzten 50 Jahre in Deutschland. *107.
Reichel, W., Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn. *127. *164. *244. *354. *423. *461.
Rüdenberg, R., Die Beurteilung elektrischer Maschinen und Apparate durch Toleranzen auf Grund statistischer Methoden. *599. Bespr. 621.
Schloß, Bühnenbeleuchtung. *7.
Thury, R., Kraftübertragung auf große Entfernung durch hochgespannten Gleichstrom. *114.

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen (AEF).

Druckschriften und Tafeln des AEF. 38. 188. 373. 794.
Valenzladung. — Schreibweise physikalischer Gleichungen. — Arten der Reihenschaltung von Wicklungen. — Druckeinheiten. — Magnetische Größen. 586. 622.

Fremde Vereine und Verbände.

(S. a. Abt. A I, Kongresse u. Sitzungskalender.)

Dampfkesselüberwachungs-Vereine s. Abt. A I, Dampfkessel.
Dt. Braunkohlen-Industrie-Verein. 790.
Dt. Bunsen-Gesellschaft. 750.
Dt. Verband Techn.-Wiss. Vereine. 23.
Ges. zur Herausgabe d. Ill. Techn. Wörterbücher E. V. 823.
Lichttechnische Gesellsch. Karlsruhe. 914.
Reichsv. d. Elektriz.-Abnehmer (Rea). 219.
Verband d. Dt. Berufsgenossensch. 919.
Verband Dt. Patentanwälte. 25.
Vereinig. v. Freunden d. T. H. Darmstadt. 823.
Verein zur Überwachung d. Kraftwirtsch. d. Ruhrzechen. 517.
Zusammenschluß der weiblichen Ingenieure. 823.

V. Geschäftliche Mitteilungen.

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft 375.
Außenhandel (auch Marktverhältnisse, Handelsabkommen usw.).
— Britisch-Indien, Die Versorgung mit elektrotechnischen Erzeugnissen. 592.
— Deutschland 1929 (XI) 103. (XII) 263. 1930 (I) 415. (II) 555. (III) 695. (IV) 835.
— Deutschland (Der elektrotechnische Spezialhandel im Jahr 1929). 483.
— England 1929 (XI; XII) 448. (1. Vierteljahr) 728.
— Frankreich. 40.
— Italien. 920.
— Kanada. 40.
— Rußland (UdSSR). 628.
— V. S. Amerika (X; XI; XII). 524.
— V. S. Amerika, Die Elektroausfuhr der —. 759.

Bergmann-Elektricitäts-Werke AG., Berlin. 660.
Brown, Boveri & Cie. AG., Mannheim. 760.

Elektroindustrie.
— Die Elektroindustrie im Jahresbericht der Industrie- und Handelskammer zu Berlin für 1929. 72.
— Die deutsche Elektroindustrie im 4. Vierteljahr 1929. 192; im 1. Vierteljahr 1930. 660.
— Das elektrotechnische Geschäft der Engländer im Jahr 1929. 103.
— Frankreichs Elektroindustrie am Jahresbeginn. 628.
— Elektrostatistisches aus Japan. 592.
— Der Beschäftigungsgrad der nordamerikanischen Elektroindustrie im Jahr 1929. 524.
— Zur Lage der schweizerischen Elektroindustrie. 555.
— Die Elektroproduktion der V. S. Amerika im Jahr 1929. 952.
— Die Elektroproduktion der Welt. 483.

Geschäftswelt, Aus der —. 40. 263. 415. 483. 524. 592. 628. 695. 796. 835. 920. 952.
Glühlampenindustrie, Aus der —. 296.
— Aus der spanischen —. 40.

Kohlengewinnung Deutschlands im Jahr 1929, Die —. 376.

Leitungsdrahtfabriken, Syndikat und Kartell der —. 555.

Metallpreise (4. Vierteljahr 1929). 191. (1. Vierteljahr 1930). 728.

Rohstoffpreise im Jahr 1929, Die —. 448.

Siemens & Halske AG. 223.
Siemens-Schuckertwerke AG. 224.

Vorgänge im Ausland. 40. 72. 103. 796.

Digitized by Google

B. Namenverzeichnis.

Die Verfasser von Büchern sind nicht in diesem Verzeichnis, sondern unter Abteilung A III des Sachverzeichnisses aufgeführt. Persönliche Nachrichten siehe unter Abteilung A II.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die Schriftleitung. — Lit. = Buchbesprechung. — B. = Berichtigung. Bespr. = Besprechung. — Die Zeichen *, Brf., Lit., B. und Bespr. stehen vor der Seitenzahl.

Die Umlaute **ä, ö, ü** *und* **ae, oe, ue** *sind wie die einfachen Laute* **a, o, u** *behandelt; Worte mit Umlauten sind den gleichartigen Worten mit einfachen Lauten nachgestellt.*

Albrecht, C., s. B. Thierbach.
Alphen, H. C. v., Strahlungsmessung an Wolframlampen. 215.
Andersen, N., Flußverteilung in Wechselstrommagneten mit Kurzschlußringen. 90.
Apt, R. (Rezens.), L. Emanueli, High voltage cables. 295
— (Rezens.), H. W. Droste, Das Neumeyer-Hilfsbuch f. Kabel u. Leitungen. 414. B. 484.
Arco, G. Graf v., Kurzwellen-Phänomene und ihr Einfluß auf die drahtlose Nachrichtenübermittlung. *148.
Arndt, K., Die deutsche Elektrochemie als Stromverbraucher. *866.
— 6. Jahresbericht der Chemisch-Technischen Reichsanstalt. 403.
— Neuere elektrolytische Wasserzersetzer. Nach L. Vellard u. J. E. Noeggerath. 786.
— (Rezens.), G. Schluck, Chemisch-techn. Taschenlexikon. 190.
— (Rezens.), H. Pauling, Elektr. Luftverbrennung. 221.
Artweger, Amerikanische Drehstrom-Aufzugsmotoren mit Käfiganker. Brf. 726.
Asakura, K., Bahnelektrisierung in Japan. 807.
Ascher, H., Das Stubachwerk der Österreichischen Bundesbahnen. *169.
Auwers, O. v., Änderung der elektrischen Leitfähigkeit in starken Magnetfeldern. Nach P. Kapitza. 913.

Baader, A., Der Ölverbrauch eines Elektrizitätswerkes. 609.
Backhaus, K., Über die Einzelverluste und den Wirkungsgrad elektrischer Heißwasserspeicher. *377.
Baffrey, R., Lüftung von Transformatorenkammern. Brf. 554.
Baltzer, J., Neue elektrische Uhren. *45.
Bannwarth, A., Bau neuzeitlicher Großkraftwerke. *109.
Bard, O. W., Flugwegbezeichnung in Amerika. 819.
Barton, T. F., Zweiwicklungs-Generatoren. 175.
Baerwald, H. G., Das Raumladenetz-Rohr als rückgekoppelter Widerstandsverstärker. 820.
Bauer, G., Elektrischer Schiffspropeller-Antrieb. 440.
Bauer, W. (Rezens.), Atti del Congresso Int. dei Fisici. 190.
Baust, G., Messung von Ausschaltüberspannungen mit dem Kathodenoszillographen. 515.
Beck, E., Der gegenwärtige Stand der Blitzschutzfrage. Brf. 189.
— s. A. Matthias.
Beck, E. F. W., Überspannungschutz von Steuerungsleitungen. 183.
Beck, P., Über Detektoren. 182.
Beckert, F., Elektrische Kühlwasser- und Unterstellraum-Heizung für Kraftfahrzeuge. 364.
Beekman, R. A., s. A. Kennedy.
Benecke, H., Lautsprecher Gealion. 336.
Benischke, G., Die Kraftwirkungen der Transformatoren-Kurzschlußströme. 512.
Berg, H. Th., Die gleichmäßige Verteilung einer Einphasenlast auf ein Dreiphasennetz bei derselben Frequenz in beiden Kreisen. *601. *636.
Berger, W., Die Verwendung des sichtbaren und unsichtbaren Lichtes in der Heilkunde. 914.
Bergmann, M. E., Die Eisenwärme in elektrischen Kleinstmaschinen. 579.
— Elektrischer Kleinstmotor mit Nebenschluß-Charakteristik. *635.
Besag, E., Der Steckwart — ein neuer RWE-(Heinisch-Riedl-) Schutzschalter. 331.
Besold, H., Neuzeitliche Selbstschalter. *350.
Biermanns, J., Hochleistungsschalter ohne Öl. *299.
Bihari, E., u. G. Stein, Transformatorenberechnung mittels Nomogramms. *382. B. 469, 556.
Binder, L. (Rezens.), VDE-Fachberichte der XXXIV. Jahresvers., Aachen 1929. 446.
Blain, R., Neue Bauweisen im Linienbau. 476.
Blake, G. G., Messung psychischer Erregungszustände. 517.
Blaeß, V., Zeichnerische Integration gewöhnlicher Differentialgleichungen zweiter Ordnung. 183.
Bloch, L. (Rezens.), R. Illersperger, Die Praxis d. Beleuchtungswesens. 414.
Blondel u. Rey, Reichweite von Seefeuern. 61.
Bluhm, Vergrößerung der Leistungsfähigkeit und Anwendungsmöglichkeit von Meßgeräten durch Verwendung einfacher Hilfsmittel. *353.
Böhm, H., Ein graphisches Verfahren zur Ermittlung der Kosten von Neuanlagen für die einzelnen Baumonate. *419.
Bohn, E., Neuzeitliche Ausbildung von elektrischen Kraftwerken an Bord von Schiffen. *761. *800.
Borgquist, W., Die Wasserkräfte Schwedens und deren Ausnutzung. *879.
Born, F., Der Stand des Beleuchtungswesens im Seeverkehr. 61.
Bornand, Tauchglocken für elektrische Öfen. 747.
Boros, P., Selbstanlasser für Drehstrom- und Einphasen-Kurzschlußmotoren. *641.
Boese, R., Stromart und Regelbereich elektrisch angetriebener Saugzuganlagen. 743.
Boutin, M., Ballistischer Selbstschalter (Konstr.: H. Pécheur). 715.
Brand, F. F., u. A. O. Stephens, Belastungsverhältnis - Kontrolltransformator. 806.
Breckenridge, F. Ch., u. J. E. Nolan, Relative Sichtbarkeit der Lichtblitze von Neon-Lampen und von Glühlampen mit und ohne Rotfilter. 614.
Brinton, C. C., s. R. S. Marthens.
Brintzinger, H., Antrieb elektrischer Generatoren durch den Fahrwind. 822.
Brion (Rezens.), E. Kosack, Elektrische Starkstromanlagen. 70.
Brook, G. B., H. J. Simcox u. E. Wilson, Praktische Pyrometrie. 579.
Brooks, H. B., u. F. M. Defandorf, Experimentalstudien am Korona-Voltmeter. 512.

Digitized by Google

Buchholz, H., Schirmwirkung und Wirbelstromverluste eines hohlen kreiszylindrischen Leiters im magnetischen Wechselfeld. 581.

Bültemann, A., Chemisch-technologische Arbeiten im Dresdner Dielektrischen Institut. *629.

— Neue Erkenntnisse über die Betriebssicherheit von Hartpapier- und Preßmaterialien. 647.

Bungardean, T., s. C. Stoerk.

Busch, C. v. d., Zum Begriff der „schadenverhütenden Einrichtungen" im Wasserrecht. 25.

— Der steuerrechtliche Charakter der Zuschüsse, die ein Stromabnehmer an ein Elektrizitätswerk zu den Anlagen zahlt. 257.

— Zur Frage des Rechtscharakters der Schalttafeln einer Lichtanlage. 257.

— Gehören die bei der Anlage von Fernleitungen vorkommenden Erdarbeiten dem Baugewerbe oder der Elektrotechnik an? 407.

— Zur Frage des Zwischenhandelsprivilegs im Umsatzsteuerrecht. 539.

— Stromversorgung ist kein Warenhandelsunternehmen. 540.

— Zur Frage der Behandlung des Stromlieferungsvertrages im Konkurse eines Großabnehmers. 540.

— Berechnung des Strompreises bei ländlichen Elektrizitätsgenossenschaften. Befugnis zur Stromsperre. 684.

— Wann ist eine Montagebaustelle „Betriebstätte" im Sinne des Gew.-Steuerrechts? 684.

— Zur Frage einer Kodifikation des Elektrizitätsrechtes. Nach G. Siegel u. F. Rumpf. 825.

— (Rezens.), Bergmann, Leuchtmittelsteuer-Gesetz. 414.

Buttler (Rezens.), A. Lang, Französ. Sprachführer f. d. Fernsprechweitverkehr. 262.

Callsen, A., Der neue temperaturunabhängige Induktionszähler der Siemens-Schuckertwerke, eine einfache Lösung auf dem Gebiete des Temperaturfehler-Ausgleichs. *307.

— Die Flußverdrängung und Flußverlagerung im verzweigten magnetischen Kreis und ihre Bedeutung für den Induktionszähler. 818.

Carroll, J. S., u. B. Cozzens, Unmittelbare Bestimmung der Überschlagspannung von Kugel- und Spitzenfunkenstrecken. 93.

Chrustschoff, W., Die günstigste Spannung in Verteilungsnetzen mit Lichtbelastung. 744.

Churcher, B. G., C. Dannatt u. J. W. Dalgleish, Kontaktwirkungen zwischen Elektroden und Dielektrikum. 441.

Clark, G. A., Stickstoff-Öltransformator. 176.

Clerc, A., Ölschalter-Funkenlöscher für große Stromstärken. 178.

Cohn, A., Bau von Motorschutzschaltern mit Rücksicht auf Motorschutz und Kurzschlußschutz. *233. *283.

Colardeau, M. P., Die Zukunft des Oberleitungsomnibusses. 19.

Cozzens, B., s. J. S. Carroll.

Dalgleish, J. W., s. B. G. Churcher.

Dannatt, C., s. B. G. Churcher.

Dargenton, A., Über den Wirkungsgrad von Scheinwerfern. 91.

Dawes, C. L., H. H. Reichard u. P. H. Humphries, Ionisationsstudien in papierisolierten Kabeln. 19.

—, F. L. Hoover, H. H. Reichard, E. H. Salter, Messung der dielektrischen Verluste von Hochspannungskabeln. 214.

Decker, Schaltung zur Abhaltung von Sammelferngesprächen. 64.

Defandorf, F. M., s. H. B. Brooks.

Delanghe, G., Die Entwicklung des elektrischen Kraftwagens. 181.

Demmer, A., Erzeugung und Verwertung von Höchstdruckdampf in der Floridsdorfer Löffler-Anlage. 96.

Demuth, W., Elektro-Porzellan, Herstellungsgang und Konstruktionsbeispiele für Niederspannungs-Preßteile. 940.

Dettmar, G., Elektrizitätsversorgung Deutschlands. 206.

Dieterlein, H. (Rezens.), Aachen 1929. 262.

— (Rezens.), L. Schrutka, Theorie u. Praxis des logarithm. Rechenschiebers. 627.

— (Rezens.), Deutsches Rundfunkschrifttum. 758.

Dohrn, K., Die Elektrizität im deutschen Wirtschaftskörper. *871.

Dornhecker, K., Drehlichtbogen-Elektroden. Nach Evreinoff u. Tilney. 679.

Draeger, K., Das Rosenthal-Hochvolthaus für 2000 kV gegen Erde. *933.

Drescher (Rezens.), K. Andler, Rationalisierung d. Fabrikation u. optimale Losgröße. 39.

Dreyfus, L., Regelungsprinzip für Kaskadenschaltungen von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kommutatormaschinen. 942.

Durrer, R., Verfahren zur direkten Stahlerzeugung nach Flodin-Gustafsson. 615.

Duschnitz, B., Der Werdegang des elektrischen Lichtbogens. 816.

Ebel, Wirtschaftlichster Dampfdruck und Leistungsteigerung. 477.

Ebeling, A., Beratungs-Sprechverkehr (Konferenztelephonie) in Krankheitsfällen. 945.

Edgerly, H. S., s. H. K. Nock.

Eger, G., Die neuere Entwicklung der technischen Elektrochemie unter Bezugnahme auf große Anlagen für wässerige und schmelzflüssige Elektrolyse. *771. *809.

Eisner, F., u. H. Faßbender, Der gegenwärtige Stand der Technik und der Betriebsorganisation des deutschen Flugfunkwesens. *157. *201.

Elbel, K. (Rezens.), H. Trenkmann u. A. v. Königslöw, Die Bauteile der elektr. Maschinen in 80 Tafeln. 590.

Emde, F., „Entohmung". *533.

Engel, F., u. A. G. S. Sandison, Elektrischer Kesselregler. 943.

Ensbrunner, A., Nachruf auf O. Nußbaumer. 373.

Ernst, W. A., Störungen beim Betrieb von 1500 V-Bahn-Spannungsumformern. 941.

Escher, M. (Rezens.), B. Osann, Leitfaden f. Gießereilaboratorien. 103.

— (Rezens.), Stahl u. Eisen als Werkstoff. Herausg. v. Verein dt. Eisenhüttenleute. 222.

— (Rezens.), A. Lischka, Was muß d. Maschineningenieur v. d. Eisengießerei wissen? 375.

Esser, H., s. H. Gries.

Estorff, W., Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft (Vorwort). *777.

Everling (Rezens.). O. Tietjens, Hydro- u. Aeromechanik n. Vorles. v. L. Prandtl. 221.

Evreinoff s. K. Dornhecker.

Faßbender, H., s. F. Eisner.

Faye-Hansen, K., Die Berechnung von eisenlosen Drosselspulen. *427.

Feige (Rezens.), K. Buttler, Aufgaben a. d Fernmeldctechnik nebst Lösungen. 102.

Feldmann, C., Über die Größenkonstante des Transformators. Brf. 101.

Feller, M., Kabel-Einheitsdosen. 332.

Fender (Rezens.), H. Zimmermann, Rechentafel. 263.

Féry, Der chemische Vorgang im Bleiakkumulator. 403.

Feyerabend, E., Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs. *135.

— Das Fernmeldewesen Deutschlands als Verbraucher elektrischer Energie. *859.

Filch (Rezens.), Anleitung z. Bau v. Schwachstromanlagen. 656.

Finne, E., Das norwegische Gesetz über die betriebsmäßige Beaufsichtigung elektrischer Anlagen. 256.

Finzi, L. A., Über Dreh- und Wechselfelder. 788.

Fitze, M. E., Bestimmung der Feuchtigkeit von Dampf durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit. 470.

FitzGerald, A. S., s. C. H. Linder.

Flegler, E., Der Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen. *73. *170.

Forsell s. S. Halden.

Foerster, F., Die Messung der Durchschlagfestigkeit von Isolierölen im Betrieb. *452.

Foerster, F. A., DRP. Nr. 500 000. 915.

Fox, E. N., Die Signaleinrichtungen des Hoosac-Tunnels. 217.

Franck, S., Eichspannungen für Kugelfunkenstrecken. *778.

Fraenckel, A. (Rezens.), E. Morelli, Costruzioni elettromeccaniche. 374.

— (Rezens.), P. del Pulgar, Teoría de los Campos electromagnéticos. 414.

Frank, N. H., Die Fortpflanzung elektrischer Wellen in Kabeln mit zwei Isolionsschichten. 177.

Franken, H., Schutz von Motoren hinter Transformatoren in Zickzackschaltung. 176.

Fransén, Die staatlichen Kraftwerke Schwedens im Jahr 1929. 824.

Frantz (Rezens.), A. Rühl u. O. Ulrichs, Bestimm. über Anlegung u. Betrieb d. Dampfkessel. 223.

Friedrich, A., China als Elektromarkt. *345.

— Probleme und Perspektiven der englischen Elektroindustrie. *508.

Fritz, J. C. (Rezens.), Die Elektroschweißung. 591.

Fritzsche, C. H., Stand der Mechanisierung im Kohlenbergbau der V. S. Amerika. 63.

Fuchs, J., Das Verhalten kurzer Wellen in unmittelbarer Nähe des Senders. 475.

Gauster, W. (Rezens.), M. Walter, Selektivschutzeinricht. f. Hochspannungsanlagen. 482.

Gaze, M., Die Sicherung des Betriebes bei Wasserwerken mit elektrischem Antrieb. *531.

Gerb, W., Beseitigung von Transformatorengeräuschen. 581.

Geyger, W., Messungen an eisengeschlossenen elektrodynamischen Wechselstrom-Leistungsmessern nach der Kompensationsmethode. 61.

Digitized by Google

Giesbers, H., Rückkühlung des Kondensator-Kühlwassers durch Streudüsen. 442.
Gilette, R. W., Amerikanische Straßenbeleuchtungs - Fernschaltanlagen. 251.
Gloeckner, M. H., Der Bordpeilempfänger im Flugzeug. 92.
Göhre (Rezens.), K. Scheibe, Handb. d. Automatentechnik, System Fuld. 103.
Gorry, E. W., Neonröhren als ortsfeste Spannungsanzeiger. 581.
Gould, s. E. Schilf.
Gries, H., u. H. Esser, Magnetische Messungen an Eisenviel- und -einkristallen mit einem neuartigen magnetischen Spannungsmesser. 65.
Groß, E., Betriebskontrolle von Erdschlußrelais. 470.
Grotrian, W. (Rezens.), H. Geiger u. K. Scheel, Handb. d. Physik Bd. 21. 951.
Grumbrecht, A., u. M. Knepper, Schrapperförderung im Bergbaubetriebe unter Tage. 20.
Grünewald, H., u. C. Stoerk, Ein Verfahren, von Kappenisolatoren zu Untersuchungszwecken die Eisenkappen zu entfernen. 218.
Guertler, W. (Rezens.), F. Sauerwald, Lehrbuch d. Metallkunde d. Eisens u. d. Nichteisenmetalle. 483.

Haas, R., Deutsche Stromwirtschaft. *666.
— u. W. Braun, Stromwirtschaft in kleinen Stadt- und Landgemeinden. *56.
Hague, F. T., s. R. S. Marthens.
Hak, J., Über einen Fall von Einschaltvorgängen mit nicht konstanten Stromkreiskoeffizienten. *705.
Halden, S., Die wirtschaftlichen Ergebnisse der Elektrisierung der Staatsbahnstrecke Stockholm—Gotenburg. *571.
— Die elektrochemische Industrie Schwedens und deren Stromversorgung. Nach Forsell. *906.
Hamm, A., Die amerikanische Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1929. *937.
Hampton, W. M., Über Seefeuer-Optik. 61.
— Lichttechnische Berechnungen für Leuchtturmoptiken. 364.
Handel, P. v., Untersuchungen über quarzgesteuerte Schwingvorgänge. 914.
Hannig, F., Abraumförderbrücke mit Gleichstrombetrieb. 513.
Hardy, A. C., Die Elektrizität im Schiffbau. 21.
Härry, A., Anschluß elektrischer Wärmeapparate für den Haushalt in der Schweiz 1929. 479.
Härtig, Wirtschaftlichkeit der Rohkohlen-Förderarten aus Braunkohlen-Tagebauen. 790.
Hauffe, G., Theoretische Grundlagen der Blindverbrauchmessung im Dreileiter-Drehstromnetz mit Ferrariszählern. 612.
Haugwitz, O., Über die Herstellung von DM-Vierern. *797.
Heck, P. (Rezens.), W. Vollbrecht u. R. Sternberg-Raasch, Das Gas in d. deutschen Wirtschaft. 415.
Heiles, F., s. F. Sieber.
Helberger, H., Aus der Entwicklung des Druckluftschalters. Brf. 833.
Helmer, O. (Rezens.), M. Büttner, Die Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen. 919.
Herbst, F., Kübelförderanlage für Steinkohle. 679. B. 760.
Herczeg, A., Verlustwinkel- und Wirkungsgradmessungen mittels des thermischen Wattmeters. *421.
Hermanspann, P., Hochfrequenz-Gleichrichteranlage mit selbsttätiger Konstanthaltung der Gleichspannung. 745.
Herzfeld I, H., Internationale Patentanwaltstagung in Berlin. 25.
— Ist vorläufige Vollstreckbarkeit von Zwangslizenz-Urteilen möglich? 185.
— Muß der Heimatschutz ausländischer Warenzeichen im Zeitpunkt der deutschen Anmeldung bestehen? 186.
— Patentschutz auf den Philippinischen Inseln. 407.
— Verfügungsbefugnisse eines deutschen Konkursverwalters über österreichische Patentanmeldungen. 407.
— Wiedereinsetzung in den vorigen Stand wegen Versäumung der Berufungsfrist. 407.
— Holländische Entscheidung über Ausübungszwang von Patenten. 408.
— Mexicos Beitritt zu den Haager Abkommen. 408.
— Der erste Beschluß des großen Senats des Reichspatentamts. 479.
— Neue Bestimmungen über den Ausübungszwang in Spanien. 752.
— (Rezens.), A. Baumbach, Kommentar z. Wettbewerbsrecht. 103
— (Rezens.), J. Suman, Der Schutz des industr. Eigentums in Jugoslawien. 555.
— (Rezens.), W. Erman, Wissenschaftl. Eigentum. 795.
— (Rezens.), H. Hederich, Der Lizenzvertrag. 835.
Heyden, v. d., u. Typke, Über die Baadersche Bestimmung der Alterungsneigung von Isolierölen. *640.
Heyland, Synchronmotor mit gutem Anlauf, hoher Ausnutzung und stabiler Charakteristik. *767.
Hirschfeld, C. F., Modernisierung von Dampfkraftwerken. 444.
Hochberg, S. M., Der Magnetisierungstrom eines asynchronen Drehstrommotors, welcher ein Wechseldrehfeld besitzt. 361.
Hofer, K., Neuzeitliche Speisewasseraufbereitung. 749.
Höfer, M., Der Freileitungsmesser. *577.
Höhn, O., Projekt eines neuen Stauwehrs in der Donau. 824.
Hollfelder, E., Wirtschaftlicher elektrischer Kreiselpumpenantrieb bei kleinem Regelbereich. 474.
Hollingworth, J., u. R. Naismith, Ein tragbares Feldstärke-Meßgerät für hohe Frequenzen. 613.
Holm, R., Über Kontaktwiderstände. 515.
Holzer, E., Kritische Bemerkung über den Garantiewert der Wicklungsverluste bei Großtransformatoren. *451.
Hoover, F. L., s. C. L. Dawes.
Höpfner, K., Zweibandfernsprechen im dritten deutsch-schwedischen Fernsprech-Seekabel. 402.
— Versuche mit einem neuen Pupinisierungsystem mit erhöhter Grenzfrequenz und mit Phasenausgleich. 946.
Hoppe, F., Besondere Steckdosenstromkreise. 329.
Hopwood, F. L., Hochfrequente mechanische Schwingungen (Ultraschallwellen). 789.
Hoerner (Rezens.), E. Roller u. H. Pricks, Schulversuche z. Elektrizitätslehre. 295.
Hulburt, E. O., s. H. B. Maris.
Humphries, P. H., s. C. L. Dawes.
Hyland, L., Zünderabschirmung für Funkempfang im Flugzeug. 438.

Illies, H. (Rezens.), F. O. Morgner, Die Heizerschule. 375.
— (Rezens.), H. Obermüller, Aluminium-Kokillenguß. 447.
Inge, L., u. A. Walther, Durchschlag von festen Isolatoren. 788.
Isono, T., Asynchrone Blindleistungsmaschine. 807.

Jacobs, H., Spulen, Wanderwellen und Kathodenoszillograph. 948.
Jacottet, P., Die Beurteilung elektrischer Maschinen und Apparate durch Toleranzen auf Grund statistischer Methoden. Nach R. Rüdenberg. *599. Bespr. 621.
— u. F. Ollendorff, Praktische Berechnungsmethoden für den Stoßkurzschlußstrom von Drehfeldmaschinen. *926.
Jaeger, R., Eine Kompensationsmethode zur Messung schwacher Ströme. 681.
Jaekel, W., Die Mehrsprachen-Einrichtung der Berliner Weltkraftkonferenz. *873.
Jasse, E., u. E. Ziganke, Beitrag zur Nutenstreuung in elektrischen Maschinen. 401.
Jollyman, I. R., u. E. R. Staufacher, Bau und Betrieb von Höchstspannungsleitungen. 807.
Just, Die Flutlichtbeleuchtung im Abbau. 718.
Just, P., s. E. Meyer.

Kallmeyer, F. W., Über Detektoren. 182.
Kammerer, A., Elektrische Zugbeeinflussung nach dem Code-System. *741.
Kapitza, P., s. O. v. Auwers.
Kapp, R. O., Der 9. Jahresbericht der englischen Elektrizitätskommissare. 478.
— Zwei weitere Projekte des englischen Zentralamtes. 824.
Käppele, A., Elektrisches Einkochen. 471.
Kassjanoff, W. T., Der Hysteresisanlauf von Asynchronmotoren. 644.
Kastalski, A., Kabelkasten oder Schaltschrank? 570.
Kaufmann, W., Schaltleistung und Schaltarbeit. *895.
Keinath, G., Spannungswandler in Kaskadenschaltung für höchste Spannungen. 60.
— Verfahren zur genauesten Messung technischer Frequenzen. 435.
— (Rezens.), Code for electricity meters. 262.
Kennedy, A., u. R. A. Beekman, Turboelektrischer Propellerantrieb. 806.
Kesselring, F., Der Expansionsschalter. *499.
Kiebitz, F., Strahlung des Deutschlandsenders. 182.
— (Rezens.), P. O. Pedersen, Wireless echos of long delay. 222.
Kiefer, R., Über Kippschwingungen dreifacher Frequenz in magnetisch unverketteten Dreiphasentransformatoren. 612.
Kieser, W (Rezens.), H. Krüger, Dampfturbinenschaufeln. 627.

Digitized by Google

Kirke, W. B., s. H. R. Searing.
Kirschke, E., Fahrbare Bagger mit Stromzuführung durch Gummischlauchkabel. 329.
Klein, H. (Rezens.), M. Siegerist, F. Bork u. R. Föllmer, Die neuzeitl. Vorkalkulation in Maschinenfabriken. 759.
Knepper, M., s. A. Grumbrecht.
Köbler, K., Der Plan eines Speicherkraftwerks Egg bei Säckingen im Badischen Schwarzwald. *457.
König, C., Gleislose elektrische Bahnen oder Autobus? 911.
Kopp, H., Straßenbahnstromabnehmer und Rundfunkstörung. 472.
Körfer, C., Über Steinkohlenschwelkraftwerke. *397.
Kothny, E., Maße und Leistungen der Elektrolichtbogen-Öfen. 944.
Kotschubey, N. v., Eine fahrbare, bedienungslose Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Anlage. *697.
Köttgen, C., Weltkraftkonferenz Berlin 1930. *1.
Koetzold, B., Störung an einer Freileitung durch trockene Witterung. 537.
Kozisek, J. (Rezens.), G. Benischke, Die asynchronen Wechselfeldmotoren. 919.
Kraska, W., Die Elektrotechnik auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1930 außerhalb des HDE. *661.
— Das Pumpspeicherwerk Herdecke. *733.
— (Rezens.), Meyers Lexikon. Bd. 9. 835.
Krauß, K., Arbeitsspeicher in den Alpen. *525. *573.
Kreide, F. (Rezens.), M. Ahlburg, Die Steuerung der Materialbewegung in Fabriken mit Einzel- u. Massen-Fertigung. 523.
Kriéger, L. A., Funkenstreckenform und Öl-Durchschlagspannung. 817. B. 920.
Krines, s. Schmitt.
Kriz, St., Die Energieverluste an Lichtbogen-Elektrostahlöfen. 820.
Krohne, K. (Rezens.), F. Bode, Lehrb. zur Vorbereit. f. d. Ablegung d. Gehilfen- u. Meisterprüfung im Elektro-Inst.-Gewerbe. 222.
Krone, M., Transport und Verteilung elektrischer Arbeit. 208.
Krug, W., Eine Sprungschaltung für Sperr- und Zeitkreise für Kathodenstrahl-Oszillographen. *605.
Krüger, F., u. H. Plendl, Ausbreitung kurzer Wellen bei kleiner Leistung im 1000 km-Bereich. 438.
Krüger, M., Das Licht im Dienste der Verkehrsregelung. 787.
Kumlik, L., 100 kV-Dreikesselschalter mit Kesselsenkvorrichtung für Außenanlagen. 322.
Kyser, H., Das Umspannwerk Jena des Thüringenwerks. 467.

Lange, H., s. Fr. Wever.
Lassalle, M., Die Lage der Elektrizität erzeugenden und verteilenden Industrie in Belgien. *153.
Lawson, F. I., s. R. Wilkins.
Lehmann, Th., Berechnung des magnetischen Leitwerts im Luftspalt von Wechselstrommaschinen. 434.
Leng, L., Die Übertragungsverluste von langen Fernleitungen. *278.
Lewis, W. W., Messung betriebsmäßiger Überspannungen an Hochspannungs-Freileitungen. 748.
Liesen, Ed., Elektrische Rollfeldbeleuchtung für Flughäfen. 746.
Linckh, H. E., Bestimmung der Zusatzverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren. 818.
— u. R. Vieweg, Über das stroboskopische Noniusverfahren. 817.
Lindenstruth, F., Leuchtschaltbilder. *313.
Linder, C. H., C. E. Stewart, H. B. Rex u. A. S. FitzGerald, Fernmeßeinrichtungen der General Electric Co. 681.
Lingenfelser, H., Ein Modell zur Demonstration und zum Studium der Straßenbeleuchtung. 471.
Liwschitz, M. (Rezens.), A. Thomälen, Kurzes Lehrb. d. Elektrotechnik. 374.
— (Rezens.), E. Schulz, Formeln f. Entwurf u. Berechn. v. Gleichstrommaschinen, Drehstrom- u. Einphasenmotoren. 414.
Löbl, O. (Rezens.), L. Casper, Einführ. in die komplexe Behandl. v. Wechselstromaufgaben. 39.
Lohmann, H., u. C. Sieber, Elektrische Ringrohrübertragung. 470.
Lowin, K. P., Das Torfkraftwerk Schatura bei Moskau. *386.
Lubberger, F. (Rezens.), R. Winzheimer, Übertragungstechnik. 295.
Ludin, A. (Rezens.), O. Streck, Aufgaben aus d. Wasserbau. 591.
Ludwig (Rezens.), O. Kienzle, Kontrollen im Betriebe. 71.
Lüschen, F., Die Mehrfachausnutzung der Leitungen. *140.
Lux, H. (Rezens.), E. Nesper u. W. Kunze, Die Mehrfachröhre. 222.
— (Rezens.), H. Geiger u. K. Scheel, Handb. d. Physik. Bd. 20. 522.

Mahan, H. E., Flugplatzbeleuchtung in Amerika. 579.
Mahlke, P., Kabeldurchschläge infolge von Eigenschwingungen. 177.
— Formeln für Zylinderkapazitäten. 218.
Maier, F., s. K. Safranez.
Malandrin, M. M., u. Moniot, Triebwagen der Bahn La Mure—Gap. 614.
Maris, H. B., u. E. O. Hulburt, Theorie des Nordlichts und der magnetischen Stürme. 947.
Marquard, E., u. H. Reimers, Kennlinien für den Betrieb und Entwurf von elektrischen Kraftwagen. *81.
Marthens, R. S., C. C. Brinton u. F. T. Hague, Lichtbogenschweißung in Amerika. 443.
Mason, R. B., Der Einfluß des Eisens auf die magnetische Aufnahmefähigkeit des Aluminiums. 914.
Mattern, E., Die Wasserkräfte Deutschlands. *839.
Matthias, A., Der gegenwärtige Stand der Blitzschutzfrage. Brf. 189.
— Blitzforschungsstation in den Tennessee-Mountains in Amerika. Nach E. Beck. 785.
Matzinger, K., Spritzverzinkung. 184.
Mauduit, A., Schutzmaßnahmen in Niederspannungsnetzen. 468.
Mayer, A., Über den magnetischen Flußverlauf an schraubenförmigen Eisenkörpern. 722.
McEachron, K. B., Schutz der Stationsausrüstung bei Hochspannungsleitungen. 515.
Medlin, J. P., Patronenschußsicherung. 715.
Meißner, F. (Rezens.), F. Reuter, Handbuch d. Rationalisierung. 657.
Meller, R., Neue Schaltung für Wendepol-Einankerumformer. 512.
Mershon, A. V., Neue Anwendungen des elektrischen Mikrometers. 214.
Mertens, Fr., Hochspannungs-Quecksilberdampf-Gleichrichter zur Speisung von Röhrensendern. *305.
Meyer, E., u. P. Just, Über Messungen an schalldämpfenden Materialien. 97.
Meyer, G. W. (Rezens.), V. Ptáček, Elektrotechniká Ročenka ESČ 1929. 627.
Meyerhans, A., Ein neuer Spannungstransformator für Höchstspannungen. *17.
Michenfelder, C. (Rezens.), H. R. Müller, Das Transportwesen in industr. Betrieben. 222.
— (Rezens.), F. Bülz, Hebezeuge. 447.
Miller, O. v., Geleitwort zur Zweiten Weltkraftkonferenz, Berlin 1930. 837.
— s. Wöhrle.
Mitsuda, R., Quecksilber-Inverter. 806.
Moll, F. (Rezens.), J. A. v. Monroy, Das Holz. 191.
Moeller, M., Selbsttätige Kesselregelung auf elektrischem Wege. 516.
Moench, F. (Rezens.), Mitteilungen a. d. Telegraphentechn. Reichsamt. 727.
Moniot s. M. M. Malandrin.
Moricière, M. de la, Münzfernsprecher „Taxiphone“. 174.
Mörtzsch, F., Bäckereien als Stromabnehmer. 252.
— Der elektrische Haushalt in der Siedlung Römerstadt. 539.
— s. B. Thierbach.
Mühlbrett, K. (Rezens.), F. Fuchs, Grundriß d. Funken-Telegraphie. 295.
— (Rezens.), DFTV contra Rundfunkstörungen. 626.
— (Rezens.), F. Eppen, Die Beseitig. d. Funkempfangs-Störungen. 626.
Mulders, J. H. G., s. L. S. Ornstein.
Müller, A. L., Über die Antriebe von Hochspannungsapparaten. *225.
Müller, H., Die Herstellung von Fernleitungs-Sternvierern auf kombinierten Spinn- und Seilmaschinen. *454.
Mueller, H. F., s. B. Thierbach.
Müller, Rob. (Rezens.), W. Heinrich, Das Bürstenproblem im Elektromaschinenbau. 794.
Müller-Neuhaus, W. A. Th. (Rezens.), O. Winkler, Automobil-Reparaturen. 71.
— (Rezens.), H. Stellrecht, Die Belastbarkeit d. Wälzlager. 759.
Muralt, A. v., Die normale Stromdichte bei der Glimmentladung. 22.
Murphy, E. J., s. R. R. Williams.

Naismith, R., s. J. Hollingworth.
Neiß, O., Der Periodenumformer als Wechselstrom - Lichtbogen - Schweißmaschine. *311.
Nesper, E., Wickelkondensatoren. 475.

Digitized by Google

Neuhauss, H., Fortschritte in Metallurgie und Betrieb des Hochfrequenzofens. 474.
Niethammer, F., Die elektrischen Bahnen in der tschechoslowakischen Republik. *669. *708.
Nikuradse, A., Ein Hochspannungsvoltmeter. 250.
— Über Elektrizitätsleitung bei Feldstärken bis zu Entladungspannungen und Ionenkonstanten in dielektrischen Flüssigkeiten. 617.
— Dielektrische Flüssigkeiten bei hohen Temperaturen und hohen Spannungen. 821.
Nock, H. K., u. H. S. Edgerly, Die Kosten von Registrierinstrumenten. 539.
Noeggerath, J. E., s. K. Arndt.
Nolan, J. E., s. F. Ch. Breckenridge.
Norberg Schulz, Die Versorgung Norwegens mit elektrischer Arbeit für bürgerliche Zwecke. 431.
— Die Elektrizitätswirtschaft Norwegens. *885.
Nützelberger, H., Zerlegung eines unsymmetrischen Dreiphasensystems in zwei symmetrische. 946.

Ofverholm, I., Aus dem Betrieb der schwedischen Staatsbahnen. 806.
Ogden, H. R., Landeplatz- und Flugstreckenbeleuchtung. 513.
Oehler, E. (Rezens.), H. Steuding, Messung mechan. Schwingungen. 794.
Ohtsuki, T., Zur Erdung langer, mit Petersenspulen kompensierter Leitungen. 89.
Ollendorf, F., Praktische Methode zur Berechnung des Dauerkurzschlußstroms einfach gespeister Netze. *194. *238. *269.
— Überströme beim Einschalten von Transformatoren. 537.
— (Rezens.), V. Bush, Operational circuit analysis. 102.
— s. P. Jacottet.
Oman, C., Maximum-Fernzähler nach dem Impulsverfahren. 613.
Orlich, E., Gleichrichtung großer Wechselstromleistungen. *122.
— Die Frühjahrsausstellung im Hause der Elektrotechnik. *593.
Ornstein, L. S., D. J. Willemse u. J. H. G. Mulders, Untersuchungen über dielektrische Verluste von Transformatorölen. 253.
Osborne, H., Was ist unter der Erwärmungszeitkonstante einer elektrischen Maschine zu verstehen? *902.
Osten (Rezens.), H. Edholm u. H. Edin, Undersökningar angaende elektrisk ensilering. 190.
Oudet, J., Verwendung von flüssigem Sauerstoff in Eisenbahnwerkstätten. 97.
Owen, G. E., Dielektrische Verluste bei hohen Frequenzen. 746.

Paavola, M., Der dunkle Entladungsvorstrom in Luft von Atmosphärendruck. 748.
Pauli, F., Der Rhythmus als ökonomisches Prinzip in der Lichtreklame. *535.
Pécheur, H., s. M. Boutin.
Peter, O., Schienenstoßverbindung für elektrische Grubenbahnen. 474.
Petersen, W., Entwicklung der Krafterzeugung und Kraftübertragung der letzten 50 Jahre in Deutschland. *107.
— Entwicklung und Aufgaben der deutschen Energieversorgung. *849.
Peucker, A., Kraftwerksentwicklung bei den Elektrowerken, AG. *417.
Pfestorf, G., Über Elektroden für die Zwecke der Prüfung fester Isolierstoffe. *275.
Pflanz, K., Betriebsbeobachtungen am Einzelachsantrieb. 941.
Pirani, M., Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren. *889.
Plendl, H., s. F. Krüger.
Porchet, M., Untersuchung eines Bimetall-Selbstschalters. 20.
Prochoroff, S., Die Berechnung des Verschiedenheitsfaktors. *230.
Prüss, M., Über die Verwertung von Klärschlamm zur Elektrizitätserzeugung im rheinisch-westfälischen Industriegebiet. *199.
Przygode, A., 5. Grüne Woche Berlin 1930. 439.
— Die 9. Technische Tagung des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins. 790.
— Internationale Ingenieur-Tagungen in Japan 1929. *804.
Punga, F., u. L. Schön, Über den Betrieb einer Verschiebeanlage mit Lokomotiven für Wechselstrom von 50 Hz. *265.
Puttkammer, G., Die elektrotechnische Industrie in der preußischen Lehrlingstatistik von 1925. *57.

Race, H., Elektrische Leitfähigkeit in Hartgummi, Pyrexglas, geschmolzenem und kristallinem Quarz. 92.
Rampacher, F., u. P. Weber, Lokomotiv-Freiluftschalter mit Preßluftlöschung. 182.
Rauscher, E. (Rezens.), G. Schanovski u. L. Strach, Schnittgeschwindigkeitswerte, Vorschübe u. Bohrzeiten mit Schnellstahlbohrer. 482.
Rautenkrantz, Telephonwesen in Italien. 721.
Regler, F., Über Detektoren. 182.
Rehmer, M., Das Kraftwerk West der Berliner Städtische Elektrizitätswerke Akt.Ges. *485. *557.
Reichard, H. H., s. C. L. Dawes.
Reichel, W., Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn. *127. *164. *244. *354. *423. *461.
Reichenbach, H. (Rezens.), J. Frenkel, Einführ. in d. Wellenmechanik. 190.
Reimers, H., s. E. Marquard.
Reißaus, G. G., Über Detektoren. 182.
Reppisch, H. (Rezens.), K. Patermann, Einführ. in d. Telegraphentechnik. 590.
Rex, H. B., s. C. H. Linder.
Rey s. Blondel.
Rice, E. W., Entwicklung der Elektrizitätswerke in den V. S. Amerika. 805.
Richtera, L., Das Hochfrequenz-Ultramikrometer. 717.
Riley, L. G., Aufbau und Bemessung magnetischer Blasanordnungen. 469.
Riley, T. N., u. T. R. Scott, Isolieröle für Hochspannungskabel. 404.
Rittershaußen, A., Ein neuer kleiner Heißwasserspeicher. *12.
Roller, E., u. H. Pricks, Schulversuche z. Elektrizitätslehre. Von Hoerner. 295.
Rollet, M. A.-P., Der chemische Vorgang im Bleiakkumulator. 403.
Rollwagen, Eigene Krafterzeugung oder Strombezug. 360.
Rosenlöcher, P., u. E. Rühlemann, Äußere Einflüsse bei der Messung dielektrischer Verluste von Hartpapierdurchführungen. 363.
Rössiger, M., Die Messung der Horizontal- und der Vertikalintensität des erdmagnetischen Feldes mit dem Magnetron. 910.
Rothe, R. (Rezens.), K. Fladt, Gewöhnl. Differentialgleich. 795.
Rückwardt, H., s. B. Thierbach.
Rüdenberg, R., Über die Vorausbestimmung der Kurzschlußströme in elektrischen Starkstromnetzen. *193.
— s. P. Jacottet.
Rühlemann, E., s. P. Rosenlöcher.
Rumpf, F., s. C. v. d. Busch.
Rupnow (Rezens.), I. S. Cammerer, Wirtschaftl. Isolierstärke bei Wärme- und Kälteschutzanlagen u. Wärmeabgabe isol. Rohre bei unterbroch. Betriebsweise. 102.

Safranez, K., Die Leistungssteigerung bei Wasserkraftanlagen durch Pumpspeicherung. Nach F. Maier. 99.
Salmony, A., Der drahtlose Weckanruf. *575.
Salter, E. H., s. C. L. Dawes.
Samuel, R. (Rezens.), P. Debye, Probleme d. modernen Physik. 554.
Sandison, A. G. S., s. F. Engel.
Schaefer, H., Ein neuartiger Spannungsteiler für Hochspannung. *55.
Schaudinn, K., Fehlerquellen durch ungeeignete Schirmung bei Verlustziffermessungen. 910.
Schenfer, Cl., Der Lichtbogen bei niederfrequentem Wechselstrom. 581.
Schey, Elektrische Ausrüstung des Drehstrom-Lichtbogenofens. 402.
Schilf, E., Belebung Scheintoter durch Elektrizität. Nach Gould. 255.
— (Rezens.), O. Bruns u. K. Thiel, Die Wiederbelebung. 483.
— (Rezens.), G. Spiegler u. A. Fernau, Taschenb. d. mediz. Röntgen- u. Radiumtechnik. 919.
Schilling, W., Berechnung der Anfangspannung zwischen kantigen Elektroden in Luft. 515.
Schindler, W., Theoretische Ermittlung von Nummer, Gewicht und Isolationszunahme von Baumwollgarnen. 716.
Schirmann, M. A., Über den Einfluß der Gase im Glas auf lichttechnische Fragen. 942.
Schlink (Rezens.), W. Stiel, Elektrobetrieb in d. Textilindustrie. 950.
Schloß, Bühnenbeleuchtung. *7.
Schmidt, K., Frequenztransformation mittels wechselstrommagnetisierter Drosseln. *729.
Schmitt u. Krines, Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit von Aluminium- und Kupferseilen auf die Koronaverluste. 468.
Schneider, R., Die Verwendung der beim Trockenprozeß der Braunkohle gewinnbaren Überschußenergie in der Energiewirtschaft. 791.
— (Rezens.), W. Kummer, Die wissenschaftl. Grundlagen d. Preisbildung f. d. elektr. Arbeit. 482.
Schneider, W., Seismographische Messungen der durch Straßenbahnwagen hervorgerufenen Bodenerschütterungen. 179.

Digitized by Google

Schön, L., s. F. Punga.
Schönborn, H., Die lichttechnischen Eigenschaften der Trübgläser. 436.
Schöne, Erzeugung von Überschußenergie in Braunkohlenbrikettfabriken bei Anwendung von Hochdruckdampf. 791.
Schönherr, G., Die Sprechtechnik und ihre Verwendung im Fernsprechbetrieb. 616.
Schüler, L. (Rezens.), H. F. Schait, Kompensierte u. synchronisierte Asynchronmotoren. 655.
Schulgin, W. M., Der Wehnelt-Unterbrecher als Generator elektromagnetischer Schwingungen. 22.
Schultes, W. (Rezens.), Hochdruckdampf II. 447.
— (Rezens.), F. Münzinger, Berechn. u. Verhalten v. Wasserrohrkesseln. 263.
Schultze, K., Eigene Krafterzeugung oder Strombezug. 359.
Schulze, H., Über die Wirtschaftlichkeit des Einbezuges der im Kraft-Heizbetrieb erzeugten elektrischen Arbeit in die Großkraft-Fernversorgung. *41.
— (Rezens.), E. Krohne, Die wirtschaftl. Erzeugung d. elektr. Spitzenkraft in Großstädten. 446.
Schulz-Mehrin, O. (Rezens.), W. Lorch u. Fr. Sommer, Rechnungswesen u. techn. Betrieb. 591.
Schumann, W. O. (Rezens.), J. Frenkel, Lehrb. d. Elektrodynamik. 481.
— (Rezens.), G. Gehlhoff, Lehrbuch d. techn. Physik Bd. 3. 834.
Scott, T. R., s. T. N. Riley.
Searing, H. R., u. W. B. Kirke, Verminderung der Verluste im Bleimantel von Einleiterkabeln. 249.
Sequenz, H., Reihenwicklungen mit toten Spulen oder halbblinden Stegen. 249.
— Verfahren zur Widerstandsmessung bei Gleichstrommaschinen. *736.
Sherman, R. D., Prüfungen an Papier-Bleikabeln. 644.
Siebel, F., Gestehungskosten für geschweißte und gegossene Teile. 339.
Sieber, C., s. H. Lohmann.
Sieber, F., u. F. Heiles, Lüftung von Transformatorenkammern. Brf. 554.
Siegel, G., Recht und Gesetz in der Elektrizitätswirtschaft. *869.
— s. C. v. d. Busch.
Simcox, H. J., s. G. B. Brook.
Slepian, J., Löschung des Wechselstrom-Lichtbogens. 618.
Smekal, A. (Rezens.), H. Geiger u. K. Scheel, Handbuch d. Physik Bd. 4. 727.
Somaini, G., System der Energierückgewinnung bei Gleichstromfahrzeugen. 181.
Späth, W., Die Auswuchtung rotierender Apparateteile. *86.
Sperry, Meßverfahren zur Aufzeichnung der Fehlerstellen verlegter Fahrschienen. 517.
Stauffacher, E. R., s. I. R. Jollyman.
Staveren, J. C. v., Netzmodell zur Bestimmung von Kurzschlußströmen. 908.
Steidinger, W., Beitrag zur Theorie flächenhafter Wirbelströme. 66.
— Zur Berechnung der Stromwärme in Ankerleitern. 818.
Stein, G., s. E. Bihari.
Stein, Th., Ruthsspeicher als Wasserkraftreserve. *807.
Steinwehr, H. v., u. A. Schulze, Neubestimmung der internationalen elektrischen Widerstandseinheit. 440.
Stenzel, H., Richtwirkung von Strahlern. 98.
Stephens, A. O., s. F. F. Brand.
Stern, W., Neue Anzeige- und Registriermethoden in der Fernmeßtechnik. *77.
Stewart, C. E., s. C. H. Linder.
Stille, C., Die elektromagnetische Schallaufzeichnung. *449.
Stoecklin, J., Impedanzrelais als Selektivschutz für Freileitungen. 442.
Stoerk, C., u. T. Bungardean, Messung der Eigenzeit eines Klydonographen mittels Wanderwellen bekannter Zeitdauer. *676.
— s. H. Grünewald.
Strecker, K., 25 Jahre Schriftleiter der ETZ. *921.
Strigel, R., Ein Glühkathoden-Gleichrichter für hohe Spannungen. 785.
Strutt, M. J. O., Ein Lösungsverfahren für Potentialprobleme. 369.
Stübler, H., Die Stromversorgungsanlage und die elektrischen Einrichtungen des Reichspostzentralamts. *13. *50.
Swinne, R. (Rezens.), Bureau of Standards Journ. of Research. 71.
Swoboda, H. O., Asphalt-Tauchkessel „Falcon". 62.

Taccani, A., Die Elektrizitätsversorgung Italiens. *700.
Tamm, R., Rückkopplung über die gemeinsame Anodenspannungsquelle einer Verstärkerkette. *631.
Tätz, P. (Rezens.), E. Habann, Die neuere Entwickl. d. Hochfrequenzteleph. u. -telegr. auf Leitungen. 795.
Theiss, E., Die Entwicklung der Kraftübertragungs- und Verteilungsleitungen in Ungarn. 66.
Thierbach, B., Die Brennstoffe Deutschlands. *845.
— Vergleichsgrundlagen für den Elektrizitäts- und Gasverbrauch im Haushalt. Nach H. F. Mueller u. F. Mörtzsch. 91.
— Die Elektrizitätsversorgung von Haushaltungen in Berlin. Nach H. Rückwardt u. C. Albrecht. 99.
— Die neuen Statistiken der VdEW. Lit. 184.
— Die deutsche Elektrizitätswirtschaft im Jahr 1928. 291.
— Organisationsfragen der deutschen Elektrizitätswirtschaft im Spiegel des Enqueteberichts. 682.
Thoma, H., Aufzeichnung schneller Schwingungen. 510.
— Hydraulische Dämpfung der Leitungseilschwingungen. *765.
Thomälen, A. (Rezens.), B. A. Behrend, The Induction Motor and other alternating current motors. 758.
Thomas, D. M., Frequenzregelung für Netze mit Synchronuhren. 180.
Thompson, W. H., Beitrag zur Berechnung von Gleichstrom-Schnellschaltern. 434.
Thury, R., Kraftübertragung auf große Entfernung durch hochgespannten Gleichstrom. *114.
Tilney s. K. Dornhecker.
Toby, H., Die Vorgänge am System Halbleiter—Leiter. 403.
Toepler, Max., Zur Spannungsmessung aus Funkenbildung zwischen Kugeln. *777.
Totten, A. I., Aus dem Betrieb der amerikanischen Bahnen. 806.
Toulon, P., Selbsttätiger Spannungsregler. 213.
— Luft-Lichtbogen-Gleichrichter mit Funkenzündung. 578.
Treiber, E., Erweiterung des Murg-Schwarzenbach-Werkes. 400.
Trettin, C. (Rezens.), L. Dreyfus, Die Stromwendung gr. Gleichstrommaschinen. 221.
Truhel, C., Die Schlagwettersicherheit der elektrischen Lokomotivförderung. 943.
Tschiassny, L., Hochspannungs-Kabelprüfanlagen mit Induktionsregler. *392.
Tüngethal, W., Baustellenbeleuchtung durch Scheinwerfer. 364.
Typke s. v. d. Heyden.

Varga, G., Klemmenspannung des Röntgenapparates mit rotierendem Gleichrichter. 680.
Vellard, L., s. K. Arndt.
Verebély, L. v., Die Elektrisierungsarbeiten der ungarischen Staatsbahnen. 819.
Vierling, A., Tragbare Kabeltrommeln für Meßleitungen. 289.
Vieweg, R., s. H. E. Linckh.
Voege, W. (Rezens.), H. G. Frühling, Die Beleucht. v. Innenräumen durch Tageslicht. 102.
Vogel, W., Wahl von Zähnezahl und Eingriffswinkel von Evolventen-Zahnrädern. 370.
— Weitere Untersuchungen im oberschlesischen Bergbau betr. Schleichströme und Erdungen. 912.
Vogt, O. E. (Rezens.), M. Seiliger, Kompressorlose Dieselmotoren u. Semidieselmotoren. 71.
Voigt, H., Zeitzeichen. Brf. 726.
Voß, P., Die Elektrotechnik im Rahmen der Leipziger Technischen Messe. *297.

Wagner, K. W., Zum Goldenen Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins. *105.
— Rückblick auf die wichtigsten Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrotechnik im Jahre 1929. *649. *685.
Walch (Rezens.), O. Streck, Das Wasserschloß bei Hochdruckspeicheranlagen. 835.
Waldorf, S. K., Verstärkeroszillograph. 179.
Wallot, J. (Rezens.), J. R. Brunner, Elem. Lehrbuch d. Physik. 919.
Walther, A., s. L. Inge.
Wanger, W. Stromverdrängung im Ankerstreufeld. 611.
Warren, A. G., Beseitigung der Verzerrung von Übertragungsleitungen. 616.
Warszawski, Z., Kontaktgebevorrichtung zur Überwachung von Walzenstraßen. 911.
Weber, H. G., Welche Spannung ist dem Menschen gefährlich? 290.
Weber, P., s. F. Rampacher.
Weihe, C. (Rezens.), R. Salinger, Der Ingenieur in d. Elektro-Industrie. 70.
Weiset, M., Thermische Vorgänge in papierisolierten Hochspannungskabeln bei wechselnder Belastung. *922.
Weiß, E., Die Eignung von Kabeln zur Verlegung. 249.
Wellmann, Das Ruthswerk Charlottenburg der Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG. 909.

Digitized by Google

Wetzel, J., Untersuchung über die Lichtverteilung von Beleuchtungskörpern. 90.

Wever, F., Eisenlose Induktionsöfen. 912.

— u. H. Lange, Zur technischen Anwendung des Differentialeisenprüfers. 538.

Wilkins, R., u. F. I. Lawson, Trägerstrom-Telephonie für Elektrizitätswerke mit einem Seitenband. 821.

Willemse, D. J., s. L. S. Ornstein.

Williams, R. R., u. E. J. Murphy, Untersuchung von Textilfaserisolation. 789.

Wilson, E., s. G. B. Brook.

Windel, W., Begriffe und Bezeichnungen für Untersuchungen und Berechnungen auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft. *738.

Winkler, A. (Rezens.), W. Wechmann u. B. Boehm, Der Eisenbahn-Elektrotechniker. 626.

Winkler, G. H. (Rezens.), C. Matschoß, Beiträge z. Geschichte d. Technik u. Industrie. 263.

— (Rezens.), W. Rogowski, Arbeiten a. d. Elektrotechn. Institut der T. H. Aachen. 522.

Witt (Rezens.), J. v. Himbergen, A. Bleckmann u. A. Waßmuth, Das Einrichten v. Halbautomaten. 102.

— (Rezens.), F. Grünhagen, Der Vorrichtungsbau. 190.

Witte, H., Erzwungene Schwingungen in Elektronenröhrenkreisen. 822.

Wöhrle, Das Gutachten Dr. Oskar von Millers über die Reichselektrizitätsversorgung. Lit. 904.

Woods, D. C., Die Elektrisierung des flachen Landes in Frankreich. 723.

Zaudy, R., Die neuen Vorschriften des VDE für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V. *4.

— (Rezens.), Vorschriftenbuch d. Verb. Dt. Elektrotechniker. 726.

Zehme, E. C., Ein halbes Jahrhundert deutscher Elektrotechnik. *348.

Zentralverband der dt. elektrot. Industrie, Die elektrotechnische Industrie und die Elektrisierung Deutschlands. *855.

Zeppernick, G., Amerikanische Schrappertechnik. 216.

Ziganke, E., s. E. Jasse.

Zimmermann, E., Gleislose Industriewerkbahn. 782.

Zinzen, A. (Rezens.), Schumacher, Auftriebsverhältnisse bei Feuerungen unt. bes. Berücks. d. Gasfeuerstätten. 295.

— (Rezens.), W. Wien u. F. Harms, Handbuch d. Experimentalphysik Bd. 9, II. 834.

Zipernovszky, F., Zur Lage der ungarischen Elektrizitätswirtschaft. 292.

Zuck, E. S., Strompreissenkung und Stromabsatzsteigerung. 478.

Druck von H. S. Hermann. G. m. b. H., Berlin SW 19.

Digitized by Google

Digitized by Google

Engineering Library

JAN 27 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

C. Köttgen, **Weltkraftkonferenz Berlin 1930.** 1

R. Zaudy, **Die neuen Vorschriften des VDE f. d. Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 Volt.** 4

Schloß, **Bühnenbeleuchtung.** 7

A. Rittershaußen, **Ein neuer kleiner Heißwasserspeicher.** 12

H. Stübler, **Die Stromversorgungsanlage und die elektr. Einrichtungen des Reichspostzentralamts.** 13

A. Meyerhans, **Ein neuer Spannungstransformator für Höchstspannungen.** 17

Rundschau:

Elektrisierung der Schweizerischen Bundesbahnen. 19

Die Zukunft des Oberleitungsomnibus. 19

Ionisationsstudien in papierisolierten Kabeln. 19

Untersuchung eines Bimetall Selbstschalters. 20

Schrapperförderung im Bergbaubetriebe unter Tage. 20

Die Elektrizität im Schiffbau. 21

Der Wehnelt-Unterbrecher als Generator elektromagnetischer Schwingungen. 22

Die normale Stromdichte bei der Glimmentladung. 22

M. A. N.-Gegenlauf-Dampfturbine System Ljungström. 22

Vermittlungsstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellennachweis. 23

Elektrotechnische Neuerungen. 23

Energiewirtschaft. 23

Rechtspflege. 25

Gewerblicher Rechtschutz. 25

Vereinsnachrichten. 25. **Bekanntmachung des VDE.** 25

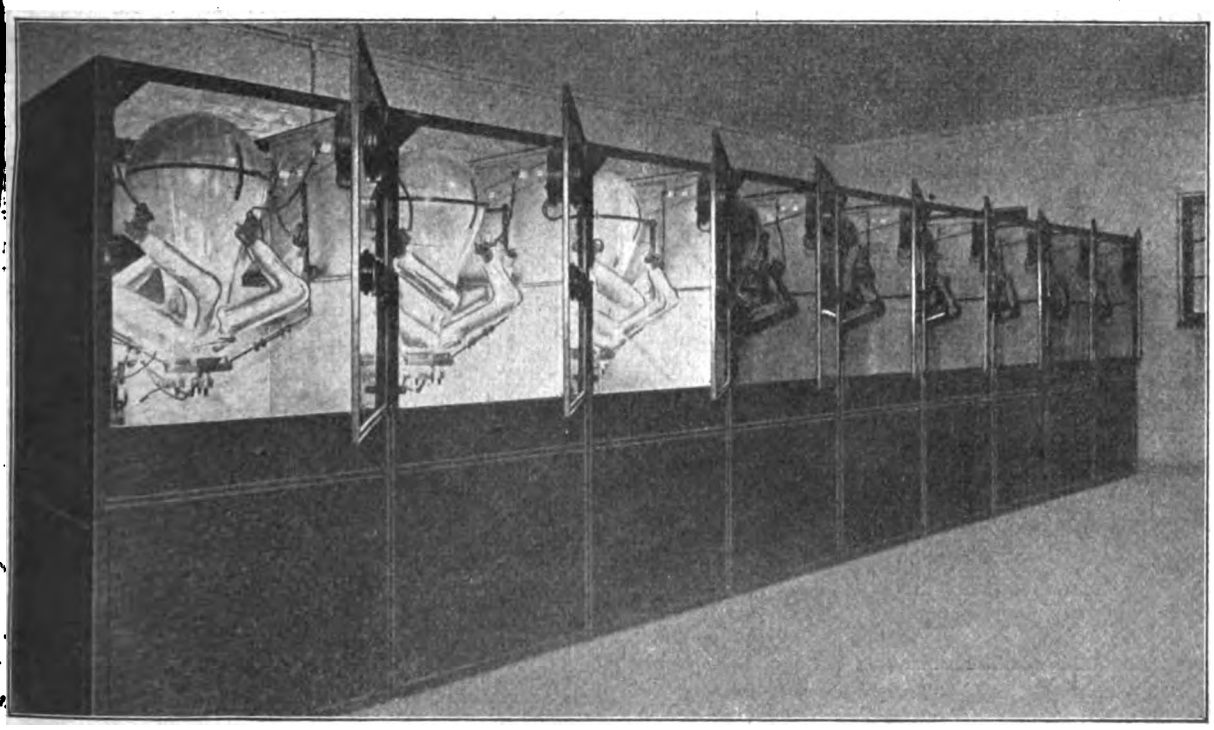
Persönliches. 38

Literatur. L. Casper. — K. Andler. 39

Geschäftliche Mitteilungen. 40

Bezugsquellenverzeichnis. 40

AEG **Quecksilberdampf-Glasgleichrichter**



Gleichrichterstation Eibsee der Zugspitzbahn 1650 V Gleichspannung

Verlangen Sie Preisliste Q/V 3

1. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9

(1-40) 2. JANUAR 1930

Das ETZ-MESSEHEFT erscheint am 27. Februar 1930

Digitized by Google

TEFAG

KLEIN
REIHEN
SCHALTER

FÜR
POST-UND
HAUSVERKEHR

WEINBERG

★TELEPHON FABRIK BERLINER★

AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN-STEGLITZ SIEMENSSTR. 27

ISOLATIONEN im KRAFTNETZ

db

Angaben
unabhängig von
der Meßspannung
und
Drehgeschwindigkeit.

Meßbereiche
bis 10 000 Megohm
bei Spannungen
bis 2500 Volt.

Generalvertrieb:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

prüfen Sie mit MEGGER

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 2. Januar 1930 | Heft 1

Weltkraftkonferenz Berlin 1930.

Von Dr.-Ing. E. h. **Carl Köttgen**, Vorsitzendem der Zweiten Weltkraftkonferenz.

Vom 16. bis 25. VI. 1930 tagt in Berlin die Zweite Weltkraftkonferenz, die größte technisch-wirtschaftliche Veranstaltung, die bisher in Deutschland stattgefunden hat.

Die Geschichte der Kulturvölker läßt sich 6000 Jahre, einschließlich der vorgeschichtlichen Zeit sogar um ein Vielfaches dieser Periode zurückverfolgen. Mühsam mußte der Mensch der Natur einen Fortschritt nach dem anderen abringen, und nur langsam erreichte er den heutigen Stand der Zivilisation, der, gemessen an der Menschheitsgeschichte, zum weitaus größten Teil jung, furchtbar jung ist; denn nicht allzu fern liegen die Zeiten, in denen man noch Kienspan zum Leuchten brauchte, in denen Wärme nur durch Verbrennen von Holz zu erzielen war und zur Krafterzeugung nur menschliche und tierische Kräfte und höchstens einfache Wasserräder dienten.

Die Entwicklung ist in den letzten Jahrzehnten mit Riesenschritten vorwärts gegangen. In der Kohleverwertung entstanden neue, ungeahnte Möglichkeiten; die flüssigen Treibstoffe gelangten in Verbindung mit den Verbrennungsmotoren zu einer Weltgeltung, und das Gas wurde zu einem treuen, nicht mehr zu missenden Diener des Menschen. Wir lernten, die Kräfte des Dampfes ungeheuer zu steigern, und wir erlebten den Siegeszug der Elektrizität, die unser menschliches Leben in einschneidender Weise beeinflußt hat.

Gerade bei letzterer lassen sich die Segnungen, welche die Energie der Menschheit brachte, am deutlichsten erkennen. Der elektrische Strom spendet uns Licht von einer Helligkeit und Klarheit, wie man sie früher bei künstlichen Lichtquellen nie gekannt hatte. In Kraft verwandelt, hebt er die schwersten Lasten, befördert Menschen und Waren durch den Raum, entlastet Mensch und Tier von der schweren körperlichen Arbeit vergangener Jahrhunderte. Die Elektrizität gibt uns die Möglichkeit, durch den Äther drahtlos von Erdteil zu Erdteil zu sprechen und zu sehen.

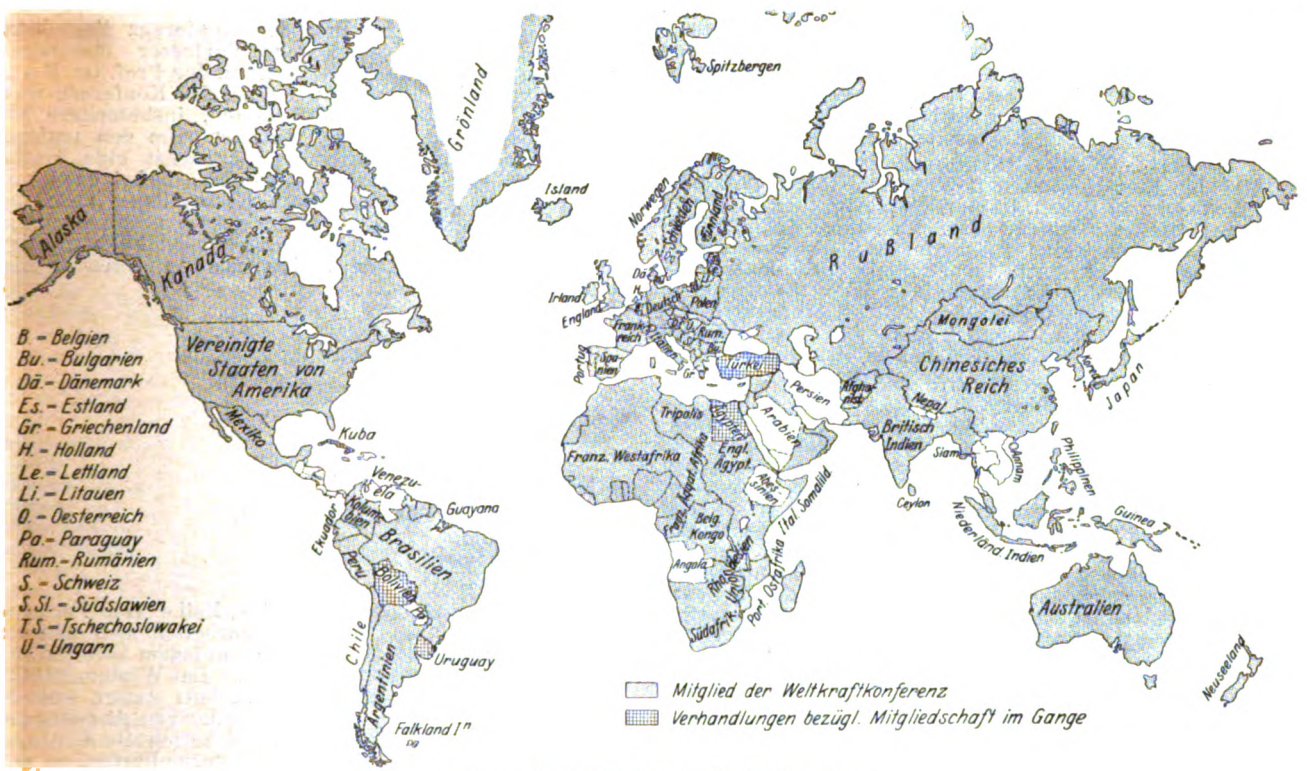


Abb. 1. Mitgliedsländer der Weltkraftkonferenz.

Wärme spendet uns das Gas, unsere Schiffe treibt der Dampf über die Ozeane, die Entwicklung des Kraftwagens, der Schnellverkehr durch die Lüfte mit Flugzeugen und Luftschiffen sind nur durch eine außerordentlich gesteigerte Erzeugung von flüssigen Treibstoffen möglich gewesen.

Diese wenigen Beispiele zeigen, wie eng die Energie mit dem modernen Kulturmenschen verbunden ist, wie jeder Mensch heute auf ihre Verwendung angewiesen ist zu seinem eigenen und seiner Mitmenschen Vorteil.

Die zwei Grundpfeiler unserer Energiewirtschaft — Brennstoffe und Wasserkräfte — sind ungleichmäßig über die Erde verteilt. Es gibt Länder und Erdteile mit

Digitized by Google

großen Brennstoffvorkommen, andere, die reich an Wasserkräften sind, und wiederum andere, die bar jeder Energievorräte ihr Dasein fristen müssen. Das Bestreben der modernen Energiewirtschaft muß es jedoch sein, alle Teile des Erdballes zu Nutznießern der alles erhaltenden Energie zu machen. Eine derartige Aufgabe weist weit über die Landesgrenzen hinaus; sie ist eine überstaatliche Angelegenheit, die nur in internationaler Zusammenarbeit gelöst werden kann.

Die Zeiten sind vorbei, in denen jedes Land ängstlich die Grenzen für die Ein- oder Ausfuhr von Kohle oder Öl sperrte. Internationale Verflechtungen auf dem Gebiete der Energiewirtschaft haben alle Völker der Welt einander nähergebracht und an der besten Ausnutzung der Energievorräte des Erdballes interessiert. Ungezählte Fachleute sind in allen Ländern bemüht, die Menschheit weiter vorwärts zu bringen. Es wäre aber ein Nonsens, sollte jedes Land mit neuem Aufwand ungeheurer Mittel noch einmal die gleichen Wege gehen müssen, die andere Länder bereits gegangen sind, um zu den neuesten Erkenntnissen vorzudringen. Die weitgehende Spezialisierung und das andauernde Fortschreiten auf allen Gebieten der Technik machen vielmehr einen regelmäßigen internationalen Austausch der jüngsten Erfahrungen und Anregungen notwendig. Das kann nicht besser als durch ein persönliches Zusammentreffen der beteiligten Fachleute aller Länder der Welt geschehen.

Für das so außerordentlich wichtige und umfangreiche Gebiet der Energiewirtschaft hatte England unter Führung D. N. Dunlops den glücklichen Gedanken, 1924 zur Weltreichsausstellung in Wembley die Erste Weltkraftkonferenz nach London zu berufen. Diese Idee fand in der ganzen Welt starken Widerhall, und zwar leisteten damals schon 40 Länder, darunter auch Deutschland, der Einladung Großbritanniens Folge. Das Ergebnis dieser Veranstaltung übertraf die Erwartungen bei weitem. Die eingereichten Vorträge fanden ihren Niederschlag in dem fünfbändigen Kongreßwerk „Transactions of the First World Power Conference“ dessen Umfang 6423 Seiten, enthaltend 305 Berichte und eine große Anzahl von Diskussionsreden, beträgt.

Der Ersten Weltkraftkonferenz, welche das gesamte Gebiet der Energiewirtschaft abtastete, folgte 1926 eine Teilkonferenz in Basel, die der Wasserkraftnutzung und Binnenschiffahrt gewidmet war. Im Herbst 1928 fand in London eine weitere Teilkonferenz, die sogenannte „Brennstofftagung“ statt; im Frühjahr 1929 hatte Spanien aus Anlaß der Eröffnung der Weltausstellung in Barcelona zu einer Teilkonferenz über Wasserkrafterschließung eingeladen. Endlich sah der ferne Osten im Herbst 1929 eine Teilkonferenz in den Mauern der Stadt Tokio, und zwar zu gleicher Zeit mit dem ebenfalls dort tagenden Weltingenieurkongreß.

Für die Zweite Vollkonferenz ist vom Internationalen Hauptausschuß der Weltkraftkonferenz der ehrenvolle Auftrag an Deutschland ergangen, die ganze energiewirtschaftlich interessierte Welt nach Berlin einzuladen. Der Internationale Hauptausschuß ist — das mag in diesem Zusammenhange bemerkt werden — die oberste Vollzugsgewalt der Weltkraftkonferenz, ein Gremium, in welches jedes Land seine erlesensten Vertreter entsendet, in welchem bei Abstimmungen jedoch jeder Staat nur eine Stimme hat. Die Mitglieder des Internationalen Hauptausschusses sind meist die Vorsitzenden des in jedem Land bestehenden Nationalen Komitees der Weltkraftkonferenz, dem die gesamte Organisation der Beteiligung an Weltkraftkonferenzen in dem betreffenden Staate obliegt. Es besteht auch die Vorschrift, daß Berichte zur Weltkraftkonferenz nur durch diese Nationalen Komitees, die meist aus Vertretern der Regierung und anerkannter Verbände sowie hervorragenden Persönlichkeiten auf dem Gebiete der Energiewirtschaft bestehen, eingereicht werden können. Hierdurch soll das Niveau gewahrt und insbesondere vermieden werden, daß bei der Weltkraftkonferenz Phantasieprodukte einzelner Köpfe, reine Firmenpropaganda usw. vorgetragen werden.

Das Deutsche Nationale Komitee hat nunmehr für den 16. bis 25. Juni 1930 alle Mitgliedsländer der Weltkraftkonferenz — praktisch fast die ganze Welt (s. Abb. 1) — nach Berlin eingeladen, um auf dieser nach sechs Jahren stattfindenden Vollkonferenz wieder einmal das gesamte Gebiet der Energiewirtschaft zu behandeln. Nachdem die Teilkonferenzen der letzten Jahre sich eingehend mit der Energiegewinnung befaßt hatten, wird das Hauptthema der Berliner Konferenz die Energieverteilung und -verwendung sein. Dabei soll weniger auf die rein technische Seite der Energieversorgung eingegangen werden; hierfür sind ja die bestehenden, rein fachlich orientierten nationalen und internationalen Vereinigungen die gegebenen Organisationen. Die Weltkraftkonferenz will vielmehr hauptsächlich die wirtschaftliche Seite der Kraftversorgung behandeln. Sie greift außerdem dadurch über die reinen Fachkongresse weit hinaus, daß sie Fachleute der verschiedenen Teilgebiete der Energieversorgung aus aller Welt zusammenführt, um gemeinsam miteinander und mit den Vertretern der Wissenschaft und Wirtschaft die neuesten Fortschritte und Erfahrungen auszutauschen. Außerdem ist aber die Weltkraftkonferenz die Plattform, von der aus die Energiewirtschaft zur breitesten Öffentlichkeit sprechen und damit bei allen interessierten Kreisen Verständnis für die brennendsten Fragen erwecken will, die aus dem raschen Fortschritt der Technik für Wirtschaft und Verwaltung entstehen. So nehmen an der Weltkraftkonferenz teil führende Persönlichkeiten nicht nur der Technik, Wissenschaft und Industrie, sondern auch der Regierungen und Kommunalbehörden, der Parlamente, der Wirtschaft, der Finanz, des Erziehungswesens usw. Ein besonderes Echo findet die Weltkraftkonferenz in der Fach- und Tagespresse der ganzen Welt.

Das Ehrenprotektorat über die Zweite Weltkraftkonferenz hat Reichspräsident von Hindenburg, das Ehrenpräsidium Oskar v. Miller, der Pionier auf dem Gebiete der Kraftversorgung, übernommen. Mit der Übernahme des Ehrenpräsidiums am 16. VI. 1930 wird Exzellenz v. Miller an Stelle des bisherigen Präsidenten, des Grafen v. Derby, das Oberhaupt der gesamten Weltkraftkonferenz bis zur nächsten Vollkonferenz, die wahrscheinlich 1936 in den Vereinigten Staaten abgehalten wird. Mitglieder des Ehrenausschusses sind die deutschen Reichsminister, die Ministerpräsidenten der meisten deutschen Länder sowie eine Reihe führender Männer öffentlicher Körperschaften, der Wissenschaft, der Industrie, der Finanz, des Handels und des Verkehrs.

Die eigentliche Leitung der Konferenz liegt beim Vorstand, dessen Vorsitz dem Verfasser übertragen wurde, und bei der Geschäftsführung, der Prof. Dr. Matschoß vorsteht. Für das Gelingen der Konferenz wurden bereits umfassende Vorarbeiten, insbesondere auf wissenschaftlichem Gebiete, geleistet. Um den umfangreichen Stoff zu meistern, war zunächst eine Unterteilung des Gesamtgebietes notwendig. Dabei erwies es sich am zweckmäßigsten, diese Unterteilung nach den einzelnen Energieträgern vorzunehmen, da eine derartige Gliederung sich zugleich den bestehenden Fachorganisationen am besten anpaßte; so kam man zu folgender Einteilung:

Feste Brennstoffe,
Flüssige Brennstoffe,
Gasförmige Brennstoffe,

Dampfkraft,
Verbrennungskraft,

Wasserkraft,
Mechanische Energieleitung,

Elektrizität,

Energiewirtschaft und Recht,
Normung,
Ausbildung,
Statistik.

Auf dieser Grundlage wurde eine Reihe von Fachausschüssen gebildet, in denen mitzuarbeiten sich 300 der bedeutendsten deutschen Fachleute auf dem Gebiete der Energiewirtschaft bereit erklärten. Im Winter 1928/29 setzte deren Arbeit ein. Das Ergebnis dieser äußerst wertvollen Beratungen war eine Reihe von Anregungen auf den einzelnen Fachgebieten, welche jeweils die brennendsten Fragen herausgriffen und formulierten, so daß die Gesamtzahl der auf diese Weise entstandenen Anregungen einen Querschnitt durch die aktuellsten Probleme der modernen Energiewirtschaft ergab. Über die Anregungen auf dem Gebiete der Elektrizität wurde bereits an anderer Stelle dieser Zeitschrift[1] gesprochen. Der Zweck dieser sogenannten Anregungen, die in den drei offiziellen Kongreßsprachen — deutsch, englisch, französisch — gedruckt und ins gesamte Ausland versandt wurden, war, den wissenschaftlichen Inhalt der Konferenz von vornherein in ein bestimmtes Fahrwasser zu steuern und auf jedem Gebiete aus den verschiedenen Ländern eine Reihe von Berichten zu erhalten, die in ihrer Gesamtheit den Stand der Arbeiten auf dem betreffenden Gebiet innerhalb der wichtigsten Länder der Welt behandeln.

Die Berichte selbst werden nicht vorgetragen; durch den für den 1. XI. 1929 festgesetzten Einreichungstermin

[1] ETZ 1929, S. 1124.

Digitized by Google

ist vielmehr vorgesehen, daß die Berichte noch vor Konferenzbeginn einzeln gedruckt an die Interessenten in allen Ländern der Welt verschickt und vorher gelesen werden können. Der Inhalt wird also zur Konferenz als bekannt vorausgesetzt und dadurch wertvolle Zeit gespart. Für die Tagung selbst ist eine Reihe von Generalberichterstattern ernannt worden, welche aus je etwa 10 bis 15 der eingereichten Einzelberichte, die fachlich zusammengehören, das Wichtigste herausnehmen und in ihren Generalbericht hineinarbeiten. Der Generalbericht, der für etwa ¼ bis ½stündige Rededauer berechnet ist, wird auf der Konferenz vorgetragen. Er gibt einen kurzen Inhalt der einzelnen Berichte und leitet nach einer kritischen Zusammenfassung zur nun einsetzenden Diskussion über, welche einen fruchtbaren Meinungsaustausch unter den ersten Köpfen der Welt herbeiführen und je nach Umständen zu wichtigen Entschließungen der Weltkraftkonferenz führen soll. Derartige Entschließungen, welche nach hohen, international wichtig erscheinenden Gesichtspunkten gefaßt werden, stellen immer äußerst wertvolle Ergebnisse dar. Soweit die Weltkraftkonferenz selbst nicht besondere Kommisionen einsetzt oder bestimmte Nationale Komitees mit der Ausführung betraut, werden solche Entschließungen an die dafür zuständigen internationalen Organisationen, mit denen die Weltkraftkonferenz ein denkbar freundschaftliches Zusammenarbeiten anstrebt weitergegeben.

Die Hauptgrundlage und den Hauptinhalt der Konferenz bilden die fachlichen Berichte. Bis zum 1. XI. 1929 wurden von den einzelnen Ländern und auf den verschiedenen Fachgebieten folgende Vorträge angemeldet:

Land	Gesamtzahl	Feste Brennstoffe	Flüssige Brennstoffe	Gasförmige Brennstoffe	Dampfkraft	Verbrennungskraft	Wasserkraft	Mechanische Energieleitung	Elektrizität	Energiewirtschaft u. Recht	Normung	Ausbildung	Statistik	Sonstige Berichte
Argentinien	10	—	1	1	2	—	2	—	1	2	—	—	1	1
Australien	2	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
Belgien	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Brasilien	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Dänemark	6	—	—	—	1	—	—	—	4	—	—	1	—	—
Deutschland	58	3	1	8	8	5	1	4	24	2	—	1	—	1
Estland	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Finnland	3	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Frankreich	21	2	1	1	6	1	4	—	4	—	—	—	—	1
Griechenland	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—
Großbritannien	49	4	3	12	7	6	1	3	9	1	1	2	—	—
Holland	4	—	—	—	2	1	—	—	1	—	—	—	—	—
Italien	28	2	2	1	3	3	8	—	9	—	—	—	—	—
Japan	9	3	1	—	2	—	—	—	3	—	—	—	—	—
Jugoslawien	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kanada	7	1	—	—	—	—	4	—	2	—	—	—	—	—
Lettland	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Litauen	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Neuseeland	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—
Niederl.-Indien	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Norwegen	12	1	—	—	1	—	6	—	4	—	—	—	—	—
Österreich	39	2	—	—	9	4	9	—	9	1	1	1	—	2
Polen	9	3	1	1	—	—	—	—	2	1	—	—	1	—
Portugal	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Rußland	26	3	—	1	2	1	1	—	12	3	1	1	1	—
Schweden	10	1	—	—	2	—	1	—	5	1	—	—	—	—
Schweiz	23	—	—	1	4	2	3	—	12	1	—	—	—	—
Tschechoslowak.	4	—	—	—	1	—	1	—	2	—	—	—	—	—
Ungarn	7	1	—	1	—	2	—	—	2	—	—	—	—	1
V. S. Amerika	61	4	1	5	11	3	4	—	23	—	3	2	2	3
V. S. Südafrika	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Gesamtzahl	400	31	13	33	63	28	49	7	136	12	6	8	6	8

Diese Berichte sind in ihrer Gesamtheit selbstverständlich nicht einheitlich auf die einzelnen Fachgebiete der Energiewirtschaft verteilt. Für die Verhandlungen auf der Konferenz ist nach sorgfältiger Abstimmung folgende Gliederung der Fachsitzungen geschaffen worden:

1. Elektrizität in Haus- und Landwirtschaft.
2. Elektrizität in Industrie und Gewerbe.
3. Belastungsgebirge und Stromtarife.
4. Wirtschaftsprobleme der Hochtemperaturentgasung.
5. Gasabsatz.
6. Kosten und Betriebsvergleich verschied. Energiearten beim Abnehmer.
7. Bau und Betrieb von Energiegroßanlagen.
8. Werke mit kombinierter Energiewirtschaft, insbesondere auch Heizkraftwerke.
9. Wärme-, Brennstoff- und Kraftwirtschaft in einzelnen Ländern.
10. Dampf- u. Gasturbinen und Kolbenmaschinen.
11. Kessel und Feuerungen.
12. Feste Brennstoffe, ihre Gewinnung und Verarbeitung.
13. Methodik und technisch-wirtschaftliche Fragen bei der Ausnutzung von Wasserkräften.
14. Staumauern (Talsperren).
15. Wirtschaftliche Fragen der Großkraftspeicherung.
16. Wasserkraftwirtschaft in einzelnen Ländern.
17. Zusammenarbeit verschied. Energieerzeugungsanlagen.
18. Bau von Großgeneratoren und -transformatoren und anderen elektrischen Maschinen.
19. Schaltanlagen, einschl. automatischer Steuerung von Kraftwerken, sowie Fernmessung und Nachrichtenübermittlung.
20. Energieübertragung und Energiefluß in einfach und mehrfach gekuppelten Netzen.
21. Erdung, Blitzschutz und gegenseitige Beeinflussung v. Starkstrom- und Schwachstromleitungen.
22. Einzelprobleme der Elektrizitätswirtschaft verschiedener Länder.
23. Weltprobleme der Energiewirtschaft.
24a. Wasserrechtliche Fragen.
24b. Gesetze und wirtschaftspolitische Fragen der Elektrizitätswirtschaft.
25. Eisenbahnen mit Dampf- und elektrischem Betrieb.
26. Energiewirtschaft auf Schiffen.
27. Gewinnung von natürl. und künstl. Ölen und die Organisation des Vertriebes.
28. Ortsfeste Verbrennungsmotoren und Verbrennungsmotorforschung.
29. Fahrzeug- und Flugzeugmotoren.
30. Kraftgetriebe in Fabriken sowie Maschinen und Fahrzeugen.
31. Forschungsarbeiten.
32. Normungsprobleme und Methodik der Statistik.
33. Ausbildung.

Für einen fruchtbaren Verlauf der Konferenz ist einer der wichtigsten Punkte die sprachliche Verständigung. Auf Grund der Erfahrungen bei vorhergehenden Konferenzen und ähnlichen internationalen Veranstaltungen arbeiten wir seit dem Herbst 1928 daran, mittels einer Sprachenübertragungsanlage jede Rede gleichzeitig in den drei Kongreßsprachen deutsch, englisch und französisch hörbar zu machen.

Ganz selbstverständlich ist es auch, daß die Fachleute der verschiedenen Länder miteinander in Konnex kommen und auch außerhalb der rein fachlichen Sitzungen einmal Gelegenheit zu zwangloser Aussprache haben. An zwei Abenden ist hierzu Gelegenheit geboten, und zwar treffen sich an noch näher zu bestimmenden Orten am Dienstag, den 17. VI. 1930, die Fachleute folgender Gebiete:

Feste Brennstoffe,
Flüssige Brennstoffe,
Elektrizität;

am Montag, den 23. VI. 1930 die Fachleute folgender Gebiete:

Gasförmige Brennstoffe,
Dampfkraft,
Verbrennungskraft,
Wasserkraft,
Ausbildung,
Rechtsfragen.

Neben den rein internen wissenschaftlichen Sitzungen der Fachleute soll die Weltkraftkonferenz aber auch weit in die Öffentlichkeit hinausstrahlen und auch dem an der Energiewirtschaft interessierten Publikum Wertvolles bieten. Einige Gelehrte von Weltruf werden über mit der Energiewirtschaft zusammenhängende Fragen vor einem größeren Publikum in allgemeinverständlichen Vorträgen sprechen. Auch der Rundfunk hat sich in den Dienst dieser großen Veranstaltung gestellt.

Den Auftakt zur Weltkraftkonferenz bildet ein Empfang am Abend des 15. VI. 1930 im Reichstag. Die feierliche Eröffnungsitzung findet am Montag, den 16. VI., vormittags im Theaterraum der Krolloper statt. Sodann beginnen die wissenschaftlichen Sitzungen, welche bis zum 25. VI. die Vor- und Nachmittage ausfüllen. Neben dieser streng fachlichen Arbeit ist auch für einen würdigen gesellschaftlichen Rahmen gesorgt. Neben mehreren offiziellen Empfängen verheißt in der Mitte der Konferenz das „Weltkraftfest“ eine Reihe eindrucksvoller Darbietungen. Nach Schluß der Tagung führt eine Anzahl sternförmig von Berlin ausstrahlender Reisen die Konferenzteilnehmer in die verschiedenen Landesteile, um ihnen die Stätten deutscher Arbeit und deutschen Schaffens zu zeigen.

Die Vorbereitungen für diese größte technisch-wirtschaftliche Tagung Deutschlands sind bereits weit vorgeschritten, und es ist zu hoffen, daß die Veranstaltung ein voller Erfolg für Deutschland und ein weiterer Fortschritt auf dem Gebiete der internationalen Zusammenarbeit und der gegenseitigen Verständigung der Völker sein wird. Fernab vom Getriebe der Politik sollen sich die Vertreter der verschiedenen Länder als Menschen gegenüberstehen, als Ingenieure, die an der großen und schönen Aufgabe arbeiten, die Menschheit mit immer wohlfeilerer Kraft zu versorgen und die Segnungen der Energiewirtschaft auch den entferntesten Teilen des Erdballs zugänglich zu machen. Wenn in diesem Sinne die Weltkraftkonferenz das ihrige dazu beitragen kann, die Menschheit in technischer und kultureller Hinsicht ein Stück weiter vorwärts zu bringen, so ist schon dies ein großer und schöner Gewinn.

Digitized by Google

Die neuen Vorschriften des VDE für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 Volt*.

Von R. Zaudy, Berlin.

Übersicht. **Um die Einführung der neuen Vorschriften zu erleichtern, werden die wichtigsten sachlichen Änderungen gegenüber den bisherigen Bestimmungen zusammengestellt und am Schluß auf den Einführungstermin und die gewährten Übergangszeiten hingewiesen.**

Diese Vorschriften V.E.S. 1/1930 sollen, zusammen mit denjenigen für Anlagen mit Spannungen von 1000 V aufwärts, die seit dem Jahre 1924 gültigen Errichtungsvorschriften ersetzen. Sie unterscheiden sich außer durch die Spannungsgrenze[1] grundsätzlich von den bisherigen Vorschriften dadurch, daß alle diejenigen Bestimmungen aus den Konstruktionsvorschriften aufgenommen sind, die auch der Installateur kennen soll. Diese Bestimmungen, die ihn zur richtigen Auswahl des passenden Materials befähigen sollen, sind aus den Vorschriften für den Bau der Apparate, Leitungen, Geräte, Beleuchtungskörper usw. meist wörtlich übernommen, so daß die neuen Errichtungsvorschriften für die große Menge von Installateuren und Monteuren als ausschließliche Anweisung dienen können, ohne, wie es früher war, immer wieder auf Bestimmungen verwiesen zu werden, welche nicht jedem zugänglich und vielen in ihrem Hauptteil auch unverständlich sein würden. An den wenigen Stellen, an denen sich auch jetzt noch Hinweise auf Sonderbestimmungen vorfinden, wie bei den isolierten Leitungen, Freileitungen, Isolierrohren u. dgl., können sie die Benutzung durch den Installateur nicht erschweren, sondern sollen nur dem Abnahmebeamten oder der Aufsichtsperson eine Weisung über die genauen Eigenschaften des Materials geben.

Neben diesen grundsätzlichen Änderungen des Aufbaus enthalten die Vorschriften naturgemäß wesentliche sachliche Änderungen, wie sie dem Fortschritt der Technik und der Änderung der Anschauungen in den letzten fünf Jahren entsprechen. Wenn im nachstehenden die wichtigsten sachlichen Unterschiede gegenüber den bisherigen Vorschriften geschildert werden, so geschieht es, um die Beachtung der neuen Bestimmungen zu erleichtern, zumal zahlreiche notwendige Umstellungen einzelner Absätze in andere Paragraphen die Übersicht über die eingetretenen Änderungen erschweren. Alle redaktionellen Änderungen und schärferen Fassungen des Ausdrucks bleiben unerwähnt, wie auch einige leicht erkennbare Neuerungen im nachstehenden nicht aufgeführt werden.

Der in § 1 behandelte Geltungsbereich hat sich insofern geändert, als jetzt auch die Bahnanlagen unter diese Errichtungsvorschriften fallen, soweit sie nicht den ihnen eigentümlichen Gesichtspunkten unterliegen. Es sind also ausdrücklich die gesamten Fahrleitungsanlagen elektrischer Bahnen (Vollbahnen, Straßenbahnen, straßenbahnähnliche Kleinbahnen und Stadt-Schnellbahnen) ausgenommen, für die besondere Vorschriften gelten.

Zu der Definition des Begriffes Vorschriften und Regeln ist im § 1 eine Regel 2 hinzugetreten, in der das Verhältnis der Sonderbestimmungen des VDE für die Ausführung gewisser Anlagen, Maschinen, Apparate, Geräte und Installationsmaterial zu diesen Errichtungsvorschriften behandelt wird. Hier wird festgesetzt, daß diese Dinge, wenn sie nach den erwähnten Sonderbestimmungen ausgeführt sind, hiernach auch den Errichtungsvorschriften entsprechen. Es wird also nicht bedingungslos verlangt, daß alle Fabrikate diesen Sonderbestimmungen entsprechen müssen, da die Entwicklung derselben zur Zeit eine so weitgehende Forderung noch nicht durchführbar erscheinen ließ.

Die wichtigste, aber auch schwierigste Neuerung ist die Bestimmung des § 3 über den Schutz gegen zufällige Berührung und den Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung. Als Schutz gegen zufällige Berührung wird in § 3 b neu gefordert, daß im Handbereich die Schutzverkleidungen der Leitungen in die Maschinen und Geräte eingeführt werden. Bezüglich des Schutzes gegen zu hohe Berührungspannung wurde bisher nur davon gesprochen, daß dort, wo eine besondere Gefahr besteht, nicht zum Betriebstromkreis, jedoch zur elektrischen Einrichtung gehörende metallene Bestandteile, die dem Betriebstromkreis am nächsten liegen oder mit ihm in Berührung kommen können, zu erden sind und, wenn ein geerdeter Nulleiter praktisch erreichbar ist, dieser hierzu verwendet werden muß (alter § 3 d). Jetzt wird zunächst in § 2 e Berührungsspannung dahin definiert, daß dies die im Störungsfalle zwischen einem nicht zum Betriebstromkreis gehörenden leitfähigen Anlageteil und Erde auftretende Spannung ist, soweit sie von einem Menschen überbrückt werden kann. Dementsprechend enthält § 3 c ... e die Maßnahmen zum Schutz gegen zu hohe Berührungspannung. Hierbei wird eine zahlenmäßige Grenze nicht angegeben und ausdrücklich gesagt, daß der Schutz in erster Linie Aufgabe des Baus der elektrischen Apparate und Gebrauchsgegenstände sowie Sache sorgfältiger Montage sei (§ 3 c). Darüber hinausgehende Maßnahmen sollen angewendet werden (Regel 2) in Räumen, in denen der Übergangswiderstand des Menschen zur Erde durch Feuchtigkeit, Wärme, chemische Einflüsse oder andere Ursachen wesentlich herabgesetzt ist. Neben den in § 2 m gegebenen Beispielen von feuchten und durchtränkten Räumen kommen hierfür auch unter Umständen solche mit großen Metallmassen in Betracht, wie sie in Gaswerken, Hüttenwerken usw. vorkommen. Für Anlagen mit mehr als 250 V gegen Erde, aber unter 1000 V sind solche Schutzmaßnahmen überall anzuwenden (§ 3 d).

Diese zusätzlichen Schutzmaßnahmen sind in Regel 3 bis 8 des § 3 behandelt und erstrecken sich:

a) Auf Isolierung, worunter nicht die normale Isolation spannungführender Teile, sondern die Umkleidung leitfähiger, nicht spannungführender Teile, wie Schaltergriffe, Handräder u. dgl. verstanden wird. Hierzu gehören auch isolierender Fußbodenbelag, isolierende Wände u. dgl.

b) Als weitere Schutzmaßnahme werden Kleinspannungen aufgeführt, für die 42 V als obere Grenze angegeben wird, und da die Verwendung eine zusätzliche Sicherheit darstellen soll, sollen hierbei nur Installationsmaterialien und Geräte für mindestens 250 V verwendet werden. Besonders vorgesehen ist diese Verwendung bei Handlampen in Kesseln (§ 18 h) und bei Spielzeugen (§ 15 e).

c) Als Erdung wird auf den Anschluß an das Wasserleitungsnetz verwiesen, durch den meistens eine gute Erdung erzielt wird.

d) Für die Nullung wird verlangt, daß der Widerstand der Leitungen so klein sein soll, daß bei einem Kurzschluß zwischen einem Außenleiter und dem Nullleiter mindestens der 2.5fache Nennstrom der nächsten vorgeschalteten Stromsicherung auftritt. Neben den Bestimmungen über die Verlegung, Kennzeichnung und Erdung des Nulleiters wird noch bestimmt, daß in einem Netz, in dem die Nullung angewendet wird, reine Erdungen ohne Verbindung mit dem Nullleiter unzulässig seien. Ferner ist wichtig, daß wie für die Erdung auch für die Nullung ortsveränderlicher Stromverbraucher eine besondere, an der Stromzuführung nicht beteiligte Leitung verwendet werden soll, die für Querschnitte bis einschließlich 4 mm² nicht schwächer als der zugehörende Außenleiter genommen werden soll.

e) Schließlich wird als weitere Schutzmaßnahme die Schutzschaltung aufgeführt, die bei Auftreten einer zu hohen Berührungspannung die Fehlerstelle selbsttätig von der Stromquelle abtrennt.

Zum Schlusse wird in § 3 e gefordert, daß die zum Anschluß der Schutzleiter erforderlichen Anschlußstellen (Erdungsschrauben, Gerätesteckvorrichtungen mit Schutzkontakt o. dgl.) fabrikationsmäßig angebacht sein müssen.

Nach § 6, Elektrische Maschinen (Regel 1), sind behelfsmäßige Verschläge möglichst zu vermeiden. Regel 2 behandelt den Schutz gegen Berührung umlaufender Teile, gegen Ablagerung von Fremdkörpern aus der Umgebung, gegen mechanische Beschädigung der Maschinen und sagt, wenn dieser nicht schon durch die Bauart der Maschine selbst erzielt wird, soll er bei der Aufstellung durch Lage, Anordnung oder besondere Schutzvorkehrungen erreicht werden.

* Die Vorschriften V.E.S. 1/1930 sind als Sonderdruck VDE 436 von der Geschäftstelle des VDE zu beziehen.

[1] ETZ 1928, S. 1321.

Digitized by Google

Im § 9, Schalt- und Verteilungsanlagen, werden die inzwischen entstandenen Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterialien (K.P.I./28) berücksichtigt und, wie bisher, in § 9d für Tafeln, die nicht von der Rückseite zugänglich sind, festgelegt, daß die Klemmstellen der Zu- und Ableitungen, die nach der Befestigung der Tafel an der Vorderseite oder am Rand angeschlossen werden müssen, nicht auf der Rückseite liegen dürfen. Das Durchführen dieser Leitungen von der Rückseite durch einzelne Bohrungen der Tafel und durch Hohlklemmen ist jedoch nicht mehr zulässig. Ausgenommen hiervon sind die Anschlüsse der Elektrizitätszähler. Im gleichen Sinne wird in Regel 4 verlangt, daß Abdeckungen, die spannungführende blanke Metallteile und die Anschlußdrähte gegen zufällige Berührung schützen, nur mit Hilfe von Werkzeugen entfernbar sein sollen.

Im § 10 über Apparate (Schalter, Anlasser und Widerstandsgeräte, Steckvorrichtungen, Sicherungen) wird ebenfalls auf Grund der K.P.I./28 in Vorschrift g) gefordert, daß ortsveränderliche Apparate so gebaut sein müssen, daß die Anschlußstellen der Leitungen von Zug entlastet, die Leitungsumhüllung gegen Abstreifen und die Leitungsadern gegen Verdrehen gesichert werden können. § 10 h fordert, daß der Anschluß der Leitungen nur durch Verschraubung erfolgen darf, während früher auch „gleichwertige Mittel" zugelassen waren.

Im § 11, Schalter, wird in Vorschrift c) darauf hingewiesen, daß bei der Auswahl von Schaltgeräten auf die zu erwartende Abschaltleistung Rücksicht zu nehmen ist. Die Vorschrift d) bezüglich der Allpoligkeit der Schalter unterscheidet sich von der entsprechenden Vorschrift des alten § 11 e in ihren Ausnahmen. Jetzt sind auch Schalter von der allpoligen Abschaltung ausgenommen, wenn sie für ortsveränderliche Stromverbraucher bestimmt sind, die an Steckvorrichtungen gemäß § 13 e angeschlossen werden. Da in letzterem Paragraphen die Benutzung der Steckvorrichtung zum In- und Außerbetriebsetzen beschränkt ist auf 2500 W bei höchstens 25 A und höchstens 250 V bzw. 380 V, bedeutet die Erweiterung der Ausnahme, daß z. B. bei 220 V derartige Schalter auch für 10 A noch einpolig zulässig sind, wenn es sich um einphasige ortsveränderliche Stromverbraucher handelt.

Neu ist § 11 Regel 2, in der für Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde bei Schaltkästen mit offenen Sicherungen die Berührung der Schmelzeinsätze nur in spannungslosem Zustand möglich sein soll, vorausgesetzt daß die Schaltung derart erfolgen kann, daß der Schalter zwischen Netz und Sicherung liegt. Im § 11 i wird für Stangenschalter, Schnüre bei Zugschaltern u. dgl. zwischen diesen Teilen und dem Schalter ein mit ihm fest verbundenes isolierendes Zwischenstück gefordert. § 11 k setzt als geringst zulässige Nennstromstärke für Dosenausschalter 6 A fest, während für Umschalter und Geräteeinbauschalter eine geringere Stromstärke zugelassen wird. Ebenso ist im § 11 l von der Vorschrift der Momentschaltung für Dosenschalter eine Ausnahme für dreipolige Schalter für Drehstrom gemacht, bei denen eine gesicherte Schaltstellung als ausreichend gilt. Regel 3 fordert allgemein für Schalter, daß sie für Stromverbraucher mit Nennleistungen bis 5 kW nur noch in Gleichstromanlagen Momentschalter sein sollen. Regel 4 fordert für Dosenschalter den Grundsatz der K.P.I./28, daß die Leitungen nach dem Befestigen des Sockels vorderseitig angelegt und angeschlossen werden können.

Im § 13, Steckvorrichtungen, wird in Vorschrift c) auf die neuen Dosen-Steckvorrichtungen mit federnden Buchsen Rücksicht genommen, so daß von der Unverwechselbarkeit der Stecker derjenige für 6 A ausgenommen wird, der auch in Dosen für 10 A passen darf. Durch die Regel 1 wird angestrebt, die Sicherungen in Dosensteckvorrichtungen zu vermeiden, da sie bei der heutigen Entwicklung der ortsveränderlichen Stromverbraucher und ihrer Leitungen einerseits und dem Stand der Technik in den Sicherungen und Installations-Selbstschaltern anderseits entbehrlich und für den Verbraucher störend sind. Die Erweiterung des § 13 e bezüglich der Benutzung der Steckvorrichtungen zum In- und Außerbetriebsetzen wurde bereits oben unter § 11 behandelt. Im § 13 h werden erstmalig Steckdosen mit Schutzkontakt erwähnt, die so eingerichtet sein müssen, daß Stecker ohne Schutzkontakt in ihnen nicht verwendet werden können.

Im § 14 ist Regel 6 neu, die vorschreibt, daß, wenn in einer Abzweigleitung Schalter und Sicherungen mit offenen Schmelzeinsätzen unmittelbar hintereinander liegen, die Stromzuführung an den Schalter angeschlossen werden soll. Bei geschlossenen Schmelzeinsätzen ist die umgekehrte Reihenfolge üblich, da diese auch unter Spannung gefahrlos ausgewechselt werden können. Die bekannte Regel 8 bezüglich der Stromkreissicherung enthält in ihrem zweiten Teil eine Ausnahme von der 6 A-Sicherung. Diese hat eine Erweiterung dahin erfahren, daß Verteilungsleitungen, welche nur zu Glühlampen mit Lampensockel E 40 (Goliath-Sockel) führen, eine gemeinsame Sicherung bis zu 25 A Nennstromstärke haben können. Regel 9 gibt für Krananlagen oder ähnliche aus feuersicheren Baustoffen hergestellte und nur aussetzend arbeitende Anlagen mit mehreren Motoren der Sicherung der Leitungen zwischen den Schaltgeräten, Steuergeräten und Motoren die für diese Betriebe notwendige Freiheit.

§ 15 ist inhaltlich vollkommen neu und beschäftigt sich mit ortsveränderlichen Geräten und Fernmeldegeräten. Er gibt im wesentlichen die grundlegenden Eigenschaften sicherer Ausführung derartiger Geräte an und hebt die in den Sonderbestimmungen enthaltene Spannungsgrenze besonders hervor. Ausdrücklich erwähnt werden hierbei Geräte mit Kleinstmotoren (§ 15 c). Bei Haarschneidemaschinen, zahnärztlichen Bohrmaschinen u. dgl. ist zwischen der biegsamen Welle und dem Motor eine isolierende Kupplung anzuordnen. Bei Koch- und Heizgeräten für den Hausgebrauch muß der Schutz gegen zufällige Berührung spannungführender Teile während des Einschraubens von Heizlampen und Heizkörpern wirksam sein (§ 15 d). Der Anschluß elektrischer Spielzeuge wird nur unter Herabsetzung der Spannung auf 24 V ohne leitende Verbindung mit dem Netz gestattet. Für Koch- und Heizgeräte als Spielzeuge für Spannungen über 24 V gelten besondere Bauvorschriften, auf die in diesem Fall verwiesen wird (§ 15 e). Für Elektrowerkzeuge werden unabhängig vom Verwendungsort Schutzeinrichtungen gegen zu hohe Berührungspannung gemäß § 3 e gefordert. Wenn die Elektrowerkzeuge nicht mit Ausschaltern versehen sind, muß in Reichweite des Bedienenden eine Ausschaltvorrichtung angebracht werden (§ 15 f.) Nach den Sicherheitsvorschriften für ortsveränderliche Rundfunkgeräte (§ 15 g) folgt die allgemeine Bestimmung § 15 h, daß als Zuleitung ortsveränderlicher Geräte nur Gummiaderschnüre mit gemeinsamer Beflechtung für sämtliche Adern oder Gummischlauchleitungen verwendet werden dürfen (siehe auch § 19). Fassungsadern sind als Zuleitung verboten. Es folgen hier weitere eingehende Bestimmungen über den Schutz gegen Verletzen der Leitungen, für die Zugentlastung usw. Bei den Fernmeldegeräten (§ 15 i) wird darauf verwiesen, daß diese nach den Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen installiert werden sollen.

Im § 16, Fassungen und Lampen, wurde früher für Anlagen mit geerdetem Nulleiter bei ortsfesten Lampen der Anschluß des Nulleiters an das Gewinde der Fassungen gefordert. Das ist durch die Entwicklung der Berührungsschutzfassungen hinfällig geworden, und es wird vielmehr im § 16 b jetzt verlangt, daß die stromführenden Teile der Fassungen, auch wenn sie keine Spannung gegen Erde führen, mit dem Gehäuse nicht leitend verbunden sein dürfen. § 16 c enthält die bekannte Vorschrift des Berührungschutzes in der durch die K.P.I./28 endgültig festgelegten Form, wonach dieser Schutz während des Einsetzens und Herausnehmens der Lampe durch die Fassungen selbst wirksam sein muß. Ausgenommen sind Spezialfassungen für Bühnen-, Christbaum-, Reklamebeleuchtung und Illuminationszwecke. Hier genügt ein Berührungschutz bei brennfertig eingesetzter Lampe. § 16 e beschränkt bei Wechselstrom die Beleuchtung auf die Benutzung von Spannungen bis zu 250 V gegen Erde.

§ 17, der bisher noch von Bogenlampen handelte, die nun nicht mehr erwähnt werden, beschäftigt sich mit ortsfesten Beleuchtungskörpern, auch Schnur- und Zugpendeln, und beruht auf den inzwischen geschaffenen Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Beleuchtungskörpern. Nach § 17 b sind Fassungsadern als Zuleitungen auch zu Beleuchtungskörpern unzulässig. Die übrigen Einzelheiten sind aus dem Wortlaut der Vorschriften ohne weiteres zu entnehmen. Beachtenswert ist eine neue Regel 4: „Werden Steckvorrichtungen in Beleuchtungskörper eingebaut, so sollen die zu ihnen führenden Leitungen einen Mindestquerschnitt von 1 mm² aufweisen. Die Steckvorrichtungen sollen den Bestimmungen in § 13 entsprechen. Steckdosen zum Einschrauben in Fassungen sollen tunlichst nicht verwendet werden." Diese Regel soll dem Mißbrauch entgegentreten, Leitungen der Beleuchtungskörper ohne weiteres als Teil der Zuleitung zu ortsveränderlichen Stromverbrauchern mitunter größerer Leistung zu benutzen. Die Fassungsadern in den Beleuchtungskörpern sind in der Regel nicht für die Belastung mit Koch- und Heizgeräten bemessen. Dazu kommt, daß die Steckdosen zum Einschrauben in Fassungen nicht immer in der von den K.P.I./28 geforderten Art ausführbar sind. Neben dem erwähnten Einbau von Steckvorrichtungen können Mehrfach-Steckvorrichtungen, Hängesteckvorrichtungen u. dgl. angewendet werden.

Digitized by Google

§ 18, ortsveränderliche Beleuchtungskörper (Stehleuchter, Handleuchter) beruht ebenso wie der vorhergehende Paragraph auf den inzwischen entstandenen Sondervorschriften hierfür. Auch hier werden (§ 18 b) Gummiaderschnüre mit gemeinsamer Beflechtung für sämtliche Adern oder leichte Gummischlauchleitungen gefordert. Die Bestimmungen für Handleuchter (§ 18 c ... g) geben im einzelnen Anweisungen, denen jedoch die jetzt schon üblichen Ausführungen im allgemeinen entsprechen. Im § 18 h wird, wie bereits erwähnt, für Handleuchter in Kesseln bei Wechselstrom die Transformierung auf höchstens 42 V gefordert, wobei der Transformator außerhalb des Kessels untergebracht werden muß; bei Gleichstrom werden Akkumulatorenlampen hierfür empfohlen (Regel 2). Für Faßausleuchter (§ 18 i) wird ebenfalls Kleinspannung verlangt, wobei jedoch die Anforderungen für Handleuchter nicht gefordert werden. Schließlich folgen im § 18 k Sondervorschriften für Christbaumbeleuchtungen, die ebenfalls den inzwischen entstandenen Bestimmungen entsprechen.

Im § 19, Leitungen, wird der schwarz-rote Kennfaden für vorschriftsmäßige isolierte Leitungen vorgeschrieben und die Kennzeichnung der Einzeladern bei Mehrfachleitungen festgelegt. Wird eine der Adern der Mehrfachleitungen als Nulleiter benutzt, so ist die hellgraue Ader hierfür zu verwenden. Bei der Aufführung der Leitungen für feste Verlegung, deren Typenbezeichnung beigegeben ist, wird vor allem der Begriff der kabelähnlichen Leitungen, die für Verlegung im Erdboden nicht zulässig sind, klar umgrenzt. Hierzu gehören Rohrdrähte mit besonderer Umhüllung über dem Metallmantel (NRU), Bleimantelleitungen zur festen Verlegung über Putz, entweder nur mit Faserstoffbeflechtung (NBU) oder außerdem mit Eisenbandbewehrung (NBEU). Unter den Begriff „kabelähnliche Leitungen", der in den späteren Paragraphen ohne nähere Erläuterung angewendet wird, fallen also gewöhnliche Rohrdrähte (NRA) nicht. Unter den Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher werden verseilte Schnüre nicht mehr aufgeführt, sondern, wie bereits oben erwähnt, nur solche mit gemeinsamer Beflechtung für sämtliche Adern (Zimmerschnüre) für geringe mechanische Beanspruchung in trockenen Wohnräumen (NSA). Auch die leichten Anschlußleitungen NHH sind weggefallen. Die geringste Ausführung von Gummischlauchleitungen bleibt die leichte Ausführung zum Anschluß von Tischlampen und leichten Zimmergeräten (Bügeleisen, Heizkissen, Heißluftgeräte, Tischfächer usw.), für geringe mechanische Beanspruchung ohne äußere Beflechtung NLH, mit äußerer Beflechtung NLHG.

§ 20, Bemessung der Leitungen, enthält die frühere Tabelle in ihren Zahlenangaben unverändert. Lediglich die unterste Stufe von 0,5 mm² ist in Wegfall gekommen. Dies kommt daher, daß in Regel 4 als Mindestquerschnitt für Leitungen an und in Beleuchtungskörpern 0,75 mm² vorgesehen ist. Die nächste Stufe für Pendelschnüre, runde Zimmerschnüre, für die leichten und mittleren Gummischlauchleitungen von 0,75 mm² sowie die folgenden für andere ortsveränderliche Leitungen mit 1 mm² ist unverändert geblieben. Dagegen wird für festverlegte isolierte Leitungen und für festverlegte umhüllte Leitungen sowie für Bleikabel der Mindestquerschnitt von 1 mm² auf 1,5 mm² erhöht. Diese Erhöhung ist ebenso wie diejenige der Leitungen an und in Beleuchtungskörpern für erforderlich gehalten worden, um die Grundlage für die Steigerung der Stromstärke der Stromkreissicherung, § 14/8, zu bilden. Wenn im Wortlaut der Vorschriften zunächst also eine Ausnutzung des Querschnittes von 1,5 mm² bei Stromkreisen, die auch die Verwendung kleinerer Querschnitte in sich schließen, durch die Begrenzung der Sicherung für diese auf 6 A zunächst noch nicht erreicht ist, so ist hierbei zu berücksichtigen, daß die Tabelle des § 20 sich auf Sicherungen bezieht, die der Charakteristik der bisher allein üblichen, in den K.P.I./28 genauer festgelegten geschlossenen Schmelzeinsätze (Stöpselsicherungen) entspricht. Es sind jedoch Bestimmungen in Vorbereitung, die entsprechend den Fortschritten der Sicherungstechnik die Verwendung neuerer Schutzorgane voraussichtlich derart regeln werden, daß eine höhere Ausnutzung der Querschnitte von 1,5 mm² abwärts ermöglicht wird, ohne daß, wie es bei den bisherigen Sicherungen unvermeidlich wäre, die Gefahr der Übererwärmung der kleineren Querschnitte auftritt.

§ 21, Allgemeines über Leitungsverlegung, weist in Regel 1 darauf hin, daß bei Bleikabeln, Rohrdrähten und kabelähnlichen Leitungen im allgemeinen die Metallhülle als Schutzverkleidung gilt. Nur an besonders gefährdeten Stellen ist für einen zusätzlichen Schutz zu sorgen. Die Vorschrift § 21 b regelt die Benutzung der metallenen Umhüllungen von Leitungen als Rückleitung und Schutzleitung. Hiernach dürfen metallene Rohre nicht als Rückleitung, wohl aber als Schutzleitung benutzt werden. Metallhüllen der Rohrdrähte und kabelähnlichen Leitungen dürfen nicht als alleinige Rückleitung oder Schutzleitung verwendet werden, d. h. sie müssen entweder einen Beidraht unter dem Mantel haben oder mit einem Leiter parallelgeschaltet sein. Zur Verbindung der Schutzleitungen sind an den Abzweigen Verbindungsklemmen vorzusehen, auch wenn die Gehäuse der Abzweigvorrichtungen aus Isolierstoff bestehen. Nach Regel 4 dürfen in Bergwerken unter Tage Gummischlauchleitungen mittlerer (NMH) und starker Ausführung (NSH) auch zur festen Verlegung verwendet werden. Unter der Vorschrift 21 h findet sich die Bestimmung „in Mehrfachleitungen sowie in einem Rohr dürfen nur Leitungen eines Stromkreises vereinigt sein", was früher lediglich für Rohre in § 26 c stand. § 21 i beschränkt die Verbindung von Leitungen untereinander sowie Abzweigung von Leitungen auf die Verwendung von Lötung oder Verschraubung; andere „gleichwertige Mittel" sind nicht mehr zulässig. Durch den Hinweis auf § 26 c ist zu erkennen, daß für Rohre nur die Verschraubung auf isolierender Unterlage vorgesehen ist. In gleicher Weise ist in § 21 k die Verbindung der Leitungen mit den Apparaten, Maschinen, Sammelschienen und Stromverbrauchern nur mittels Schrauben vorgesehen.

§ 22, Freileitungen. Die Vorschrift b) fordert unverändert, daß Freileitungen ohne besondere Hilfsmittel weder vom Erdboden, noch von Dächern, Ausbauten, Fenstern und anderen von Menschen betretenen Stätten zugänglich sind. Wenn diese Stätten selbst nur durch besondere Hilfsmittel zugänglich sind, so genügt es nach der neuen Vorschrift, an diesen Stellen oder an ihren Zugängen gut erkennbare Warnungschilder anzubringen oder die Leitungen in geeigneter Weise gegen zufälliges Berühren zu schützen. Hierbei gelten aber ständige Zugänge zur regelmäßigen Bedienung von Schornsteinen zu den im ersten Satz behandelten, ohne besondere Hilfsmittel zugänglichen Stätten. Nach Regel 2 sollen Leitungen bei größtem Durchhang über Wegen mindestens 6 m, im übrigen mindestens 5 m vom Erdboden entfernt sein. Bei flachen oder schwach geneigten, begehbaren Dächern sollen die Leitungen mindestens 2,5 m, im übrigen mindestens 1,25 m Abstand von Gebäuden haben. Nach § 22 c sind eindrähtige Kupferleitungen bis zu einem Querschnitt von 16 mm² zulässig, aber nur bei Spannweiten bis 80 m und auch dies nur, wenn die Leitungen nicht über Gebäude mit weicher Bedachung führen (Pappe auf Holzverschalung, Stroh-, Rohr-, Ret-, Schindel-, Lehmschindel- u. dgl. Dächer, § 22 b). Die höchstzulässige Zugbeanspruchung beträgt für eindrähtige Kupferleitungen 12 kg/mm², für Kupferseil 19, für Aluminiumseil 8 kg/mm². Die Mindestzopfstärke für Holzgestänge wird jetzt hier ausdrücklich genannt und beträgt nach § 22 f bei einfachen oder verstrebten Masten 12 cm, bei Stichleitungen mit nur einem Stromkreis 10 cm, bei A-Masten oder verdübelten Doppelmasten 10 cm und nicht verdübelten Doppelmasten 9 cm. Nach § 22 h sind Mastanker, wenn irgend angängig, zu vermeiden. Die Vorschriften des § 22 geben im ganzen nur einen Auszug der wichtigsten Bestimmungen der Vorschriften für den Bau von Starkstromfreileitungen V.S.F., die nach Vorschrift des § 22 l auch in ihrem übrigen Inhalt zu beachten sind.

In § 23, Installationen im Freien, sind wesentliche Teile der bis dahin gültigen Leitsätze für elektrische Anlagen in der Landwirtschaft aufgenommen worden, die dadurch zu Vorschriften und Regeln werden. Eine sachliche Neuerung findet sich lediglich in Regel 4, in der in Anlehnung an § 22 Regel 2 als Mindesthöhe für Leitungen in der Regel 6 m vom Erdboden an denjenigen Stellen verlangt wird, wo beladene Wagen verkehren.

In § 24, Leitungen in Gebäuden, ist in Regel 1 die Forderung, bei Wanddurchführungen auch für Mehrfachleitungen ein Rohr zu verwenden, weggefallen. Rohrdrähte und kabelähnliche Leitungen dürfen bei Wanddurchführungen in der Regel unmittelbar in die Wand gelegt werden.

In § 26, Rohre, wird die Verwendung bewehrter Papierrohre sowie Stahlpanzerrohre auf diejenigen nach den K.P.I./28 beschränkt. Die lichte Weite unter Putz verlegter Rohre, die für mehr als einen Draht bestimmt sind, wird in § 26 Regel 4 auf mindestens 13,5 mm erhöht, was dem größeren Mindestquerschnitt für fest verlegte isolierte Leitungen entspricht.

In § 27, Bleikabel, ist die frühere Vorschrift, daß bei freiliegenden Kabeln eine brennbare Umhüllung verboten sei, eingeschränkt worden auf die Regel 4, daß bei Anhäufung freiliegender Bleikabel eine brennbare Umhüllung möglichst zu vermeiden sei. Der frühere Wortlaut hatte zu übertriebenen Forderungen geführt. Dagegen wird in § 27 c für Bergwerke unter Tage nach wie vor

Digitized by Google

eine brennbare Umhüllung verboten, es sei denn, daß die Umhüllung einen besonders hohen Flammpunkt hat.

In § 28, elektrische Betriebsräume, bringt lediglich die Vorschrift g), welche der alten Vorschrift § 28 l (Maschinen mit Führerbegleitung) entspricht, eine neue, ausführliche Behandlung der Hebezeuge und Transportmaschinen. Hierbei ist der Charakter der Führerstände, der Zugänge zu ihnen, der Triebwerksräume von Aufzügen u. dgl. im einzelnen festgelegt.

In § 31, feuchte, durchtränkte und ähnliche Räume, sind wiederum wesentliche Teile der Leitsätze für elektrische Anlagen in der Landwirtschaft aufgenommen worden. Für ortsveränderliche Leitungen, § 31 d, sind nur noch Gummischlauchleitungen mittlerer (NMH) und starker Ausführung (NSH) zu verwenden. Steckdosen, § 31 e, müssen mit Schutzkontakt versehen sein. In Baderäumen dürfen Schalter und Steckdosen von der Badewanne aus nicht erreichbar sein.

In § 34, feuergefährdete Betriebstätten und Lagerräume, wird in Regel 1 bei Motoren die geschützte Ausführung gefordert, wenn es sich nicht um Motoren mit Kurzschlußläufer handelt, bei denen die offene Ausführung genügt. Bei Widerstandsgeräten, Schaltern, Sicherungen, Steckvorrichtungen und ähnlichen Apparaten soll die vollständige Abdeckung aller Teile ohne ausgesprochene Öffnungen vorhanden sein (geschlossene Ausführung). Wenn ortsveränderliche Motoren (§ 34 Regel 4) mit ihrem Zubehör in Wagen o. dgl. eingebaut sind, die allseitig abgeschlossen werden können, so fallen sie nicht unter obige Bestimmungen.

Zu § 35, explosionsgefährdete Betriebstätten und Lagerräume, gehören nicht schlagwettergefährdete Grubenräume, die besonders behandelt werden. Für explosionsgefährdete Räume werden als festverlegte Leitungen neben geschlossenen Rohren und Bleikabeln auch kabelähnliche Leitungen zugelassen (§ 35 b). Für die Beleuchtung werden Glühlampen mit starken Überglocken und Schutzkörben gefordert (§ 35 c).

§ 36. Schaufenster, Warenhäuser usw., fordert für ortsveränderliche Beleuchtungskörper und andere Stromverbraucher als biegsame Anschlußleitung mindestens Gummischlauchleitungen mittlerer Ausführung NMH (§ 36 c).

§ 37 bringt Zusatzbestimmungen für Prüffelder, Justierräume und Laboratorien, also für ständige Einrichtungen dieser Art (§ 37 b), sodann für Betriebsversuche und für behelfsmäßige Einrichtungen (§ 37 e). Die Einzelheiten dieser Bestimmungen sind entsprechend dem beschränkten Spannungsbereich der jetzigen Vorschriften geändert.

Die §§ 38 und 39 enthalten die Vorschriften für Theater Bestimmungen, die sich auch auf Lichtspielhäuser, Kleinkunstbühnen, Zirkusgebäude u. dgl. beziehen und die bereits in der jetzigen Form durch die Jahresversammlung 1928 vorläufig in Kraft gesetzt wurden[2]. Gegenüber der damaligen Veröffentlichung ist in § 38 f die Forderung gestrichen worden, daß Notbeleuchtungen nur in Stahlpanzerrohr oder anderen dickwandigen Stahlrohren verlegt werden sollen.

Die folgenden §§ 40 ... 46 behandeln ausschließlich Bergwerke unter Tage. Mit Rücksicht auf den engen Kreis der Benutzer dieser Vorschriften soll hier von einer eingehenden Behandlung abgesehen werden, da die Interessenten bei der Größe der Verantwortung ohnehin die Bestimmungen im einzelnen studieren müssen. Das Gleiche gilt für die als Anhang beigefügten Leitsätze für Bagger mit zugehörenden Bahnanlagen im Tagebau.

Dagegen ist für die Allgemeinheit wichtig, daß die vorstehend behandelten Vorschriften nach § 1 ab 1. Januar 1930 gelten. Mit Rücksicht auf die Verarbeitung vorhandener Werkstoffvorräte und die Räumung von Lagervorräten wird jedoch für die §§ 10 ... 18 eine Übergangsfrist bis zum 1. Januar 1931 eingeräumt. Hierzu gehören auch diejenigen Änderungen, die sich auf die Vorschriften für isolierte Leitungen, V.I.L., beziehen, z. B. das Verbot verseilter Schnüre (§ 19), da diese Vorschriften mit der gleichen Übergangszeit in Kraft gesetzt werden. Bis zum Ablauf der Übergangszeit gelten daher für die vorerwähnten Paragraphen die bisher gültigen Bestimmungen.

[2] ETZ 1928, S. 701 u. 702.

Bühnenbeleuchtung*.

Von Obering. **Schloß**, Berlin.

Übersicht. Nach der Darstellung der Entwicklung der elektrischen Bühnenbeleuchtung wird ausgeführt, wie die Lichtapparate an Stelle eines reinen Beleuchtungszwecks schließlich eine führende Rolle als Effektträgerinnen der Dekorationskunst erlangten, besonders durch die vollendete Darstellung des lichtspendenden Himmels.

Das Theater machte sich die Erfindung der elektrischen Glühlampe sofort zunutze. Vom Jahre 1881 ab wurde eine große Anzahl von Bühnen mit elektrischem Licht versehen und zehn Jahre später in Preußen durch Polizeivorschrift für größere Bühnen die elektrische Bühnenbeleuchtung vorgeschrieben.

Die Lichtapparate für die Bühne wurden den bestehenden Bühnenmaschinerien angepaßt. Von den vom Schnürboden herabhängenden Dekorationszügen wurden eine Anzahl für die Anbringung der für Beleuchtung der Hängedekorationen dienenden Oberlichter benutzt. An den Kulissenwagen wurden senkrecht stehende Körper, die Kulissenkörper, befestigt und mit diesen auf der Bühne seitlich mit verschoben. Für besondere Zwecke mußten ortsveränderliche Körper, sog. Versatzkörper (Abb. 1), in verschiedenen Formen als Ständer, Rampen usw. angefertigt werden, die an vielen Stellen der Bühne mittels Steckkontakten angeschlossen werden konnten. Schon von Anfang an wurde nur bestes Material für diese Teile verwendet; die biegsamen Kabel erhielten schon damals besonders starke Gummiisolation und wurden gegen mechanische Beschädigungen durch Segeltuch-Einnähungen geschützt. Auch die äußerst kräftig gebauten Kontaktvorrichtungen erhielten starke Metallschutzmäntel, die Stöpsel wurden mittels langer Ledermanschetten an den Kabeln befestigt und so die Anschlußstellen der biegsamen Litzen von Zug entlastet.

Die Anfänge der Installationszeiten, wo noch Holz als Konstruktions- und Isoliermaterial verwendet wurde, hat der Bühneninstallateur rasch überwunden, und in wenigen Jahren, noch vor der Herausgabe der Verbandsvorschriften, kamen nur noch Metall und Porzellan für die Bühnenapparate zur Verwendung. Nachdem man in der ersten Zeit die Verfärbung des Lichtes, ähnlich wie bei der Gasbeleuchtung, durch drehbare Farbzylinder vorgenommen hatte und nur Klarglaslampen verwendete, ging man rasch von diesem sog. Einlampensystem zu dem Dreilampensystem über. Dieses besteht darin, daß man drei Stromkreise je Körper mit hellen, blau und rot gefärbten Lampen anwendet, wodurch alle die schwer zu bedienenden Drehvorrichtungen überflüssig wurden. Die Stromkreise führten zu einem Beleuchterstand, in welchem als hauptsächlichster Apparat der Bühnenregler untergebracht wurde. Man griff hierbei zu Anfang auf die damals bekannten Regelwiderstände zurück, auf die Kästen mit den Widerstandsdrähten und mit eingebauter Kontaktbahn und Kurbel. Bald verwendete man an Stelle je eines Widerstandes und Umschalters für die dreifarbigen Stromkreise je zwei Widerstände mit Spezialschaltern, um jede der Farben abwechselnd auf die beiden Widerstände schalten zu können. Es entstanden die ersten Bühnenregler mit zwei Hebelreihen und sinnreichen Umschaltevorrichtungen mit Verriegelungen, um falsche Schaltung, etwa zwei Stromkreise auf einen Widerstand, auszuschließen. Den dauernd erhöhten Anforderungen, welche die Bühne an die Zahl der zu regelnden Stromkreise und Farbenmischungen stellten, zwangen schon nach einigen Jahren, ein neues Regelsystem zu konstruieren. Die Umschaltvorrichtungen mußten in Fortfall kommen und jede Farbe der einzelnen

Abb. 1. Versatzständer nach dem Mehrlampensystem.

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein (Fachgruppe für Installationstechnik) am 17. IX. 1929.

Digitized by Google

Stromkreise für sich durch besonderen Widerstand geregelt werden. Es entstanden die Dreihebelregler. Man war gezwungen, die vielen erforderlichen Widerstände außerhalb des Beleuchterstandes anzuordnen (Abb. 2) und nur die Betätigungshebel in diesem zu belassen (Abb. 3). Man kam so zu den mechanischen Stellwerken mit mehreren Hebelreihen. Die in Etagen oberhalb oder unterhalb des Beleuchterstandes oder auch in besonderen Räumlichkeiten außerhalb der Bühne aufgestellten Widerstände mit ihren Kontaktbahnen konnten nun feuersicher eingebaut werden, und lediglich Drahtseilzüge führten

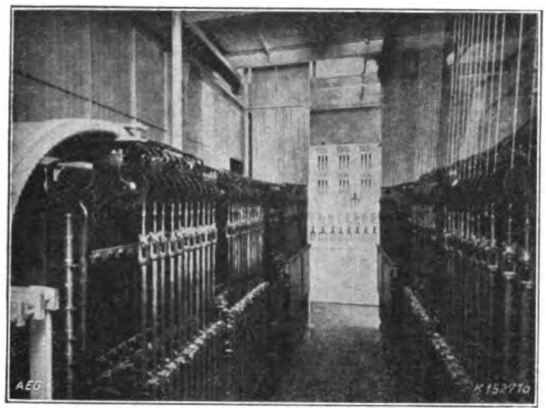


Abb. 2. Rheostatenraum im Theater San Carlo, Neapel.

von den Kontaktschlitten zu dem Hebelstellwerk. Die immer weitergehenden Ansprüche der Bühne führten weiterhin zu einem Vierlampensystem mit noch je einem Stromkreis für gelb gefärbte Lampen, und so kam man zu immer größeren Stellwerken. Während früher ein Regler mit 3×20 Hebeln schon für die größten Bühnen ausreichte, wurden jetzt bereits Regler bis

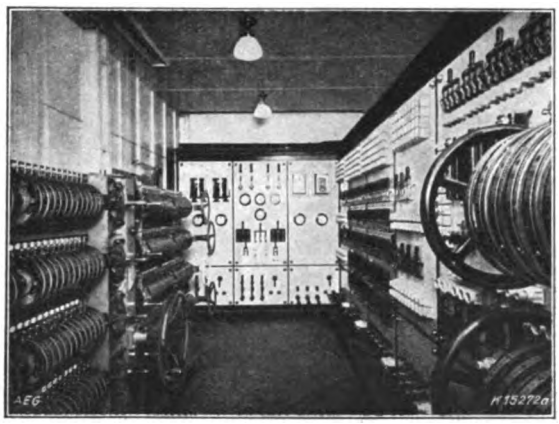


Abb. 3. Beleuchterstand im Theater San Carlo, Neapel.

zu 4×64 Hebeln geliefert. Solche großen Apparate erhalten einen Antrieb in der Mitte mit Umschaltkupplungen, um mit einem Handrad mit Schneckenübersetzungen mehrere Achsen gleichzeitig in derselben oder in verschiedenen Richtungen drehen zu können.

Es ist selbstverständlich, daß sich die Bühnenbeleuchtung alle Fortschritte der Glühlampentechnik als erstes Anwendungsgebiet zunutze machte; in rascher Reihenfolge kam man von der Kohlefadenlampe über die metallisierte Kohlefadenlampe, Tantallampe zur Einwattlampe. Die Kerzenzahl steigerte sich dementsprechend von ursprünglich 16 zu 25, 32 und 50 HK. Die Halbwattlampen brachten eine weitere Steigerung von 75 bis zu 200 W für 1 Lampe. Die Halbwattlampe mit ihren hohen Temperaturen erforderte eine Neukonstruktion der Bühnenkörper für Lampen höheren Wattverbrauches, da es nicht mehr möglich war, die Lampen mit haltbarem Lack zu färben. Es entstanden die sogenannten Kastenlichter (Abb. 4), bei denen jede Lampe von der anderen durch Zwischenwände getrennt angeordnet und die Färbung durch vorgesetzte Farbfilter aus Glas oder sonstigem Material erreicht wurde.

Abgesehen von diesen Konstruktionsverbesserungen und Lichtsteigerungen hatte sich der Beleuchtungstechniker damit begnügt, seine Lichtanlage entsprechend den Forderungen der Bühnenleute und Maler herzustellen und anzupassen. Er stand immer an zweiter Stelle und beleuchtete, allerdings in vollendeter Weise unter Erreichung der verschiedenen Stimmungen, die Dekorationen mit ihren Malereien. An die Möglichkeiten, das elektrische Licht selbst gestaltend auf das Bühnenbild einwirken zu lassen, ist er nicht herangetreten. Es war immer wieder die Gassenbühne (Abb. 5) mit ihren Hängedekorationen, für die er seine Beleuchtung einrichtete. So konnte auch von der damals weit fortgeschrittenen Bogenlampentechnik für die Bühnenbeleuchtung kaum nennenswerter Gebrauch gemacht werden, da sich diese wirtschaftlichen Starklichtquellen nicht zu passenden Beleuchtungskörpern für die gassenweise aufgebauten Szenerien zwingen ließen. Außer zur verstärkten Aufhellung der Bühnenfläche bei weißem Licht und für Szenerien, bei welchen keine Regelung notwendig war, z. B. die Festwiese in den Meistersingern, und abgesehen von der Verwendung für Scheinwerfer, wurde die Bogenlampe auf der Bühne nicht verwendet.

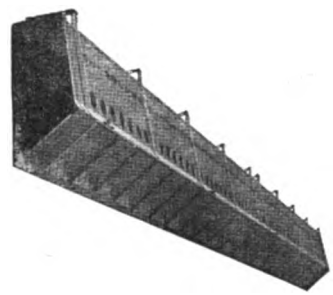


Abb. 4. Kastenoberlicht.

Die Bühnentechniker suchten schon lange das Bühnenbild naturwahrer zu gestalten; an Stelle der in dem Tiefenaufbau an einen Ort gebundenen Kulissen wurden mehr und mehr ausgesteifte und plastische Dekorationen verwendet. Der hintere, den Himmel darstellende gemalte Prospekt wurde in mehreren Entwicklungsphasen bis zu einem die Bühne umschließenden Rundhorizont ausgebildet. Diese gemalten Horizonte verbesserten zwar das

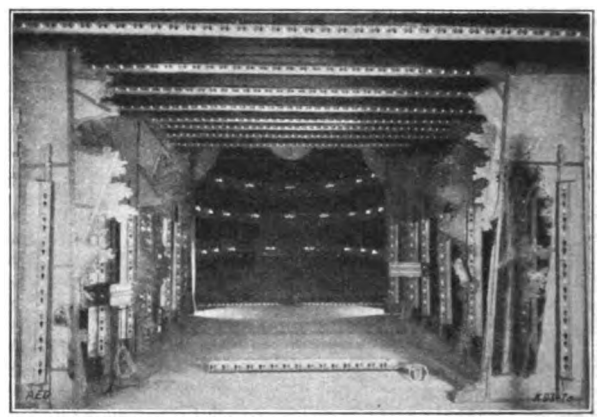


Abb. 5. Gassenbühne.

Bühnenbild, aber hinsichtlich der Beleuchtung blieb man bei der alten Methode. Der gemalte, den Himmel darstellende Horizont hatte denselben Charakter wie die übrigen gemalten Dekorationen und wurde stets in den gleichen Verfärbungen und Nuancierungen wie letztere und wie die gesamte Spielfläche beleuchtet. Lediglich durch Scheinwerfer konnte man einzelne Stellen der Spielfläche und die Darsteller in anderem Lichte erscheinen lassen, was jedoch die zentrale und einfache Bedienung der Lichtanlage sehr erschwerte.

Erst durch eine von einem Maler erdachte neuartige Anwendung des elektrischen Lichtes wurde ein Umschwung auf dem Gebiet der Bühnenbeleuchtung herbeigeführt. Ausgehend von der Überlegung, das Licht so anzuwenden, wie es die Natur lehrt, gelang es nach jahrelangen Versuchen im Jahre 1906 ein Bühnenbild zu schaffen, bei welchem der den Himmel darstellende Abschluß der Dekorationen demjenigen der Natur entsprach. Zu diesem Zweck wurde an Stelle des gemalten Hintergrundes ein weißer Horizont benutzt, der durch Starklicht-

Digitized by Google

quellen seine Färbung erhielt und dadurch einen ganz anderen Charakter wie die durch Licht angeleuchteten Malereien bekam. Eine solche durch Licht gefärbte weiße Fläche erscheint wie ein selbst Licht spendender natürlicher Himmel, und die Vortäuschung des unendlich weiten luftigen Horizontes gelang in verblüffender Weise. Zum ersten Male wurde gezeigt, daß das Licht bei der Inszenierung an die erste Stelle treten kann und große Ersparnisse an Dekorationen herbeizuführen in der Lage ist. Für alle Freilandschaften genügt der einmal beschaffte Horizont; die teueren gemalten Prospekte, oft mehrere für eine einzige Vorstellung, ferner die gemalten, gassenweise angeordneten Luftsoffiten wurden überflüssig, so daß die Anlagekosten der Horizontbeleuchtung in kurzer Zeit amortisiert werden.

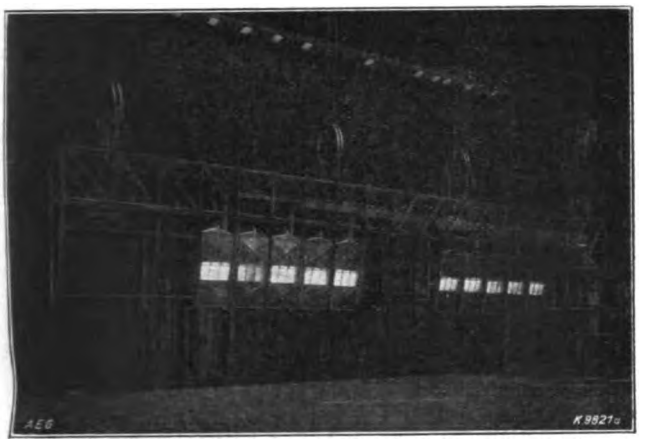


Abb. 6. Seilausgleichvorrichtung für 16 Seilzug-Horizontlaternen bei vollem Ausbau, Staatsoper Berlin.

Als Starklichtquellen standen zu dieser Zeit nur die Bogenlampen zur Verfügung; der Erfinder griff zu dem Hilfsmittel der indirekten Beleuchtung mit reflektierenden gefärbten Seidenflächen und schwarzen und weißen Stoffen, deren Bewegung von gemeinsamer Stelle aus erfolgte. Die Farbenmischungen waren äußerst vielseitig, die Übergänge, ebenso die Verdunkelung, konnten hierbei in hervorragender Weise gelöst werden, ohne daß sich die Grundfarbe selbst veränderte. Es würde hier zu weit gehen, alle Einzelheiten der damaligen Konstruktionen zu erläutern. Als im Jahre 1913 die hochkerzigen Halbwatt-Nitralampen auf den Markt kamen, wurden die Bogenlampen rasch verdrängt, obgleich sie hinsichtlich des Energieverbrauches und Ausnutzung der blauen Strahlen den Halbwattlampen überlegen waren. Der Fortfall der Bedienung war ausschlaggebend für die Einführung der Nitralampen als Ersatz der Bogenlampen.

Es lagen nun zwei Möglichkeiten vor für die Erzielung der Helligkeitsregelung und für die Farbenmischung. Man konnte die mechanische Regelung mittels Blende und verschiebbarer Farbscheiben wie beim Bogenlichtsystem verwenden; es war jedoch auch möglich, die Helligkeit mittels Widerständen zu regeln und die einzelnen Lampen mit festen Farbfiltern auszustatten, also ähnlich zu arbeiten wie bei dem Mehrlampensystem der Gassenbeleuchtung. Es haben sich auch tatsächlich Systeme nach beiden Arten entwickelt.

Das letztgenannte System mit Einzellampen und Widerstandsregelung erfordert eine größere Anzahl von Lampenfarben, wie hellblau, mittelblau, dunkelblau, grün, rot und gelb. Maßgebend für die Zahl der Lampeneinheiten ist die zu erzielende Blaufärbung des Horizontes; die anderen Farben werden meistens nur für besondere Mischungen gebraucht und daher seltener benutzt.

Bei dem System mit Scheibenzug enthält jede Laterne vier Farben, u. zw. hellblau, mittelblau, rot und gelb; man hat mithin nur so viele Lampen zu installieren als für die blaue Färbung des Horizontes erforderlich sind. Die Verdunkelung dieser Lampen mittels der Abdeckscheibe bei diesen Laternen bietet den großen Vorteil, daß das Licht der Lampen immer die Grundfarbe beibehält und beim Verdunkeln nicht rötlich wird, wie das bei der Widerstandsregelung des Leuchtfadens der Fall ist. Die Seilzuglampen sind mit je drei Lampen von 1000 W versehen, u. zw. mit Lampen mit langgestrecktem Brennfaden, so daß für die Abdeckscheiben ein großer Weg gegeben ist, wodurch mühelos eine ganz feinstufige Regelung erreicht wird. Die Laternen können in Gruppen bis etwa acht Stück mit gemeinsamem Zug versehen werden. Die Regler für die Seilzuglaternen entsprechen den Hebelstellwerken der Bühnenregler für Widerstandsregelung.

Die Scheibenzuglaternen werden an Gitterträgern aufgehängt, die derart auf- und abziehbar sind, daß sie bis zum Bühnenfußboden herabgelassen werden können, um das Auswechseln von Lampen und das Reinigen zu erleichtern. Die Seile zum Ziehen der Scheiben brauchen hierbei nicht abgekuppelt zu werden, da eine einfache Spezialeinrichtung geschaffen wurde, welche die Seillänge innerhalb des Zuges ausgleicht. Dies geschieht in der Weise, daß die Seile der Scheibenzüge über einen fahrbaren Rollenwagen geleitet werden; der Wagen ist durch ein über Rollen geführtes Seil mit dem normalen Gegengewichtszug verbunden, mit dem der Gitterträger auf und ab bewegt wird (Abb. 6).

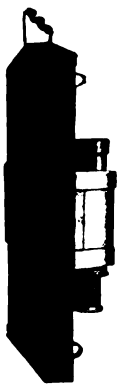


Abb. 7. Seilzug-Horizontlaterne.

Abb. 8. Horizontlaterne für Widerstandsregelung.

Obwohl in jedem der vorher ausgeführten beiden Systeme schon viele Farbenwirkungen erreicht werden, wurde durch eine Kombination beider Systeme ein weiterer großer Vorteil hinsichtlich der Farbenmischungen erzielt. Ein Teil der Lampen, etwa zwei Drittel der für einen hellblauen Himmel notwendigen, wird als Seilzuglaternen (Abb. 7) und der Rest als Einzelwiderstandslaternen (Abb. 8) mit blauem Filter gewählt. Man erreicht hierbei die günstigste Anlage hinsichtlich der Anschaffungskosten. Ferner hat man ohne Hinzufügung von Lampen rotes, gelbes und grünes Licht in großer Stärke zur Verfügung; dadurch wird das System neben der Benutzung als Horizontbeleuchtung auch für andere Inszenierungsarten, z. B. mit Vorhängen, sehr geeignet. Bei diesem kombinierten System kann man ferner beide Möglichkeiten der optischen Farbenmischung, die additive und die substraktive, ausnutzen. Schon vor vielen Jahren wurde der Versuch gemacht, die Quecksilberlampe auf der Bühne zu verwenden. Man ist aber nicht darüber hinausgekommen, diese Lampen für bestimmte Stimmungen, zumeist mondscheinfarbigen Nachthimmel, ohne wesentliche Übergänge zu gebrauchen. Dadurch, daß wir die Lampen in die gleiche Form wie die Glühlampen mit langgestrecktem Leuchtkörper gebracht und zu Seilzuglaternen mit Abdeckschieber und Farbscheiben gleicher Bauweise wie die Glühlichtlaternen zusammengefaßt haben, wurde ein überaus wirksamer Fortschritt in der Starklicht-Horizontbeleuchtung erzielt. Die Blaufärbung des Horizontes kann ganz erheblich intensiver werden, dann aber können Farbtönungen ganz besonderer Art, wie sie seither nicht möglich waren, erreicht werden, die für viele Inszenierungen, namentlich solcher modernster Richtung, sehr wertvoll sind.

Eine besondere Bedeutung für die Darstellung des Himmels haben die Apparate, welche die Effekte der ziehenden Wolken hervorrufen. Gleichzeitig mit der Darstellung des natürlichen Himmels mit Hilfe eines durch Licht gefärbten weißen Hintergrundes war man gezwungen, von den durch gemalte bewegliche Schleier dargestellten Wolken loszukommen und auch den Wolkenzug optisch auszuführen. Der Erfinder verwendete hierzu die Bogenlampe, die ihr Licht auf mit Wolken bemalte Spiegel warf, die die Bilder auf den Himmel reflektierten. Mehrere Lampen und Spiegel wurden mittels eines Rohrgestelles zu einem Apparat vereinigt, der durch Motorantrieb gedreht wurde. Da der Durchmesser dieser Apparate für normale Bühnen

Digitized by Google

zu groß ausfiel, kam man bald zur Anwendung der Projektion mittels Diapositiven und Verwendung der Projektions-Nitralampen für 3000 und neuerdings 5000 W. Um eine solche Lampe werden eine größere Anzahl Projektionsvorsätze im Kreise vorbeibewegt, wodurch ein kontinuierlicher Wolkenzug vorgetäuscht wird. Man benutzt zumeist für die Diapositive Naturaufnahmen von Wolkengebilden und kann also mit allen möglichen Wolkenarten durch Einsetzung entsprechender Aufnahmen in den Apparat das Bühnenbild beleben. Läßt man diese ziehenden Wolken über feststehende Wolkenprojektionen sich bewegen oder aber durch Anordnung zweier sich evtl. in entgegengesetzter Richtung drehender Apparate oder unter Hinzufügung eines weiteren Apparates für auf- und absteigende Wolken, können die mannigfaltigsten Wirkungen hervorgebracht werden. Wenn auch moderne Bühnenkünstler diese naturalistischen Gebilde vielfach verurteilen — meist wegen des Aufsehens, welches die vollendete Darstellung ziehender Wolken erregt und das Publikum vom Bühnenstück u. U. ablenkt —, so ist es doch ratsam, diese Apparate bei keiner Horizontbeleuchtung fehlen zu lassen, da die Lichtanlage, wie wir noch später sehen werden, allen Inszenierungsarten gerecht werden muß.

Zur Beleuchtung der Spielfläche, die ja unabhängig von der Verfärbung des Himmels bei dem neuen System erfolgen konnte, bestanden gleichfalls Speziallaternen. Ursprünglich hatte man beim Bogenlicht auch hierfür indirekte Beleuchtung durch die farbigen Seidenbänder verwendet, aber auch schon damals Spezialbogenlampen mit nach unten strahlendem Lichtbogen und Farbscheiben. Jetzt verwendet man allgemein Nitralampen mit Spezialspiegeln, sogenannte Tiefstrahler, mit verschiedenem Streuwinkel, mit elliptischer und parabolischer Krümmung. Diese Laternen erhalten einen Vorsatz zum Einsetzen von Farbscheiben oder in manchen Fällen einen Scheibenvorsatz für fünf Farben mit Seilzugbetätigung der Farbscheiben.

Eine besondere Stellung bei der Bühnenbeleuchtung nimmt die Fußrampe ein. Das Rampenlicht, das ja von unten her die Darsteller anstrahlt, ist alles andere als eine natürliche Beleuchtung. Ganz ohne Rampe wird man jedoch nicht auskommen, obgleich man schon öfter versucht hat, sie wegzulassen. Eine Zeitlang schwor man auf die indirekte Rampe, indem man das Licht gegen einen weißen Reflektor strahlen ließ, wodurch eine ganz weiche Beleuchtung erreicht wurde. Für gewisse Zwecke, z. B. Ballett, braucht man jedoch auch scharfes Rampenlicht, und so entstanden Körperkonstruktionen, die beide Lichtarten hergeben können. Durch Verdrehen einer Blende wurde dies in einfacher Weise erreicht; dadurch, daß dieses Verdrehen der Blende vom Beleuchterstand aus leicht erfolgen kann, wurde es möglich, von dort aus mühelos neben der Quantität (durch Regelung) auch die Art des Lichtes direkt oder indirekt festzulegen.

Veranlaßt durch die Rampenbeleuchtungsfrage hat sich eine weitere Beleuchtungseinrichtung von neuerdings großem Umfang herausgebildet. Es ist dieses die unter dem Namen „Vorbühnenbeleuchtung“ mittels Scheinwerfers vom Zuschauerraum aus entstandene Ergänzung der Bühnenbeleuchtung. Im Variété wurde der Scheinwerfer im Zuschauerraum längst angewendet, um die Artisten scharf anzuleuchten. Nach anfänglich schüchternen Versuchen im Theater, die Darsteller im Vordergrund der Bühne, der sogenannten Vorbühne, naturwahrer zu beleuchten, als dies durch die Fußrampe möglich ist, haben sich die Vorbühnenbeleuchtungen heute überall durchgesetzt; die künstlerischen Bedenken wurden durch die erzielten Vorteile bei der Aufhellung der Vorbühne und der Darsteller rasch überwunden. Die Vorbühnen-Scheinwerfer werden vielfach rechts und links im Zuschauerraum angeordnet und, wo es möglich ist, auch über der Mittelbeleuchtung des Zuschauerraumes. Die Regelung der Scheinwerfer geschieht von der Beleuchterloge aus, ebenso die Farbenänderung durch Vorziehen von Farbscheiben durch Seilzug oder motorischen Antrieb. Bis zu welchen Ausmaßen heute solche Anlagen errichtet werden, zeigt das Bild der Anlage im Opernhaus Unter den Linden, Berlin (Abb. 9), das sechs große Scheinwerfer über der Zuschauerraum-Krone zeigt.

Erfindungen wie die vorliegende der Darstellung des natürlichen Himmels, die so umwälzend in bestehende Betriebe eingreifen, erfordern ihre Zeit, bis sie so weit ausgebildet sind, daß sie sich allgemein einführen lassen. Im Theaterbetriebe, bei dem es kein Versagen geben darf, war ein weiter Weg zurückzulegen, um die neuartige Anlage so anwenden zu können, wie es der Bühnentechniker und die Künstler forderten. Das neue System verlangte hinsichtlich des Aufbaues und des Transportes der Dekorationen vielfach neue Arbeitsmethoden. Schon die Formgebung des Bühnenhimmels führte zu ganz neuen Gesichtspunkten beim Theaterbau. Von der ursprünglichen Form der Bühnenkuppel, die aus einem Eisengerüst mit zwei Stoffbehängen (einem inneren und einem äußeren) bestand und bei der durch Absaugen der Luft der innere Stoffbehang sich straff spannte und die Kuppelkonstruktion zum Zusammenklappen und rückfahrbar war und so im Nichtgebrauch die Obermaschinerie der Bühne freigab, ist man infolge der teueren Anlagekosten und geringen Haltbarkeit bald abgekommen. Eine Ausführung mit nach der entsprechend großen Hinterbühne fahrbarer Kuppel mit Rabitzbelag konnte sich auch nicht weiter durchsetzen. Dagegen wurden vielfach sogenannte Kuppelbühnen[1] gebaut, bei welchen die Bühnenmauern direkt in Kuppelform hergestellt werden, so daß eine besondere Himmelkonstruktion entbehrt werden kann. Für vorhandene Bauten hat sich als bühnentechnisch am praktischsten der aufwickelbare Leinwandhorizont erwiesen, der in der Höhe so bemessen wird, daß auch der Blick des vordersten Zuschauers noch stets auf diese Fläche fällt. Infolge der neuzeitlichen Horizontbeleuchtung mit ihrem Dekorationsaufbau ergeben sich für den Bühnentechniker vielerlei Lösungen, um das Bühnenbild rasch verändern zu können. Ich kann dies hier nur kurz andeuten und erwähne nur die Seitenbühnen, die Drehbühne, die verschiedenen Versenkungsmaschinerien und fahrbaren Bühnenwagen.

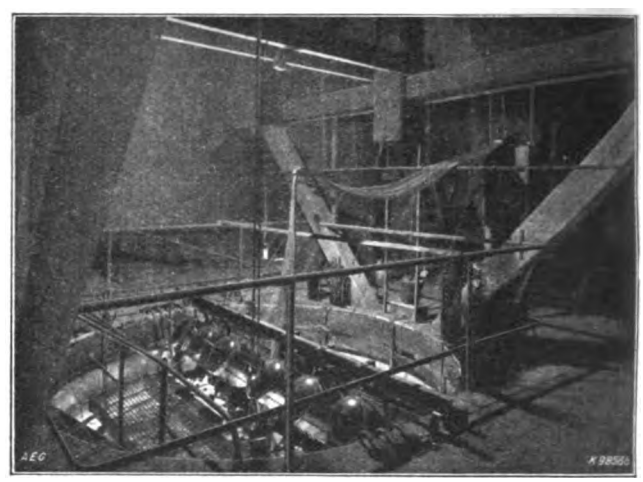


Abb. 9. Vorbühnen-Scheinwerfer über der Zuschauerraum-Krone, Staatsoper Unter den Linden, Berlin.

Bei der Errichtung der ersten Horizontbeleuchtungsanlage dachte man zunächst an naturalistische Inszenierungen, die zur damaligen Zeit (1907) vorherrschten. Bereits zu dieser Zeit kam aber auch schon die stilisierte Inszenierung in Aufnahme, in erster Linie unter Verwendung von Vorhängen. Man ließ die Bühne ziemlich dunkel und beleuchtete die einzelnen Darsteller durch Scheinwerfer. Nach und nach entwickelten sich dann die Beleuchtungsanlagen immer mehr zu universellen Einrichtungen, die es ermöglichen sollen, allen Inszenierungskünsten gerecht zu werden. Es sind dies solche mit Benutzung reiner Hängedekorationen, also Bogen mit gemaltem Hintergrund (sogenannter Prospekt), ferner offene Freilandschaften mit stehenden Dekorationen und umschließendem, den Himmel darstellendem hellen Rundhorizont. Außerdem muß es auch möglich sein, mit dem Horizont als Hintergrund und mit Hängedekorationen in den vorderen Gassen arbeiten zu können (Abb. 10), und schließlich muß die Beleuchtung auch die Aufgaben der Stilbühne mit nur angedeuteten Dekorationen, mit Vorhängen usw. voll erfüllen können. Es ist klar, daß infolge so vieler Aufgaben eine Lichtanlage heute ganz andere Ausmaße angenommen hat, als man das früher geahnt hat. Trotzdem ist es gelungen, die Apparatur zur Hervorbringung aller gemalten Effekte derart zu gestalten, daß die Bedienung ebenso wie früher bei den primitiven Anlagen von einer zentralen Stelle aus, dem Beleuchterstande, erfolgen kann mit einem Minimum von Personal.

Bei der Anordnung der Starklichtbeleuchtung hat es sich ergeben, die Abmessung in der Tiefe kleinzuhalten, damit möglichst wenig Dekorations-

[1] Vgl. ETZ 1924, S. 725.

Digitized by Google

züge in Fortfall kommen. Bei mittleren Bühnen kommt man im allgemeinen mit einer Anordnung der Horizontbeleuchtungsapparate in einer Reihe aus und mit einer Tiefe von etwa 1 m. Für größere Bühnen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Horizontbeleuchtung in zwei und drei Reihen aufzuteilen (Abb. 11), um bei Inszenierungen mit Hängesachen in den vorderen Gassen noch mit der zweiten und dritten Reihe oder mit letzterer allein den dann noch sichtbaren mittleren Teil des Horizontes genügend beleuchten zu können. Vorteilhaft ist es, die letzte Reihe gleichzeitig als Brückensteg auszubilden, um hierauf Scheinwerfer stellen zu können, welche die im Hinter-

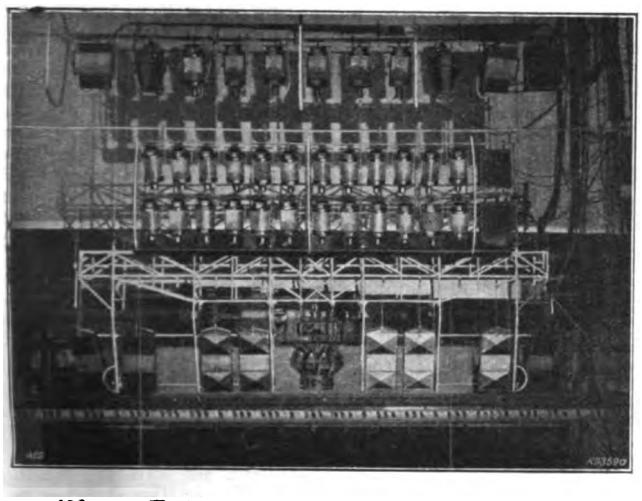


Abb. 10. Horizontbeleuchtung im Stadttheater Augsburg.

grund aufgebauten Fronten von oben her bequem bestrahlen. Auf alle Fälle ist eine auf- und abwärts verstellbare Scheinwerferbrücke vorn, gleich hinter dem Bühnenportal notwendig, um von hier aus die vorderen Dekorationen und einzelne Darsteller mittels Scheinwerfers zu beleuchten. Diese Brücke wird meistens zu einem verstellbaren Portal ausgebildet, indem rechts und links verschiebbare Türme hinzugefügt werden und so die Bühnenöffnung nach Bedarf in Höhe und Breite geändert werden kann.

Zu erwähnen bleibt noch die Darstellung von Dekorationen durch das Lichtbild. Schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts, also vor der Zeit der Starkstromtechnik, hat man unter Zuhilfenahme von Bunsenbatterien und des Lichtbogens für Spezialeffekte projiziert. Aber erst seit einigen Jahren ist es gelungen, mittels Spezialscheinwerfern mit künstlicher Kühlung, mit Weitwinkelobjektiven und Feineinstellungen sowie besonders gemalten Diapositiven wirklich brauchbare Bühnendekorationen als Lichtbild zu projizieren. Man verwendet hierbei Bogenlampen sehr großer Stromstärken und neuerdings auch Projektionsglühlampen niederer Spannung von 2000 ... 5000 W.

Auch von der Kinoprojektion macht die Bühne ab und zu Gebrauch; zumeist werden diese Apparate in einer besonderen Kabine hinter der Bühne angeordnet. Es würde zu weit führen, alle die Einzelapparate für Spezialeffekte einzeln anzuführen. Es gehören hierzu die verschiedenen Vorsätze zu den Bühnenscheinwerfern, z. B. Spiegelvorsatz zum Verfolgen sich bewegender Personen, Vorsätze mit Uhrwerk oder Motorantrieb zur Darstellung von Wasserwellen, Regen, Schnee, Feuer, Zickzackblitzen, Regenbogen, steigendem Mond und Sternprojektion.

Für die Bewegung der Scheiben an den Apparaten ist der elektrische Antrieb nur wenig in Erscheinung getreten. Dazu ist zu bemerken, daß bei der ersten Versuchsanlage alles elektrisch betrieben wurde und die verschiedensten Steuerungsarten ausprobiert wurden. Die Bühnenpraktiker hatten jedoch Bedenken, ihrem Personal die Überwachung der immerhin nicht einfachen Apparatur und der vielen notwendigen Hilfsleistungen anzuvertrauen, während der Seilzug ein allen Hilfsarbeitern auf der Bühne geläufiges Konstruktionselement darstellt. Es zeigte sich ferner, daß bei den vielen zu betätigenden Apparaten der elektrische Antrieb, abgesehen davon, daß er Mehrkosten verursachte, infolge seiner Ausdehnung eine sehr umfangreiche Betätigungseinrichtung braucht. Man muß von der Reglerloge aus durch Rückmeldungseinrichtungen den jeweiligen Stand der einzelnen Scheiben verfolgen können, was viel Raum in Anspruch nehmende Geberstellen verursacht. Die beim Seilzug eng nebeneinanderliegenden Hebel geben demgegenüber gleichzeitig die Stellung der Scheiben an den Apparaten an. Der elektrische Antrieb bietet daher nur dann Vorteile, wenn es gelingt, ebenso einfache und wenig Raum erfordernde Betätigungstellen zu schaffen. Sonst kommt er nur in Frage bei solchen Apparaten, die infolge ihrer Aufstellung keine direkten Züge zulassen.

Wir sehen, daß die Bühnenbeleuchtungsanlagen heute in der Bühnentechnik neben den Bühnenmaschinerien einen großen Faktor bilden; man kann fast von einer Beleuchtungsmaschinerie sprechen. Auch der Energiebedarf ist dementsprechend ganz gehörig gewachsen; während ehedem Anlagen von 60 kW maximalem Energieverbrauch schon für größte Bühnen ausreichten, kommen wir heute bei großen Bühnen auf 200 kW und mehr. Die Kosten für den Stromverbrauch spielen jedoch im Theaterbetriebe im Verhältnis zu den sonstigen Ausgaben, zumal es sich um verhältnismäßig wenige Betriebstunden handelt, keine große Rolle. Der erzielte Effekt ist beim Theater ausschlaggebend. Es soll damit jedoch nicht gesagt sein, daß die Lichttechniker nun einfach darauf losarbeiten sollen, ohne auf die höchste wirtschaftliche Ausnutzung der Beleuchtung Wert zu legen. Schon bei den Anfängen der Bühnenbeleuchtung wurde bei jedem Projekt die eingehendste Berechnung der Beleuchtungstärken vorgenommen und hiernach die Lichtstärken bemessen, zu Zeiten also, wo man sich für allgemeine Lichtanlagen meistens noch mit behelfsmäßigen Mitteln begnügte. Wir arbeiten bei Rundhorizontbeleuchtungen mit Beleuchtungstärken, wie sie, abgesehen von neuzeitlichen Schaufensterbeleuchtungen (Schaufenster können ja auch gewissermaßen als kleine Bühnen angesehen werden) bei allgemeinen Lichtanlagen kaum vorkommen, beispielsweise auf weißes Licht bezogen mit Beleuchtungstärken von 800 und mehr Lux.

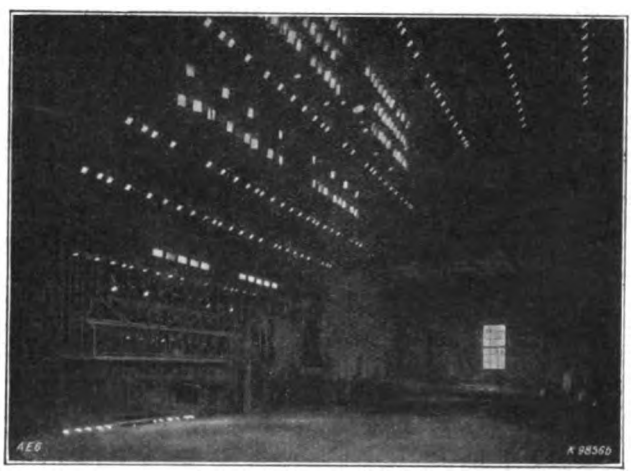


Abb. 11. Gesamtanordnung der Gassen- und Horizontbeleuchtung in der Staatsoper Unter den Linden, Berlin.

Der Lichttechniker ist heute nicht mehr der Installateur von früher, sondern in Verbindung mit dem Architekten, dem Bühnentechniker und dem Inszenierungskünstler ein mitaufbauender Spezialist geworden. Er muß sich aber stets bewußt sein, daß die Effekte sich in den Rahmen der Gesamtvorstellung einfügen sollen. Die Versuchung liegt zu nahe, mittels der neuzeitlichen Lichtanlage Sondererfolge erzielen zu wollen. Nur wenn die Beleuchtung so angewendet wird, daß sie die Handlung des Stückes, die ja an vorderster Stelle steht, wirkungsvoll unterstützt, kann diejenige Wirkung erzielt werden, die den Zuschauer voll befriedigt.

Digitized by Google

Ein neuer kleiner Heißwasserspeicher.

Von **Ad. Rittershaußen**, Kassel.

Übersicht. **Die bisher übliche kostspielige Apparatur für den Anschluß von Heißwasserspeichern beeinträchtigt die Einführung kleiner Speicher. Es werden neue Tarife beschrieben, die diese Apparatur überflüssig machen, und die hierdurch bedingten Änderungen an den Speichern erläutert.**

Als ich im Jahre 1912[1] konstruktive Einzelheiten über Wärmespeicher mit Wasser als wärmetragendem Medium bekanntgab, handelte es sich um die Schaffung eines Apparates mit vorzüglicher Wärmeisolierung, so daß man wegen der äußerst geringen Wärmeverluste die Heizung des Gebrauchswassers auf die vorhergehende Nacht verschieben konnte. Damit war ein Stromverbrauchsapparat geschaffen, dessen Stromabnahme nach Gutdünken des Elektrizitätswerkes — ohne den Abnehmer zu benachteiligen — in die Täler der Stromkurve gelegt werden konnte.

Da der Speicher beim Konsumenten steht, wurde zu dessen Bedienung eine Schalt- oder Sperruhr nötig und ferner ein besonderer Elektrizitätszähler, weil der günstige Belastungsfaktor und die reine Nachtentnahme einen billigen Sondertarif gestatten. Da die Ein- und Ausschaltung zu festen Zeiten erfolgt, der Heißwasserbedarf aber schwankt, mußten die Apparate mit einem automatischen Temperaturschalter ausgerüstet werden, um sie bei Erreichung der Endtemperatur unabhängig von der Sperrzeit abzuschalten. Der wassertechnischen Anordnung entsprechend durfte der Inhalt des Speichers nicht zum Kochen kommen; immerhin konnte man bei der Zuverlässigkeit der Temperaturschalter zur besseren Ausnutzung des Wärmeinhalts auf eine Endtemperatur von 85 ... 90 ° hinaufgehen, trotzdem die Anwendung dieser hohen Temperaturen anfänglich auf Widerstand stieß, weil man in Warmwasserleitungen höchstens 55 ... 65 ° gewöhnt war. Es hat geraume Zeit gedauert, bis man sich an diese Erhöhungen gewöhnt hat. Die Speicher waren nach dieser Anordnug elektrisch und auch wassertechnisch vollselbsttätig; diese Bedingung mußte schon darum erfüllt werden, weil anfänglich Heißwasserspeicher nur in großen Modellen und zur Bedienung von verzweigten Warmwasserleitungen verwendet wurden.

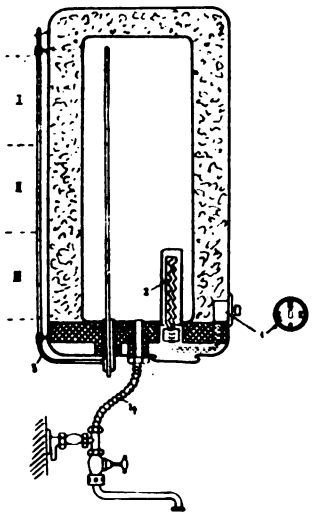
Später zeigte sich das Bedürfnis nach kleineren Speichern zur Versorgung von Einzelzapfstellen in der Küche usw. Verfolgt man die Entwicklung seit 1912, dann stellt man fest, daß die Einführung der kleinen Heißwasserspeicher in Deutschland außerordentlich langsam gegangen ist. Die Gründe hierfür sind einleuchtend. Die oben geschilderte umfangreiche Apparatur, wie automatischer Temperaturschalter, Sperruhr und getrennter Elektrizitätszähler, spielt bei den großen Anlagen mit einem Jahresverbrauch von 3000 kWh und mehr eine untergeordnete Rolle; sie hindert aber die allgemeine Einführung der kleinen Apparate. Speicher haben für Werk und Abnehmer nur Wert, wenn sie den Überschußstrom in der Nacht ausnutzen, und das erforderte eben bei den bisherigen Tarifen teure Einrichtungen. Es hat lange gedauert, bis diese Schwierigkeit überwunden war, und doch ist deren Lösung schließlich sehr einfach. Es ist in letzter Zeit geglückt, Tarife zu bilden, bei denen das Elektrizitätswerk auf den Einbau von Schaltuhren und besonderen Zählern verzichten kann. Die Tarife zwingen gewissermaßen den Stromabnehmer, den Heißwasserspeicher nur in der Zeit einzuschalten, in der es dem Elektrizitätswerk genehm ist. Die kostbaren Apparaturen werden überflüssig; der Anschluß der Heißwasserspeicher erfolgt in der gleichen einfachen Weise wie der jedes anderen Apparates. Wohl ist die Schaltung dann nicht mehr selbsttätig, sondern der Tarif erfordert, daß der Abnehmer den Speicher von Hand bedienen muß. Die Handbedienung der kleinen Apparate ist aber von so untergeordneter Natur, daß sie gar nicht ins Gewicht fällt und vom Publikum überhaupt nicht lästig empfunden wird. Wem die zwei Handgriffe am Tage zuviel sind und wer es sich leisten kann, dem steht es jederzeit frei, sich die automatische Apparatur einbauen zu lassen.

Die Tarife und die Handschaltung der Apparate bedingen Änderungen an den bisher gebräuchlichen Speichern in mehrfacher Hinsicht. Um die Erfordernisse beurteilen zu können, ist es nötig, die neuen Tarife zu beschreiben; es sind deren zwei:

[1] ETZ 1912, S. 868.

1. Der Grundgebührentarif mit Maximalzähler.

Die Grundgebühr beträgt etwa 10 RM/kW und Monat. Der Abnehmer wählt die Höhe der abonnierten Kilowatt etwa entsprechend seiner höchsten Lichtspitze. Die Leistungsgebühr stellt sich bei Speicheranschluß auf 7 bis 9 Pf/kWh, ohne Speicheranschluß um 25 ... 30 % höher. Der Abnehmer sorgt dafür, daß in der Nacht der Heißwasserspeicher, am Tage seine übrigen Haushaltungsapparate und abends nur Licht benutzt werden. Überschreitet er die abonnierten Kilowatt, dann läuft der Maximalzähler an, dessen Angaben mit 35 Pf/kWh zusätzlich bezahlt werden müssen. Bei 100 % Überschreitung schaltet die automatische Anschlußsicherung aus. Alle Apparate werden bei diesem Tarif an eine gemeinsame Leitung angeschlossen; dadurch ist die Installation im Hause die denkbar einfachste und billigste. Bei diesem Tarif muß der Speicher von Hand geschaltet werden, verlangt also einen gut sichtbaren Schalter, u. zw. einen Gruppenschalter, weil der Heizkörper unterteilt werden muß, um die zu verschiedenen Zeiten jeweilig verfügbare Leistung voll ausnutzen zu können.



1 Gruppenschalter
2 Heizkörper
3 Wasserstandsglas
4 Biegsamer Anschluß

Abb. 1.

2. Der Doppeltarif mit gewöhnlichem Doppeltarifzähler.

Eine gewisse Grundarbeit, vom Werk nach dem früheren Bedarf oder nach der Zimmerzahl festgelegt, wird monatlich mit 30 ... 40 Pf/kWh abgerechnet. Für den Mehrbetrag schwankt der Preis am Tage zwischen 10 und 14 Pf und des nachts zwischen 7 und 9 Pf. Auch schwankt die Einschaltzeit des Nachttarifs, ob ein Speicher vorhanden ist oder nicht, zwischen 22 und 20 Uhr, während des Morgens die Umschaltzeit jetzt allgemein auf 6 Uhr festgelegt ist. Hier wie auch oben werden Strompreise in Ansatz gebracht, die Mittelwerte, berechnet aus der Benutzungsdauer der einzelnen Verbrauchsgegenstände, darstellen. Auch hier werden alle Verbrauchsapparate an eine gemeinsame Leitung angeschlossen; auch hier fordert der Speicher einen sichtbaren Gruppenschalter und unterteilte Heizkörper, um die Heizung während der Nacht dem vorhergegangenen Bedarf anpassen zu können.

Hat man sich mit der Tatsache der Handschaltung ausgesöhnt, dann kann man noch einen Schritt weitergehen, u. zw. zur ausschließlichen Verwendung des Auslaufspeichers für Einzelzapfstellen an Stelle des Überlaufspeichers. Wenn ersterer auch theoretisch einen etwas geringeren Nutzeffekt als der Überlaufspeicher hat, so sind seine wärmetechnischen Eigenschaften schon darum wertvoller, weil er auch abends spät in der Küche noch mit Sicherheit genügend heißes Wasser zum Abwaschen des Geschirrs des bei uns spät liegenden Abendessens liefert. Aber viel wichtiger ist es, daß im Auslaufspeicher kochendes Wasser hergestellt werden kann, wie es die Köchin im Wasserkessel auf dem Feuerherd gewohnt ist. Früher bzw. bei den Druckspeichern mußte ein selbsttätiger Temperaturschalter im Speicher eingebaut werden, um mit Sicherheit ein Kochen zu verhüten. Dieser Schalter muß selbstverständlich fortbleiben, wenn man Kochtemperaturen erzielen will. Die Forderung des Einbaus von automatischen Temperaturschaltern in Auslaufspeichern wäre eine vollständige Verkennung und Durchkreuzung der guten Eigenschaften dieses Apparates. Fürchtet man ein Trockengehen der Speicher infolge Unachtsamkeit, dann besteht die Möglichkeit des Einbaues eines Trockengehschutzes; das wäre

Digitized by Google

aber nur eine Übergangsmaßnahme, die ebenso schnell wieder verschwinden wird wie früher bei den Kochtöpfen.

Sehr beachtlich ist ferner, daß das Fortlassen des automatischen Temperaturschalters und die Einführung des Gruppenschalters sich für das Elektrizitätswerk günstig auswirken, da hierdurch die Stromspitze gesenkt wird und damit die Benutzungsdauer im Haushalt weiter wächst. Von großem Wert ist auch, daß beim Auslaufspeicher die Anbringung eines Wasserstandsglases möglich wird, an dem die Hausfrau sich jeweils vom Vorrat überzeugen kann; sie kann sich einrichten und wird bewahrt vor der sehr unangenehmen Überraschung des plötzlichen Leerseins des Apparates. Abb. 1 zeigt den auf Grund der neuen Tarife herausgebildeten kleinen „RIWA". Die Elektrizitätswerke, die diese neuen Tarife angewendet haben, erzielten schon nach ganz kurzer Zeit sehr gute Erfolge. Die Verbilligung des Anschlusses und der Apparate selbst, die Möglichkeit der Erzeugung von kochendem Wasser fördern nicht nur den Anschluß von Speichern, sondern vor allem auch die Einführung der elektrischen Küche.

Die Stromversorgungsanlage und die elektrischen Einrichtungen des Reichspostzentralamts.

(Mitteilung aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt.)

Von Dipl.-Ing. **H. Stübler**, Postdirektor im Reichspostzentralamt, Berlin.

Übersicht. **Der Aufbau einer der größten Experimentier- und Laboratoriumsanlagen mit den verschiedenartigsten Stromquellen für Gleich- und Wechselstrom in zentraler Anordnung und mit einer ausgedehnten Verteilungsanlage für Spannungen bis 20 kV wird beschrieben. Besonders berücksichtigt sind dabei die baulichen und elektrischen Maßnahmen, die ein störungsfreies Zusammenarbeiten der verschiedenen Laboratorien mit zum Teil sehr empfindlichen Versuchseinrichtungen ermöglichen.**

Die Arbeitsgebiete des Reichspostzentralamts (RPZ), des früheren Telegraphentechnischen Reichsamts, haben sich im Laufe des letzten Jahrzehnts u. a. auch durch Eingliederung einer besonderen Abteilung „Post" derart vermehrt und erweitert, daß die in Berlin zerstreut liegenden und teilweise recht unzulänglichen Arbeitstellen der einzelnen Abteilungen in bezug auf Raum und ihre maschinen- und laboratoriumstechnische Ausstattung bei weitem nicht mehr den gestellten Anforderungen genügten. Deshalb wurden sämtliche Verwaltungs-, Laboratoriums- und Abnahmestellen des RPZ auf ein größeres fiskalisches Grundstück nach Berlin-Tempelhof zusammengelegt. Bei dieser Zusamenfassung lag der Gedanke nahe, eine gemeinsame Stromversorgungsanlage für die Laboratorien und die verschiedenen Prüf- und Abnahmewerkstätten zu schaffen. Dabei mußte in erster Linie dafür gesorgt werden, daß die einzelnen Stellen elektrisch und akustisch störungsfrei zusammenarbeiten konnten.

Abb. 1. Reichspostzentralamt (Telegraphentechnisches Reichsamt) in Berlin-Tempelhof.

Allgemeine Raumeinteilung.

Aus verwaltungstechnischen Gründen war gefordert, daß die Laboratorien jeder Abteilung ihren zugehörigen Büros räumlich angegliedert werden. Damit erhielten die Laboratorien vornehmlich ihren Platz im Hauptgebäude (Abb. 1), während die Prüf- und Abnahmewerkstätten als geräuschvollere Betriebe und mit viel Zu- und Abtransport in den vorhandenen Nebengebäuden untergebracht wurden. (Einen Lageplan mit den Gebäuden zeigt Abb. 17[1]). Um gegenseitige Störungen bei Versuchen in den Laboratorien auszuschalten, wurden diese derartig auf den Grundriß des Gebäudes verteilt, daß Laboratorien, die z. B. mit hochfrequenten oder starken Strömen und großen Energien arbeiten, von solchen getrennt gelegt wurden, die empfindliche Messungen auszuführen haben, wie das Meßreferat, die Verstärker- und Kabellaboratorien oder die Funkempfangslaboratorien (Funküberwachung). Durch weitgehende horizontale Gliederung des Hauptgebäudes konnten sämtliche Laboratorien im Verband ihrer Abteilungen so untergebracht werden, daß diese Forderung erfüllt ist. Mit einer solchen Zusammenfassung der Laboratorien im Hauptgebäude war der große Vorteil verbunden, daß in einer zentralen Stromversorgungsanlage alle notwendigen Stromquellen vereinigt werden konnten.

Der Vorteil besteht vor allem in der Ersparnis von Bedienungspersonal im Maschinenraum und in den Sammlerräumen, in der Aufstellung einer geringeren Zahl von Maschinen und Sammlern, weil sie vielseitiger ausgenutzt werden können und weniger Ersatz notwendig ist, in der Einschränkung des großen Bedarfs an den im Betrieb kostspieligen tragbaren Sammlern und in einem einfacheren und übersichtlicheren Aufbau der Verteileranlage trotz des vielleicht größeren Kupferaufwands.

Alle nicht organisch mit den Büros zusammenhängenden Betriebe, wie die Prüf- und Abnahmestellen, die Werkstätten und Hilfsbetriebe und das Maschinenprüffeld, wurden nicht im Hauptgebäude, sondern in den diesem am nächsten liegenden Nebengebäuden untergebracht. Übermäßig starke Querschnitte und allzu lange Leitungen konnten dadurch vermieden werden, trotzdem auch bei diesen Stellen für die in der Schwachstromtechnik üblichen niedrigen Spannungen nur ein geringer Spannungsabfall zugelassen werden konnte.

Für die Zentralisierung der Stromversorgungsanlage wurde nun erwogen, ob eine eigene elektrische Kraftzentrale, etwa im Zusammenhang mit der Heizanlage, für den ganzen Gebäudekomplex erstellt werden sollte. Dieses Projekt wurde jedoch deshalb fallen gelassen, weil für gewisse Versuche zeitweilig größere Energien zur Verfügung stehen mußten und dafür Maschinen verhältnismäßig großer Leistung hätten eingebaut werden müssen, die dann nur selten voll belastet und richtig ausgenutzt worden wären. Auch schied dieses Projekt als Ersatzkraftquelle aus, da es sich hier um keinen öffentlichen, lebenswichtigen Betrieb handelt. Aus diesen Gründen wurde ein Hochspannungsanschluß an das zugehörige Elektrizitätswerk gewählt und eine Umspann- und Umformeranlage in den Kellerräumen des Hauptgebäudes in unmittelbarer Nähe des Maschinenraums, im Schwerpunkt des Verbrauchernetzes, errichtet.

Maschinen- und Sammleranlagen.

Hochspannungsraum.

Das RPZ bezieht seine Energie aus dem Hochspannungsnetz der Märkischen Elektrizitätswerke durch die Tempelhofer Elektrizitäts-Lieferungsgesellschaft (TELG) als Drehstrom von 3×6000 V und ist doppelseitig von Ost und West an das Hochspannungskabelnetz angeschlossen. Die Umformung in Niederspannung geschieht durch Transformatoren in 3×220 V Drehstrom und durch rotierende Umformer, Motorgeneratoren, in 2×110 V Gleichstrom mit geerdetem Mittelleiter. Hinter den Trennschaltern und den notwendigen Einrichtungen für Wirk- und Blindleistungsmessung befindet sich ein ferngesteuerter Hauptölschalter mit Null- und Maximalstrom-Zeitauslösung, der die Hochspannungs-Sammelschienen unter Spannung setzt. An diese sind fünf ebenfalls ferngesteuerte Ölschalter für vorläufig zwei Motorgeneratoren und drei Trans-

[1] In der Fortsetzung des Aufsatzes in H. 2 der ETZ 1930.

Digitized by Google

formatoren angeschlossen. Die z. Z. verfügbare Transformatorenleistung von 155 kVA ist unterteilt und kann dem jeweiligen Tages- und Nachtbedarf des Amtes angepaßt werden. Durch gleiche Belastungscharakteristiken der Transformatoren ist eine beliebige Parallelschaltung möglich. Den bereits vorhandenen 30- und 50 kVA-Transformatoren, die sekundär in Stern geschaltet sind, wurde vor allem zur Prüfung elektrischer Maschinen mit größeren Leistungen und der üblichen Spannung von 3 × 380 V noch ein umschaltbarer Transformator von 220/380 V und 75 kVA mit Stern-Zickzack-Schaltung hinzugefügt. Die Verbindungsleitungen nach den Niederspannungs-Sammelschienen für 3 × 220 V im Maschinenraum entlang der Hauptschalttafel wurden auf kürzestem Wege zusammen mit den Steuerleitungen als Bleikabel in Zementkanälen verlegt. Als Drehstrom-Hochspannungskabel wurden dagegen auch innerhalb des Gebäudes ausschließlich armierte Bleikabel verwendet.

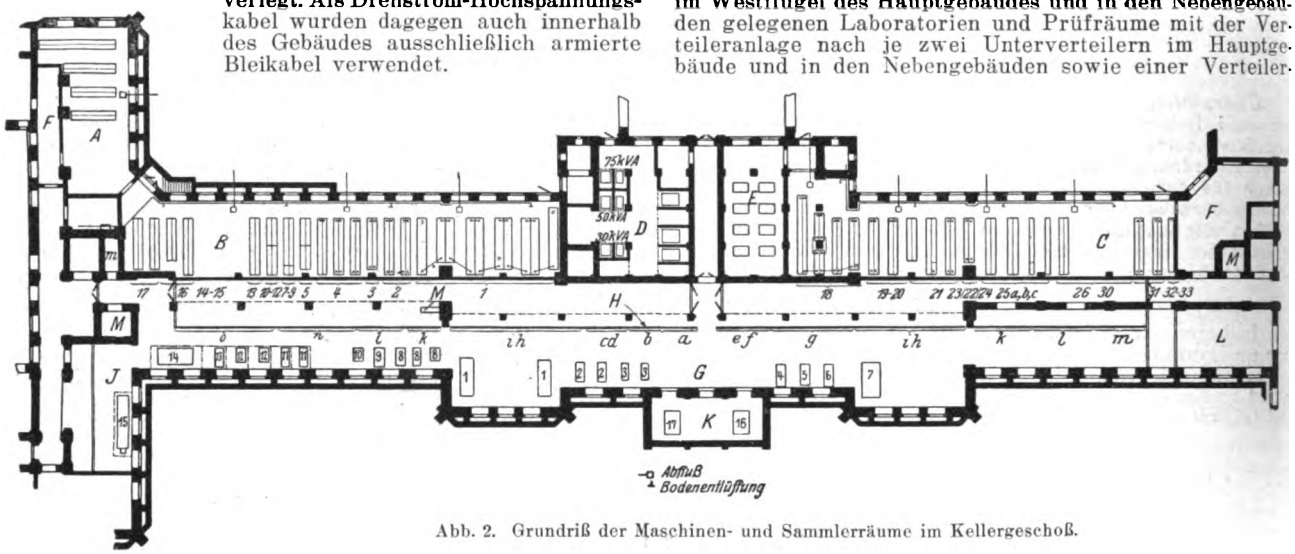


Abb. 2. Grundriß der Maschinen- und Sammlerräume im Kellergeschoß.

A Hochspannungs-Sammlerraum
B Sammlerraum West
C „ Ost
D Transformatoren-Hochspannungsraum
E Rohrpost-Maschinenraum
F Abstellraum
G Maschinenraum
H Schaltanlage
J Höchstspannungsraum
K Hochfrequenz-Maschinenraum
L Werkstatt
M Kabelschacht

1 Hauptbatterie, 2×60 Zellen
2 ... 12 Prüf- und Versuchsbatterien, 6 ... 31 Zellen
13 Telegraphierbatterie, 16×10 Zellen
16, 17 Heizbatterien, 4×12 und 4×15 Zellen
18 Zusatzbatterie, 2×60 Zellen
21 ... 24 Prüf- und Versuchsbatterien, 6 ... 60 Zellen
25 Anodenbatterie, 3×120 Zellen
31 S.-A.-Batterie, Hauszentrale
32, 33 Batterien für Nebenanlagen
1 Hauptumformer
2 ... 6 Ladeumformer
7 ... 10 Experimentierumformer
11 ... 15 Hochspannungsumformer
16, 17 Hochfrequenzumformer

Baulich wurde der Hochspannungsraum mit Rücksicht auf die große Zahl der im Hauptgebäude befindlichen Büroräume so hergerichtet, daß die Ölschalter und Transformatoren je in einer für sich abgeschlossenen Zelle untergebracht wurden, die durch ein starkes, schmiedeeisernes Rohr nach einer außerhalb des Gebäudes befindlichen, luftdicht abgeschlossenen Sickergrube Abfluß hat, so daß bei etwaigen Ölbränden das Öl sofort nach außen abfließen kann.

Maschinenraum.

Weil die Laboratorien zwecks störungsfreien Zusammenarbeitens über den ganzen Grundriß des Hauptgebäudes verteilt werden mußten, wurde auch die elektrische Verteilungsanlage sehr ausgedehnt. Als Aufstellungsort für die Stromquellen und die Hauptverteiler wurden die zentral gelegenen Räume des Kellergeschosses (Abb. 2) zwecks kurzer Leitungsverbindung nach den Laboratorien und Nebengebäuden ausgewählt. In dem langgestreckten Mittelteil wurden längs der Nordseite die Sammlerräume und längs der Südseite der Maschinenraum untergebracht, der auch entsprechend der Lage der Stromverbraucher gegliedert wurde. Im Ostflügel des Hauptgebäudes befinden sich die Entwicklungslaboratorien für das Fernsprech- und Telegraphenwesen mit ihren empfindlicheren Meßeinrichtungen, das Meßreferat, die Kabel- und Verstärkerabteilung, die akustischen Laboratorien und die Unterrichtsabteilung, während in den Westflügel die elektrisch weniger empfindlichen Laboratorien, die Funksendelaboratorien für Telegraphie und Telephonie, die elektrischen Prüfstellen für neu entwickelte Apparate und Fernsprechschaltungen der Selbstanschlußtechnik u. a. m. gelegt wurden. Dem Westflügel am nächsten liegen auch die Nebengebäude mit den Prüf- und Abnahmewerkstätten für Amtsbauteile, Apparate, Röhren u. dgl. Die Funkempfangslaboratorien mit ihren empfindlichen Meßapparaturen für quantitativen Empfang, wie auch Laboratorien für Sendeversuche mit kurzen Wellen wurden zur Vermeidung größerer Verluste unmittelbar unter das Dach des Mittelbaus gelegt.

Damit ergab sich folgende Gliederung in der Anlage des Maschinenraums: Mittelteil mit Hauptanschluß an das Hochspannungsnetz, Drehstromumwandlung in 3 × 220 V mit Verteilung, Drehstromumformung in Gleichstrom 2 × 110 V für das Licht- und Kraftnetz im Neubau und Ladeeinrichtungen zum Laden der verschiedenen Sammlerbatterien. Ostteil mit den Spezialmaschinen und -sammlerbatterien für die im Ostflügel gelegenen Laboratorien, mit der Verteileranlage nach zwei im Hauptgebäude gelegenen Unterverteilern, Lichtverteilung und Stromquellen für die betrieblichen Schwachstrom-Nebenanlagen. Westteil mit den Spezialmaschinen und -sammlerbatterien der im Westflügel des Hauptgebäudes und in den Nebengebäuden gelegenen Laboratorien und Prüfräume mit der Verteileranlage nach je zwei Unterverteilern im Hauptgebäude und in den Nebengebäuden sowie einer Verteileranlage für Gleichstrom-Hochspannung bis 3000 V aus Maschinen und einer unterteilten Hochspannungsbatterie und einer Gleichstrom-Hochspannungs-Maschinenverteileranlage bis 20 000 V.

Trotz der verhältnismäßig großen Entfernungen innerhalb des Hauptgebäudes und nach den Nebengebäuden konnten die niederen Schwachstromspannungen noch mit mäßigen Leitungsquerschnitten und ohne zu große Spannungsverluste verteilt werden. Dies wurde auch durch die günstige Anordnung der Sammlerräume zum Maschinenraum erreicht. Zwischen ihnen wurde die Hauptschalttafel aufgestellt, für deren rückseitigen Zugang ein langer Flur ausgenutzt wurde. Die Hauptschalttafel (Abb. 3) stellt durch ihre Länge von rd. 75 m eine Sonderheit dar, die durch die beiden großen Hauptverteiler und die große Zahl der Bedienungsfelder von Spezialmaschinen bedingt war.

Wie der Maschinenraum wurde auch die Hauptschalttafel gegliedert, so daß kürzeste Verbindungen von den Sammlerbatterien und Spezialmaschinen über die beiden Hauptverteiler Ost oder West zu den Verbraucherstellen geschaffen wurden. Über Querverbindungen ist ein Austausch der Batterien und Maschinen von einem Flügel nach dem anderen ermöglicht. Im einzelnen sind der Aufbau und die Gliederung der Hauptschalttafel folgendermaßen durchgeführt worden. Im erweiterten Mittelteil des Maschinenraums befinden sich folgende Schalttafelfelder[2]:

a) Ein Hauptanschlußfeld mit Fernsteuerung des Hauptölschalters, Meßgeräten für Wirk- und Blindleistung aus dem Drehstrom-Hochspannungsnetz 3 × 6000 V mit Phasenanzeiger und Signalisierung zweier Grenzwerte des Leistungsfaktors für voreilenden und nacheilenden cos φ.

[2] Die Schalttafelfelder a), b), c) usw. sind in Abb. 2 durch die gleichen Buchstaben kenntlich gemacht.

Digitized by Google

b) Zwei Bedienungsfelder für die Hauptumformer mit synchronisierten Asynchronmotoren für 3×6000 V zur Abgabe von Blindleistung bis 90 %, gekuppelt mit Nebenschlußgeneratoren mit abschaltbarer Kompoundwicklung, regelbar bis zur Remanenz für 220/320 V, 90 kW für Lade- und Experimentierzwecke.

c) Drei Bedienungsfelder für die Hauptbatterie zur Ladung und Entladung der beiden Hälften + 110 und — 110 V mit geerdetem Nulleiter und Doppelzellenschaltern und einer Relaisschaltung zur selbsttätigen Konstanthaltung der Netzspannung mit Verteilung der Gleichspannung für Licht-, Kraft- und Experimentierzwecke aus den Gleichstrom-Sammelschienen.

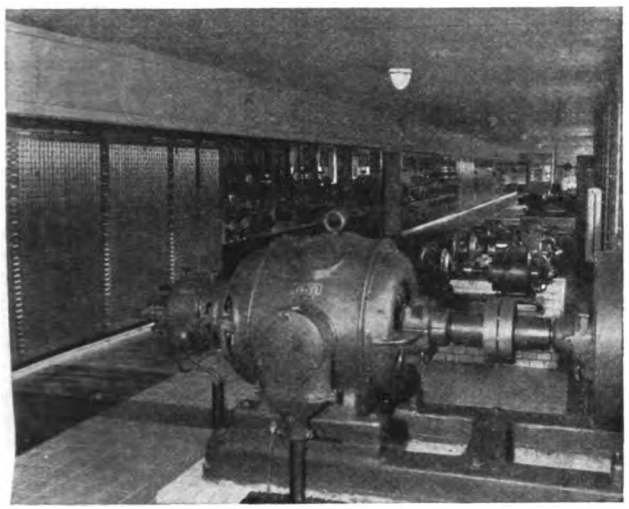


Abb. 3. Maschinenraum mit Mittelteil der Hauptschalttafel.

d) Ein Batteriefeld für eine Zusatzbatterie zur Herstellung von 2×220 V oder 440 V Gleichstrom.

e) Drei Bedienungsfelder für die Fernsteuerung der Transformatoren von 75, 50 und 30 kVA mit Verteilung der Drehstromspannung 3×220 V aus den Drehstrom-Sammelschienen nach den sechs Unterverteilern im Hauptgebäude und den Nebengebäuden für Licht-, Kraft- und Experimentierzwecke sowie 3×380 V nach dem Maschinenprüffeld.

f) Ein Bedienungsfeld für einen Experimentiertransformator von 25 kVA mit den gebräuchlichen Drehstromspannungen bis 500 V mit Verteilung.

g) Sieben Bedienungsfelder für Lademaschinen mit den Normalspannungen von 24 und 60 V und mit in weiten Grenzen regelbaren Spannungen bis zu 500 V und Stromstärken bis 100 A. Die meisten Maschinen sind bis zur Remanenz regelbar und oberschwingungsfrei und deshalb auch für Experimentierzwecke verwendbar.

Dieser Mittelteil ist im Osten und Westen je begrenzt durch einen Hauptverteiler zur Verteilung der Maschinen- und Batteriespannungen an die Unterverteiler. Über den Hauptverteiler „West" werden je zwei im Westflügel des Hauptgebäudes und in den Nebengebäuden gelegene Unterverteiler gespeist, während der Hauptverteiler „Ost" zwei im Ostflügel des Hauptgebäudes gelegene Unterverteiler und die beiden Hörsäle mit Spannungen versorgt. Die Hauptverteiler bestehen aus: 1. Einem Maschinenvorwählerfeld (*h* in Abb. 2) zur Schaltung der Experimentiermaschinen nach dem Kreuzschienenverteiler, 2. drei Doppel-Kreuzschienen-Verteilerfeldern (*i*) zur Verteilung der Batterie- und Maschinenspannungen für Stromstärken bis etwa 100 A auf obige vier bzw. zwei Unterverteiler, 3. zwei bzw. einem Kreuzschienenlade- und Verteilerfeld von Spezialbatterien (*i*) für Stromstärken bis 100 A, 4. zwei Buchsenfeldern (*k*) zur Ladung und Verteilung von Batterie- und Maschinenspannungen bis etwa 35 A.

Am Westverteiler befindet sich noch ein Erregerverteilerfeld für die Regelung der Spannung (Amplitude) und Umdrehungszahl (Frequenz) von Generatoren der Experimentierumformer von einer beliebigen Abnahmestelle in einem Laboratorium.

Den Ostteil der Hauptschalttafel bilden zwei Bedienungsfelder von Spezialmaschinen (*l*), die hauptsächlich im Ostflügel des Gebäudes gebraucht werden, zwei Felder (*m*) für die Verteilung des Licht- und Kraftstromes auf dem Grundstück und ein Feld für die Bedienung der Stromquellen der Schwachstrom-Nebenanlagen (automatische Fernsprech-Hauszentrale, Uhren-, Fernthermometer-, Feuermelder- und Wächterkontrollanlage) mit eingebautem Gleichrichter zur Ladung und Pufferung der Fernsprech-Zentralbatterie. Der Westteil der Hauptschalttafel besteht ebenfalls aus einer Anzahl Bedienungsfelder für Spezialmaschinen (*l*), vor allem Wechselstrommaschinen von 25 ... 1000 Hz, die hauptsächlich in den im Westflügel gelegenen Laboratorien und Prüfräumen des Hauptgebäudes und in den Nebengebäuden gebraucht werden. Den Abschluß der Hauptschalttafel nach Westen zu bilden vier Bedienungsfelder von Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen (*n*) bis zu einer Spannung von 2500 V, ein Schaltfeld für eine unterteilte Hochspannungsbatterie bis vorläufig 2000 V und eine zugehörige Kreuzschienen-Verteileranlage (*o*), bestehend aus fünf Feldern zur Verteilung dieser Spannungen nach 27 Abnahmestellen. Vorläufig sind zwei Maschinen für je 2000 V und zwei für je 2×1250 V aufgestellt worden.

Entsprechend der Anordnung dieser Schalttafelfelder wurden auch die verschiedenen Umformersätze längs der Schalttafelfront aufgebaut, so daß der Schaltwärter bei den Schaltoperationen stets die betreffende Maschine im Auge behält. Im erweiterten Mittelteil des Maschinenraums haben die größeren Umformer Aufstellung gefunden, während nach Osten und Westen zu, wo der Raum sich schlauchartig verengt, die vielen Spezialumformer Platz fanden. Sämtliche Maschinen sind mit ihrer Achse zwecks besserer Übersicht senkrecht zur Schalttafelflucht und in gleicher Achsenhöhe je auf besonderen schwingungsdämpfenden, gemauerten Fundamenten aufgestellt worden.

Sondermaschinenräume.

Die hauptsächlich für drahtlose Telegraphie und Telephonie verwendeten Hochfrequenzmaschinen bis 10 000 Hz mußten einerseits wegen der akustischen Störungen durch ihre hohe Drehzahl, anderseits wegen der elektrischen Störungen in einem besonderen Raum aufgestellt werden. Dafür wurde als geeigneter und zentral gelegener Raum unmittelbar neben dem Maschinenraum der Hohlraum unter der Freitreppe gewählt und entsprechend hergerichtet. Die Maschinen wurden ebenfalls auf schwingungsdämpfende gemauerte Fundamente und außerdem noch auf Schwingungsdämpfer gesetzt. Die

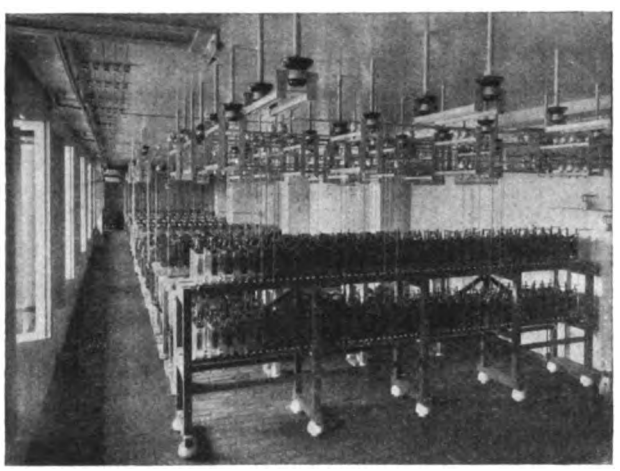


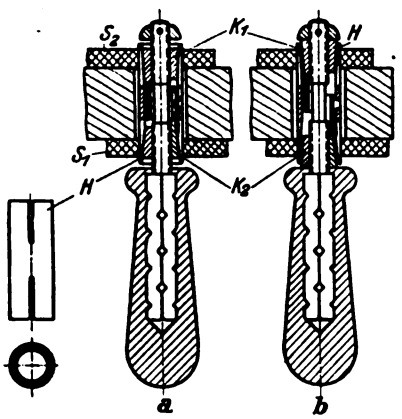
Abb. 4. Sammlerraum West.

Generatorleitungen wurden als Hochfrequenz-Litzenkabel mit verdrallten Adern und elektrostatischem Eisenschutz versehen und von den übrigen Experimentierleitungen getrennt unmittelbar nach den Abnahmestellen zusammen mit den Reglerleitungen verlegt. Um auch erforderlichenfalls diese Maschinen nach anderen Laboratorien schalten zu können, wurden solche Hochfrequenz-Litzenkabel auch nach zwei Unterverteilern verlegt.

Die Hochspannungsanlage für Gleichstromspannungen über 2500 bis 20 000 V wurde aus wirtschaftlichen Gründen, vor allem wegen der kostspieligen Verteileranlage für so hohe Spannungen und wegen der schwierigen technischen Ausführung der dafür erforderlichen Bedienungs- und Verteilerfelder, von der anderen Hochspannungsanlage abgetrennt. Die Verteilertafeln haben wegen der notwendig einzuhaltenden Kriechwege für diese Spannungen im Rückbau eine Tiefe von 2 m erhalten. Auch mit Rücksicht darauf, daß eine solche Anlage mit besonderer Aufmerksamkeit bedient werden

Digitized by Google

muß, haben die Maschinenbedienungs- und Verteilerfelder zusammen mit einer Gleichstrom-Hochspannungsmaschine bis 20 000 V in einem besonderen, an den Maschinenraum im Westen anschließenden Raum Platz gefunden. Zur Verteilung kommen hier die Spannungen von dieser 2 × 10 000 V-Maschine, einer 6200 V- und einer 4000 V-Maschine und von zwei in Reihe geschalteten Maschinen von je 2500 V. Sämtliche Hochspannungsmaschinen sind hinter Eisengittern aufgestellt, deren Zugänge mit Schaltkontakten für die Abschaltung des Generatorerreger- und Motorstroms versehen sind. Der Motorkontakt kann jedoch nach Bedarf von der Innenseite des Gitters geschlossen werden, damit die Maschinen auch während des Laufes in unmittelbarer Nähe beobachtet werden können. Die Mehrzahl der Maschinen hat besondere Erregermaschinen, damit ein Übertritt von Hochspannung ins Netz im Fall eines Überschlags von der Ankerwicklung des Generators nach der Erregerwicklung ausgeschlossen ist. Alle Hochspannungsmaschinen sind durch vorgeschaltete Drosselketten gegen eindringende Hochfrequenz von Sendern und gegen Spannungstöße beim Schalten unter voller Erregung geschützt. Zum Schutz gegen das Eindringen von Hochfrequenz in das Netz sind außerdem noch bei sämtlichen Maschinen Hochfrequenzsicherungen in die Generatorerregerleitungen eingebaut worden.



S_1, S_2 Vordere und hintere Schiene
K_1, K_2 Konusmuttern mit Rechts- und Linksgewinde
H Preßkontakthülse

Abb. 5. Doppel-Preßkontakt-Stöpsel, festgepreßt (*a*) und lose (*b*).

Sammlerräume.

Bei der Zentralisierung der Stromquellen im Hauptgebäude fanden die Sammlerbatterien in zwei unmittelbar hinter dem Maschinenraum gelegenen Räumen Aufstellung (Abb. 4), wodurch die kürzeste Verbindung nach den beiden Hauptverteilern „Ost" und „West" geschaffen wurde. Die Batterien wurden wie die Maschinen, entsprechend ihrem Verwendungszweck und dem Ort der Laboratorien, wo sie hauptsächlich gebraucht werden, aufgestellt. So stehen die Hauptbatterien mit 2 × 110 V und geerdetem Mittelleiter als Hauptstromquelle für Experimentier-, Kraft- und Lichtzwecke und eine Zusatzbatterie zur Herstellung von 2 × 220 V, Anoden- und Heizbatterien zentral zur Hauptschalttafel. Nach Osten zu fanden die Betriebsbatterien für die automatische Haus-Fernsprechzentrale und für die Nebenanlagen, nach Westen zu eine größere Zahl 60-, 24- und 12 V-Batterien für Prüf- und Abnahmezwecke, besondere Heizbatterien für große Senderöhren und in einem daran anschließenden Raum die Hochspannungsbatterie mit vorläufig 1000 Zellen, hauptsächlich als Anodenbatterie für Funkzwecke, ihre Aufstellung. Die Spannungen dieser Batterie werden wie die der Hochspannungsmaschinen über den Hochspannungsverteiler verteilt. Sämtliche Batterien sind hochisoliert aufgestellt, so daß sie beliebig am Kreuzschienen- oder Buchsenverteiler in Reihe geschaltet, geerdet oder für größere Stromentnahme parallel geschaltet werden können.

Verteilungsanlagen.

Niederspannungsanlagen bis 500 V.

Die Verteilung der Niederspannung an den beiden Hauptverteilern im Osten und Westen des Maschinenraums wird über Kreuzschienen- und Buchsenverteiler vorgenommen. In ersteren lassen sich Ströme bis 100 A, in letzteren bis 35 A schalten. Bei den Kreuzschienenfeldern wurden allgemein die waagerechten, rückseitig montierten primären Schienen mit den Stromquellen und die senkrechten, vorderseitig montierten sekundären Schienen mit den nach den Stromverbrauchern abgehenden Leitungen beschaltet. Zwischen diesen und den Schienen sind noch einpolige Hebelschalter angeordnet. Die Verbindung der waagerechten mit den senkrechten Schienen erfolgt durch Doppel-Preßkontakt-Stöpsel (Abb. 5), deren vorder- und rückseitig geschlitzte Hülsen durch Auseinanderspreizen mittels eines Doppelkonus sich stramm in aufeinanderpassende Löcher der beiden Schienen einpassen. Bei dieser Anordnung können Fehlschaltungen vermieden werden, wenn immer nur ein Stöpsel in eine senkrechte Schiene gesteckt wird. Außerdem ist durch farbige Kennzeichnung der Pole, der Stromarten und der abgehenden Leitungen Fehlschaltungen vorgebeugt worden. In den Buchsenfeldern wird eine Verbindung durch einadrige Litzenschnüre mit je einem Einfachpreßkontakt am Ende hergestellt. Wegen Platzersparnis auf den Feldern wurden hier nur die Stromquellen durch doppelpolige Hebelschalter abgeschaltet.

Die Querschnitte der Leitungen für wählbare Spannungen von der Stromquelle bis zur Abnahmestelle sind im allgemeinen so bemessen, daß für die starken Querschnitte (über Kreuzschienen) bei Entnahme von 20 A ein Spannungsabfall von ungefähr 1,25 V und für die schwächeren Querschnitte (über Buchsen) bei Entnahme

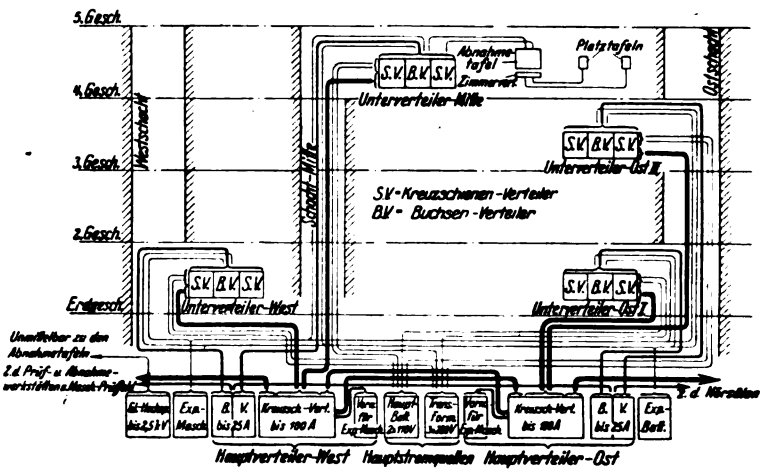


Abb. 6. Prinzipschaltung der Verteileranlage.

von 5 A ein Spannungsabfall von ungefähr 0,9 V auftritt. Die Leitungen sind auf kürzestem Wege von der Stromquelle über die Hauptverteiler durch besondere Kabelschächte nach den Unterverteilern und von diesen nach den Abnahmestellen geführt (Abb. 6). Um Leitungen zu sparen, wurden die vier Unterverteiler im Hauptgebäude in verschiedenen Stockwerken und zwei kleinere, die ebenfalls aus Feldern mit Kreuzschienen für starke Ströme und aus Feldern mit Buchsen für schwächere Ströme bestehen, in den Nebengebäuden aufgestellt. Zur Steuerung und Erregung der Maschinen von der Abnahmestelle aus sind besondere Leitungen mit schwächerem Querschnitt über einen Erregerverteiler verlegt worden.

An beiden Hauptverteilern sind einige feste Spannungen, die sehr viel gebraucht werden und deshalb dauernd zur Verfügung stehen müssen, an den Kreuzschienen primärseitig, d. h. an den waagerechten Schienen in doppelter Zahl vorhanden und als Dauerverbindung nach den Unterverteilern geschaltet. Es sind dies die Gleichspannungen von — 12, — 24, — 60 V je mit geerdetem Pluspol, ± 110 V mit geerdetem Mittelleiter, + 220 V mit geerdetem Minuspol je aus Sammlerbatterien und 3 × 220 V Drehstrom. Außer diesen Spannungen steht eine große Zahl verschiedener und beliebig schaltbarer Spannungen aus Sammlerbatterien zur Verfügung. Spannungen aus größeren Maschinen werden, um Platz und Schaltfelder zu sparen, über einen Maschinenvorwähler ebenfalls auf die Kreuzschienen-Verteilerfelder geschaltet.

Beide Hauptverteiler sind durch einige ankommende und abgehende Querverbindungen miteinander verbunden, ebenso die Unterverteiler. Nach den vier Unterverteilern im Hauptgebäude, im Ostflügel „Ost I" und „Ost II", im Westflügel „Mitte" und „West", sind außer den besonders starken Leitungen für die festen Spannun-

Digitized by Google

gen je 11 starke und 20 schwächere Doppelwahlleitungen von den beiden Hauptverteilern verlegt. Außerdem gehen noch nach jedem Unterverteiler 12 Erreger-Doppelleitungen und an alle Unterverteiler gemeinsam noch eine Anzahl schwächerer Leitungen für Anoden- und Gitterspannungen, Rufspannungen u. a. m. Diese Leitungen sind, soweit sie innerhalb des Hauptgebäudes verlaufen, als 2- und 3adrige Normalpanzerkabel mit leichtem Drall und geerdeter Eisenumklöppelung auf leichten Eisengerüsten frei gespannt, die in den Fluren 35 cm unter der Decke und in den Steigeschächten in geringem Abstand von der Wand eingebaut sind. Es sind drei Kabelschächte, einer im Osten, einer in der Mitte und einer im Westen des Gebäudes, also je vom Ende und von der Mitte der Hauptschalttafel ausgehend vorhanden (in Abb. 2 mit *M* bezeichnet). Die Leitungen nach den beiden anderen Unterverteilern in den Nebengebäuden sind durch Zementkanäle (Kabelformstücke) als Bleikabel verlegt. Ihre Zahl ist entsprechend den wenigen Stromarten, die im Werkstätten- und Abnahmebetrieb gebraucht werden, beschränkt.

Zur Messung der Spannungen an den Kreuzschienenfeldern sind beliebig einstellbare einpolige Spannungsumschalter eingebaut, um auch von in Reihe geschalteten Batterien die Gesamtspannung messen zu können; die Spannungen der Stromquellen auf den Buchsenfeldern werden in der üblichen Weise durch doppelpolige Drehumschalter gemessen. Zur Strommessung sind in die primären Leitungen Nebenschlüsse eingebaut, damit der Lade- und Entladestrom der Batterien unmittelbar an diesen Feldern gemessen werden kann, wo auch die Ladung durch die Lademaschinen erfolgt. *(Schluß folgt.)*

Ein neuer Spannungstransformator für Höchstspannungen.

Von **A. Meyerhans**, Baden (Schweiz).

Übersicht. **Der Aufbau eines neuen, verbilligten Spannungswandlers für Höchstspannungen und hohe Meßleistungen wird beschrieben und es werden die hauptsächlichen elektrischen Eigenschaften und Größenverhältnisse angegeben.**

Die fortschreitende Entwicklung der Netzschutzeinrichtungen hat in den letzten Jahren einen großen Bedarf an Spannungswandlern geschaffen. Die hohen Kosten und die großen Ausmaße der bekannten, den Leistungstransformatoren gleichenden Bauweise wurden dabei mit dem Hinaufklettern der Netzspannungen immer offensichtlicher. Besonders bei Spannungen über 100 kV war der Aufwand für den Spannungstransformator im Vergleich zu der angeschlossenen Apparatur ganz unverhältnismäßig groß. Auch die Herstellung von dreiphasigen Spannungstransformatoren, die, um den einzelnen Phasen die Unabhängigkeit von den andern zu sichern, mit magnetischem Rückschluß gewöhnlich in Form eines vierten und fünften Schenkels ausgestattet wurden, brachte hierin keine genügende Besserung.

Nun wurden vor kurzem interessante Neuschöpfungen auf den Markt gebracht. Eine Konstruktion löst den Spannungstransformator in eine Kette von kleineren Spannungstransformatoren auf, die jeweils nur für eine Teilspannung gebaut und isoliert werden müssen. Damit wird erreicht, daß der Aufwand an Isolationsmaterial nur noch proportional zur Spannung zunimmt, während er bei der alten Bauweise mehr als quadratisch zur Spannung stieg. Der Kaskadenwandler[1] hat jedoch die Eigenschaft, daß die verfügbare Meßleistung mit der wachsenden Gliedzahl abnimmt. Gerade bei den größten Spannungen ist es aber oft wünschenswert, mehrere Apparate an denselben Spannungswandler anzuschließen. Es ist nicht selten, daß Meßleistungen von 200 VA bei einer Genauigkeit, die der VDE-Klasse „E" entspricht, verlangt werden.

Noch kleiner ist die verfügbare Leistung bei dem „Widerstands-Spannungswandler" nach A. Imhof[2]. Dieser mißt mittels eines kleinen Stromwandlers den Strom, der durch einen reinen Wirkwiderstand fließt. Dieser Strom ist, da temperaturunabhängiges Widerstandsmaterial verwendet wird, der angelegten Spannung proportional. Die vom Stromwandler verbrauchte Teilspannung darf dabei nur sehr klein sein im Verhältnis zur Gesamtspannung, da sonst zu große Fehler bzw. Fehlwinkel entstehen würden. Der durch den Widerstand fließende Strom ist ein reiner Verluststrom und kann nicht beliebig gesteigert werden. Damit ist die am Stromwandler verfügbare Leistung sehr begrenzt (15 ... 30 VA).

Die AG. Brown, Boveri & Cie. hat nun einen neuen Spannungswandler entwickelt, der hinsichtlich Preis und Platzbedarf gegenüber der alten Bauart ebenfalls sehr große Vorteile bietet, dabei aber die große Belastbarkeit unvermindert beibehält. Dies konnte erreicht werden mit einem ungestaffelten Einphasen-Transformator, bei dem aber das Isolierproblem in ganz neuartiger Weise gelöst wurde. Wenn man einen Spannungstransformator alter Bauart für eine Netzspannung von beispielsweise 150 kV betrachtet, so sieht man, daß der aktive Teil, d. h. der Eisenkern mit der Wicklung, eine im Vergleich zu den Durchführungsisolatoren bescheidene Ausdehnung besitzt. Die Durchführungsisolatoren, die ihrerseits wieder zum guten Teil den Ölkasten bestimmen, sind in erster Linie maßgebend für die Größe des Transformators und beeinflussen auch dessen Preis entscheidend. Es mußte also eine Konstruktion, die ohne die üblichen Durchführungsisolatoren auskam, gesucht werden.

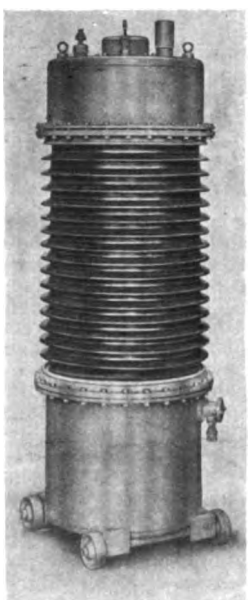


Abb. 1. Isoliermantel-Spannungstransformator für 150 kV Netzspannung.

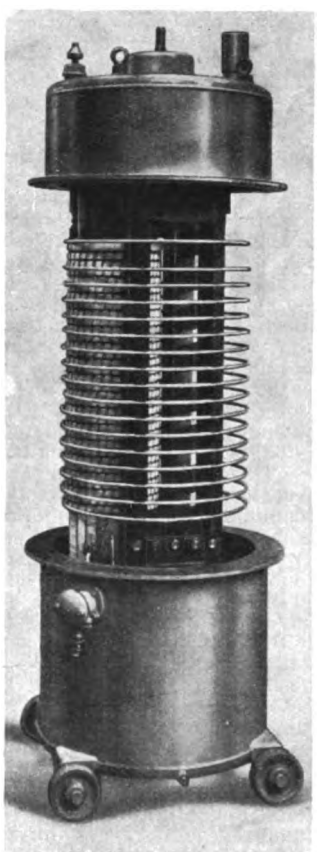


Abb. 2. Isoliermantel-Spannungstransformator für 150 kV Netzspannung mit abgenommenem Isoliermantel.

Alle neuen Spannungswandler messen stets die Spannung zwischen Leitung und Erde. Es liegt in ihrer Natur, daß ein Ende des Hochspannungskreises gegen die Sekundärwicklung nicht hoch isoliert werden kann und deshalb geerdet werden muß. Durch Zusammenschaltung von drei solchen Spannungswandlern lassen sich aber in bekannter Weise auch die drei verketteten Spannungen allen Dreiphasennetzen entnehmen. Auch der nachstehend beschriebene neue Spannungstransformator muß immer zwischen Leitung und Erde geschaltet werden. Abb. 1 zeigt die äußere Form des neuen Transformators. Man sieht ein zylinderförmiges Ölgefäß, welches aus einem Isoliermantel und zwei metallischen Abschlußkappen besteht. Die Abschlußkappen bilden die beiden Hochspannungspole. Die

[1] Keinath, Siemens-Z. Bd. 8, S. 629. Ein Referat wird in der ETZ 1930, H. 2, erscheinen.

[2] Imhof, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 1074. ETZ 1929, S. 1591.

Digitized by Google

obere wird direkt an die Leitung, die untere direkt an Erde gelegt. Der aktive Teil ist im Innern so angeordnet, daß die Primärwicklung sich über fast die ganze Länge des Isoliermantels erstreckt und auf einer Mantellinie nahe an diesen herankommt (Abb. 2). Das obere Ende dieser Wicklung ist mit der oberen Abschlußkappe, das untere Ende mit der unteren Abschlußkappe leitend verbunden. An das untere, also geerdete Ende der Primärwicklung reiht sich die Sekundärwicklung an, deren beide Enden durch die untere Abschlußkappe nach außen geführt werden. Der Eisenkern, der nur einschenklig bewickelt ist, wird auf das Potential des Mittelpunktes der Primärwicklung gebracht und muß somit gegen die beiden Abschlußkappen für je die halbe Spannung isoliert sein. Er wird mit kräftigen isolierenden Zwischenstücken am oberen Rand der unteren Abschlußkappe befestigt.

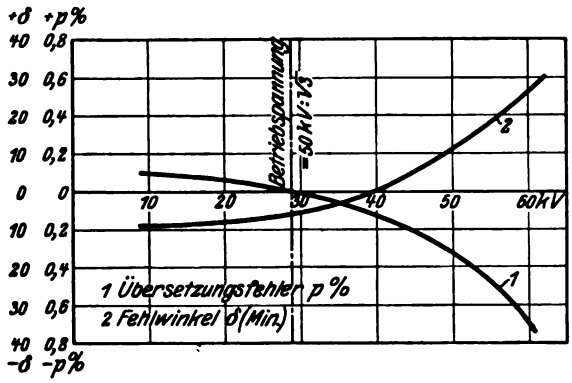


Abb. 3. Übersetzungsfehler und Fehlwinkel der 50 kV-Type in Abhängigkeit von der Primärspannung bei konstantem Belastungswiderstand entsprechend 200 VA bei 28,9 kV.

Um den ganzen aktiven Teil, den bewickelten und unbewickelten Schenkel umfassend, sind in kleinen Abständen isolierte Drahtringe angebracht, die mit passenden Punkten der Primärwicklung leitend verbunden werden. Sie sind in Abb. 2 in ihrer Anordnung deutlich zu sehen. Diese Ringe haben die Aufgabe, das Spannungsgefälle längs des Isolierzylinders am ganzen Umfang auf größtmögliche Gleichmäßigkeit zu bringen. Damit wird eine maximale Ausnutzung des Überschlagweges außen am Isolierzylinder erreicht. Der sehr reichlich bemessene Eisenquerschnitt und andere geeignete Maßnahmen sorgen dafür, daß die Streuspannung klein bleibt.

Durch die gezeigte Anordnung und mit Hilfe der neuesten Fortschritte der Isoliertechnik konnte der neue Spannungstransformator derart klein gebaut werden, daß auch für die höchsten vorkommenden Spannungen die Isoliermäntel aus keramischem Material hergestellt werden können. Es finden hauptsächlich Zylinder aus veredeltem Steinzeug (Silimanit), das sich an Oberteilen von großen Durchführungsisolatoren sehr gut bewährt hat, Verwendung. Außen sind Schirme angebracht, damit eine Aufstellung im Freien ohne weiteres möglich ist. Die obere Abschlußkappe ist wie der Deckel eines Freiluftransformators ausgerüstet. Entsprechend langjährigen Erfahrungen wurde kein Ölausdehnungsgefäß angeschlossen. Da das Öl im Transformator nie hohe Temperaturen erreicht, ist eine Oxydation nicht zu befürchten. Die Atmungswege wurden sehr sorgfältig ausgebildet, damit keine Feuchtigkeit in das Innere dringen kann. Die Sekundäranschlüsse sind durch eine auf den Abbildungen deutlich sichtbare Kabelanschlußdose geschützt. Damit der ganze Spannungstransformator sehr leicht vom Ort bewegt werden kann, wird er normalerweise mit Rollen ausgerüstet.

In Dreiphasennetzen mit nicht fest geerdetem Nullpunkt wird bei einem Erdschluß einer Phase die Spannung zwischen den beiden übrigen Phasen und Erde auf den verketteten Wert ansteigen. Dieser Zustand kann unter Umständen stundenlang dauern. Unter Berücksichtigung aller Möglichkeiten und um ganz sicher zu gehen, werden sämtliche Spannungstransformatoren der beschriebenen Art so bemessen, daß sie auch die 1,2fache verkettete Netzspannung dauernd aushalten. Sie sind so abgestimmt, daß sie im Bereiche zwischen der 0,8- und 1,2fachen Phasenspannung die größte Genauigkeit besitzen. Für die Genauigkeit der VDE-Klasse „E" (Fehler 0,5 %, Fehlwinkel 20′ bei allen Leistungsfaktoren der Sekundärbelastung zwischen 0,5 und 1) beträgt die Leistung hierbei mindestens 200 VA.

Abb. 3 zeigt als Beispiel für die 50 kV-Type die gemessenen Übersetzungsfehler und Fehlwinkel in Abhängigkeit von der Primärspannung. Es ist dabei zu beachten, daß die normale Betriebspannung der Phasenspannung entspricht, also rd. 29 kV beträgt. Bei dieser Spannung war die Belastung 200 VA ($\cos\varphi = 1$). Der Belastungswiderstand blieb unverändert. Die Belastung stieg also quadratisch zur Spannung. Trotzdem waren bis über die verkettete Spannung hinaus Übersetzungsfehler und Fehlwinkel innerhalb der in Klasse „E" gezogenen Grenzen.

Zahlentafel 1 gibt einen Überblick über die Leistungsfähigkeit der neuen Konstruktion.

Zahlentafel 1.

Netzspannung . . . kV	50	66	87	110	150	220
Leistung nach Klasse E . . . VA	200	200	200	200	250	250
" " F . . . "	600	600	600	600	750	750
Max. Dauerbelastbarkeit . . "	2000	2500	3500	5000	7000	10000

Wie man sieht, ist die maximale Dauerbelastbarkeit, begrenzt durch die höchstzulässigen Übertemperaturen, sehr beträchtlich. Die neue Transformatortype ist also auch für die Speisung von Hilfsbetrieben in Umspannwerken oder für den Anschluß von kleinen Stromverbrauchern in dünnbevölkerten Gebieten an große Überlandleitungen geeignet. Eine Dreiphasengruppe, bestehend aus beispielsweise drei 150 kV-Typen, hat ja eine Leistung von 21 kVA.

Es ist klar, daß die neue Konstruktion ohne weiteres auch als Erdungsdrosselspule zum Ableiten von statischen Ladungen gebraucht werden kann. — Der Löschspulenschutz wird durch zwischen Leitungen und Erde geschaltete Spannungstransformatoren bekanntlich nicht beeinträchtigt, da der von diesen aufgenommene Strom im Verhältnis zum Löschstrom verschwindend gering ist.

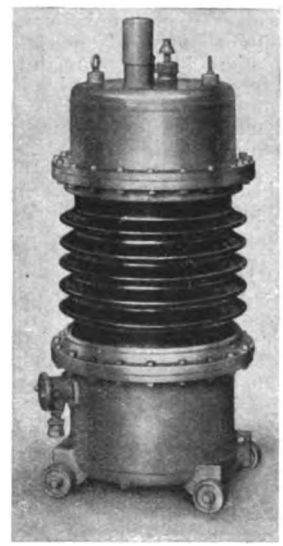


Abb. 4. Isoliermantel-Spannungstransformator für 50 kV Netzspannung.

Für die Primärwicklung steht im neuen Spannungstransformator verhältnismäßig viel Raum zur Verfügung; sie kann deshalb auch reichlich isoliert werden. Die erste und letzte Spule erhält verstärkte Drahtisolation. Die große Deckelkappe als Eingang zur Primärwicklung wird übrigens auf die Windungsbeanspruchung durch Sprungwellen günstig wirken. Die neue Konstruktion besitzt gegen Überspannungen mindestens die gleiche Widerstandsfähigkeit wie die alten bewährten Konstruktionen. Auf eine Verwendung von Schutzwiderständen kann verzichtet werden. Die bisher übliche Fremdspannungsprüfung ist beim neuen Spannungstransformator primärseitig nicht mehr ausführbar. Da ein Ende der Wicklung stets geerdet ist, wird die Isolationsprobe mit Eigenspannung bei erhöhter Frequenz ausgeführt. Die Prüfspannungen sind die gleichen wie für die vorschriftsmäßigen Fremdspannungsprüfungen.

Nachdem nun die verschiedenen Vorzüge des Isoliermantel-Spannungstransformators hervorgehoben worden sind, wird ein Maßvergleich gegenüber der üblichen Ausführungsform interessieren (Zahlentafel 2).

Zahlentafel 2.

Ausführung	50 kV-Type (Freiluft) alte	50 kV-Type (Freiluft) neue	150 kV-Type (Freiluft) alte	150 kV-Type (Freiluft) neue
Grundfläche . . . . mm	1230 × 940	580 × 580	2400 × 2000	800 × 800
Höhe . . . . . "	1700	1350	4200	2400

Zu berücksichtigen ist dabei, daß von der alten Ausführungsform in einzelnen Fällen, z. B. für Leistungsmessung, zwei Transformatoren in V-Schaltung die gleichen Dienste leisteten wie nun drei Isoliermantel-Spannungstransformatoren. Die Wirtschaftlichkeit der neuen Konstruktion beginnt bei der 50 kV-Type und wächst mit zunehmender Spannung.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrisierung der Schweizerischen Bundesbahnen. — Der Verwaltungsrat der SBB hat in seiner Sitzung vom 19. XI. einen Bericht der Generaldirektion über die Fortsetzung der Elektrisierung und die Ergänzung der Energieversorgung durch Erstellung des Etzelwerks genehmigt. Das Programm für die zweite Elektrisierungsstufe, die 476 km umfaßt und in sieben Jahren durchgeführt werden soll, sieht die Elektrisierung folgender Linien vor:

	Baujahr
Neuenburg—La Chaux-de-Fonds—Col-des-Roches	1930/31
Delsberg—Basel	1930/31
Delsberg—Delle	1931/32
Wallisellen—Uster—Rapperswil; Uznach—Ziegelbrücke	1931/32
Zürich—Affoltern—Zug	1931/32
Biel—Sonceboz—La Chaux-de-Fonds	1932/33
Bern—Luzern	1932/34
Rorschach—Buchs	1933/34
Gossau—Sulgen	1934/35
Neuenburg—Les Verrières	1934/35
Sonceboz—Moutier	1935/36
Giubiasco—Locarno	1935/36

Die Gesamtkosten der Elektrisierung der vorstehend aufgeführten Linien werden rd. 81 Mill fr betragen. Davon entfallen 44 Mill fr auf die Unterwerke, Übertragungsleitungen und die elektrische Ausrüstung der Bahn mit den zugehörigen Änderungen an den Schwachstromanlagen und Überbauten, 34 Mill fr auf die Triebfahrzeuge und 3 Mill fr auf die Verstärkung der Brücken.

Auf den gemäß diesem Programm zu elektrisierenden Linien wird der Verkehr im Jahre 1936 voraussichtlich 930 Mill Brutto-tkm erreichen, was einem Energiebedarf von etwa 43 Mill kWh entspricht. Bis zum Jahre 1940 wird dieser Energiebedarf gemäß der für die Verkehrsentwicklung gemachten Annahme auf 45 Mill kWh steigen. Daneben ist auch noch die Strecke Iselle—Domodossola zu berücksichtigen, die gemäß den mit der Generaldirektion der Italienischen Staatsbahnen getroffenen Vereinbarungen im Mai 1930 elektrisiert sein muß und für die die SBB die elektrische Energie zu liefern haben. Der Verkehr auf dieser Strecke erreichte im Jahre 1928 72,6 Mill Brutto-tkm, die einen Mehrbedarf an Energie von 3,5 Mill kWh erfordern, der bis 1940 auf 5 Mill kWh anwachsen kann.

Zur Deckung des Mehrbedarfs an Energie wurde zunächst der Bezug von Energie aus nicht der Bahn gehörenden Kraftwerken in Betracht gezogen. Für die Lieferung des Neubedarfs unterbreiteten die AG. La Dixence, die AG. Motor-Columbus und die Bernischen Kraftwerke AG. Angebote. (Die BKW zogen in der Folge ihre Offerte wieder zurück.) Auf Grund der Berechnungen kam jedoch die Generaldirektion zu dem Ergebnis, daß der Bau des Etzelwerkes gemeinsam mit den Nordostschweizerischen Kraftwerken den für die Bundesbahnen günstigsten Weg der Ergänzungsenergieversorgung bilde. (Schweiz. Bzg. Bd. 95, S. 279.) *e.*

Die Zukunft des Oberleitungsomnibusses. — M. P. Colardeau weist in einer Untersuchung darauf hin, daß seit dem Kriege die Kosten der Gleise bedeutend geworden sind, so daß man auf neuen Linienausbau verzichten und sich dem gleislosen Betrieb für Personenverkehr und Gütertransport widmen müßte. Die im Jahre 1914 spruchreif gewordenen Bahnprojekte im Landkreis der Rhonemündung konnten daher damals nicht finanziert werden; erst 1926 ging man an die Ausführung gleisloser elektrischer Verkehrsmittel und konnte bereits im September 1927 die gleislose Linie Aubagne—Gemenos von 5,4 km Länge eröffnen, sie bald darauf bis Cuges-les-Pins auf 15 km verlängern und mit 5 Vetra-Omnibussen betreiben. Die erste Strecke hatte bisher Gleisbetrieb und machte sich trotz 45 000 fr Jahreszuschuß nicht bezahlt, die Omnibusstrecke ergab dagegen 45 % Steigerung der Einnahmen bei gleichen Tarifen. Die Omnibusse sind tiefgebaute, neuzeitliche Wagen nach Renaultschem Antriebsystem und können 45 km/h in der Ebene, 25 km/h auf Steigungen von 40 ‰ laufen. Die Stromabnahme erfolgt durch 2 Rollen. Die Fahrleitung hängt an Eisenbetonmasten mit Auslegern. Abb. 1 zeigt Wagen, Stromabnehmer, Fahrleitungsanlage und Streckenbeschaffenheit der besagten Linie. Die Stromspeisung erfolgt bei km 0 vom Straßenbahnnetz und bei 8,3 km durch ein spannungserhöhendes Umformerwerk.

Verschiedene weitere und umfangreichere Projekte in gleicher Gegend des Departement Savoie sollen noch in

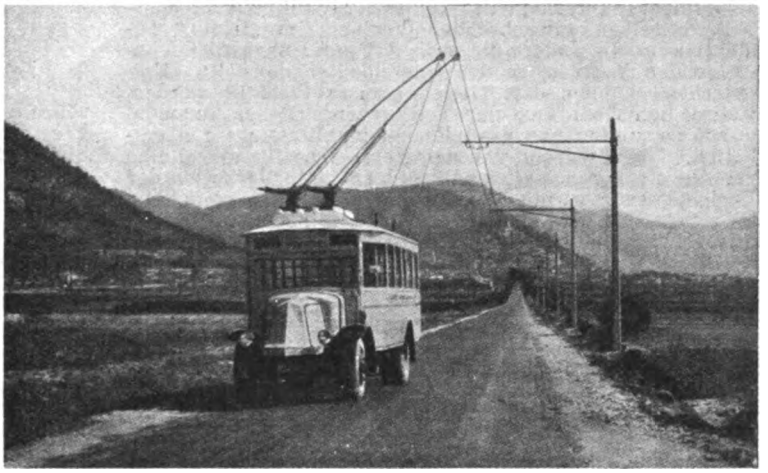


Abb. 1. Oberleitungsomnibus.

diesem Jahre verwirklicht werden, wodurch zum Teil überalterte Straßenbahnen ersetzt werden und die durch die Gleise verrotteten Straßendecken auch für die Benutzung durch Automobile brauchbar gemacht werden, was der freistehenden Straßenbahn-Kopfschienen wegen bisher gefahrvoll war. Hier werden auch Güterwagen von 3,5 t Nutzlast und Anhängewagen für 4 t Verwendung finden, und man hofft, in kurzer Zeit ein ausgedehntes und wirtschaftliches Netz gleisloser Bahnen errichten zu können. (M. P. Colardeau, El. et Mécanique Bd. 4. S. 43.)

M. S.

Leitungen.

Ionisationsstudien in papierisolierten Kabeln. — Die dielektrischen Verluste im Kabel kann man aufteilen in solche, die im Papier und in der Tränkmasse einerseits — zusammenfassend kurz Verluste im festen Dielektrikum genannt — und in solche, die in den Gaseinschlüssen entstehen. Die Abhängigkeit beider Verlustarten von der Spannung ist ganz verschieden und die große Gefahr der letztgenannten für den Bestand des Kabels allgemein bekannt. Gelingt eine scharfe Trennung beider Verlustanteile, so eröffnen sich bemerkenswerte Einblicke in den Gesamtvorgang im Kabeldielektrikum unter Hochspannung. Die erste Bedingung für die Durchführbarkeit dieser Trennung ist die genaue Kenntnis der Charakteristik des im obigen Sinne festen Dielektrikums. An Prüfstücken, bei denen mit Sicherheit alle Gaseinschlüsse entfernt waren — mit allen Vorsichtsmaßregeln getrocknete und getränkte Papierscheiben zwischen Plattenelektroden — wurden bei zahlreichen Temperaturen und Frequenzen Messungen gemacht, u. zw. bei drei sehr verschiedenen Tränkmassen. Eine solche Meßreihe bei 60 Hz und 19,5 ° zeigt die folgende Zahlentafel:

Gradient	1575	4730	7900	11000 V/mm
Verluste	0,061	0,396	1,1	2,13 mW/cm³
tg δ	0,18 %	0,18 %	0,18 %	0,18 %

Dielektrizitätskonstante der Tränkmasse fast konstant 2,88.

Von Ionisation ist also nichts zu merken, die Verlustkurve verläuft quadratisch mit der Spannung. Die andern beiden Tränkmassen lieferten gleichartige Ergebnisse.

Ganz anders das Verhalten von Gashäuten. Anderweitige Messungen an dünnen Gashäutchen zeigten, daß in Abhängigkeit von der Stromdichte unterhalb des Ionisierungspunktes der Gradient proportional, darüber aber schwächer und schwächer ansteigt und schließlich konstant wird; anderseits steigt die Verlustleistung nach der Ioni-

Digitized by Google

sation nahezu linear mit der Stromdichte an. Die Verfasser folgern hieraus, daß die im Kabeldielektrikum in Richtung eines Halbmessers zwischen Leiter und Bleimantel verteilten Lufteinschlüsse sehr geringer Dicke zufolge der mit dem Radius abnehmenden Feldstärke erst nach und nach bei steigender Spannung zur Ionisation gelangen, und daß sich somit die Verlustkurve nach Art der in Abb. 2 dargestellten zusammensetzt. Sie ist zunächst nach oben konkav und geht in eine Gerade über, sobald die Spannung hoch genug geworden ist, um alle Gasschichten zu ionisieren. Trägt man nun die gemessene Verlustkurve eines Einleiterkabels einmal im linearen und außerdem im logarithmischen Maßstabe über der Spannung auf, so läßt sie sich in die beiden Teilkurven zerlegen, deren eine die quadratisch mit der Spannung (im log. System also linear) unterhalb des Ionisationspunktes und oberhalb desselben anwachsenden Verluste im „festen" Dielektrikum, die andere die nach Art der Kurve Abb. 2 ansteigenden Verluste in den Gasschichten darstellt. Entsprechend können drei Gleichungen aufgestellt werden, welche den Charakter der Teilkurven und der Summenkurve darstellen und zwei Proportionalitätsfaktoren enthalten. Diese wurden von den Verfassern für eine Reihe von Kabeln festgestellt, und das dargelegte Verhalten der Verlustkurven wurde in allen Fällen bestätigt gefunden. Es zeigte sich, daß die Kabel mit den höchsten Ionisationsverlusten die höchsten Werte der Ionisationskonstanten aufwiesen. Diese Größe K_1 ist die Tangente des Neigungswinkels des linearen Teiles der Kurve Abb. 2. Der andere Proportionalitätsfraktor K kennzeichnet den quadratischen Anstieg der Verlustkurve im „festen" Dielektrikum. K und K_1 sind nach Ansicht der Verfasser charakteristische Kriterien für die Beurteilung der Güte eines Kabels; zu ihrer Ermittlung aus einer gemessenen Gesamtverlustkurve dient das angedeutete graphische Verfahren. An Modellen, die aus Pyrex-Glasrohren mit zwischenliegenden Luftschichten aufgebaut waren, gelangt die Bestätigung der vorstehend kurz wiedergegebenen Theorie. Eines der Modelle hatte einen einzigen konzentrischen Luftraum, ein anderes drei solcher in radialer Reihenfolge.

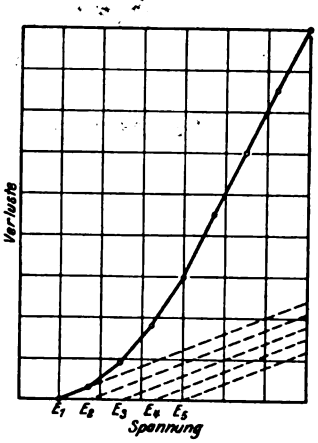
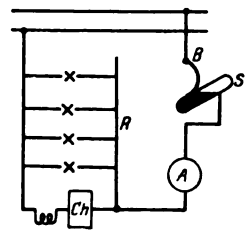


Abb. 2. Zusammensetzung der Verluste in den Gasschichten.

Aus der oben erwähnten Gleichung für die Gesamtverluste folgt eine weitere Gleichung für den Leistungsfaktor. Da sich die Kapazität mit der Spannung kaum ändert, läßt sich rechnerisch die Leistungsfaktorkurve extrapolieren, ohne daß man Messungen bei höheren als dem Kabel zuträglichen Spannungen vornehmen müßte. Diese Leistungsfaktorkurven-Gleichung setzt sich aus drei Summanden zusammen, deren jeder eine einfache Kurve darstellt. Entsprechend läßt sich der Verluststrom darstellen durch eine aus drei Summanden bestehende Gleichung; der erste stellt den der Spannung proportionalen Strom im festen Dielektrikum dar, der zweite und dritte sind die beiden Komponenten des Ionisationsstromes. Letzterer ist eine rechtwinklige Hyperbel, deren Asymptoten die Y-Achse und eine Gerade zur X-Achse (Spannungsachse) im Abstand von K_1-Einheiten von der X-Achse bilden. — Der Charakter der Kapazitätskurve hängt ab von der Dicke und der Verteilung der Gaseinschlüsse im Kabeldielektrikum. (C. L. Dawes, H. H. Reichard u. P. H. Humphries, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 3.) *Eg.*

Apparate.

Untersuchung eines Bimetall-Selbstschalters. — M. Porchet veröffentlicht die Ergebnisse von Versuchen, die in der Prüfstation des französischen Landwirtschaftsministeriums an einem Selbstschalter mit Bimetallauslösung und Quecksilber-Schaltröhre angestellt wurden. Angesichts der heute so vielseitigen Verwendung von Bimetallstreifen können diese Versuche allgemeines Interesse beanspruchen[1]. Der Schalter ist speziell für landwirtschaftliche Betriebe und Ströme in der Größenordnung 10 A bei bis zu 1700 V bestimmt. Die Versuchsanordnung und gleichzeitig das Prinzip des Schalters zeigt Abb. 3. Am Lampenwiderstand R wurde eine bestimmte Stromstärke eingestellt (gemessen im Stromzeiger A) und mittels des Chronographen Ch die Zeiten des Leuchtens und Erloschenseins der Lampen bestimmt. Die Abschaltströme lassen sich durch Neigungsverstellung der Schaltröhre verändern. Abb. 4 zeigt die Kurve, die bei der Einstellung auf maximalen Auslösestrom erhalten wurde. Sie ist darstellbar durch eine Hyperbelgleichung

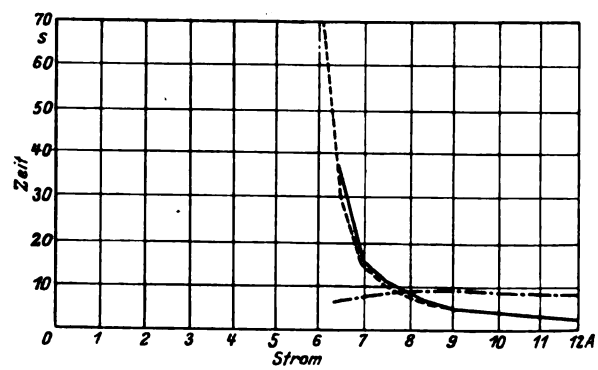


B Bimetallstreifen
S Schaltröhre
A Stromzeiger
Ch Chronograph
R Lampenwiderstand

Abb. 3. Anordnung zur Prüfung des Selbstschalters.

$$t\,(i - i_0) = C,$$

wobei t die Leuchtdauer, i den jeweiligen Strom, i_0 den aus der Kurve berechneten Anfangstrom der Ausschaltwirkung und C eine Konstante darstellen. i_0 wird hier zu 5,98 A, C zu 15,1 A.s ermittelt. Die Übereinstimmung zwischen theoretischer und gemessener Kurve ist, auch in allen späteren Fällen, gut und beweist, abgesehen von weiteren Umständen, die Zweckmäßigkeit des Prinzips. Bei der gegebenen Einstellung des Schalters findet sich für einen Überstrom von m % die Zeit bis zur Abschaltung $t = 259/m$ Sekunden; der doppelte Nennstrom wird nach 2,59 s abgeschaltet.



——— Lampen hell —·— Lampen dunkel ---- berechnet

Abb. 4. Hell- und Dunkelzeiten der Widerstandslampen, abhängig vom Strom im Schalter.

Die Versuche werden noch auf kleinere Anfangsströme erstreckt und auch hierzu die Hyperbeln dargestellt. Der kleinste einstellbare Strom des geprüften Schalters beträgt 3,42 A; die Abschaltzeiten liegen entsprechend zwischen $259/m$ und $578/m$ Sekunden. Es wurde dann noch der Einfluß der Außentemperatur untersucht und für den vorstehend behandelten Schalter als zu groß befunden. Für die Abhängigkeit des Grenzstromes von der Außentemperatur T fand sich die Beziehung $i_0 = 5{,}62 - 0{,}052\,T$, d. h. für jedes Grad Temperaturerhöhung eine Änderung des Grenzstromes um 0.052 A. Bei einer Schwankung um 30 °, die praktisch durchaus möglich ist, ergibt das eine Stromänderung von 1,5 A, die als nicht mehr zulässig betrachtet werden muß. Um die Empfindlichkeit auf Schwankungen der Außentemperatur herabzusetzen, wurde ein anderer Bimetallstreifen eingesetzt, der mit höherer Temperatur arbeitete. Die Beziehung lautete danach $i_0 = 5{,}96 - 0{,}0197\,T$, bei 30 ° Temperaturänderung traten also nur mehr 0,6 A Stromänderung auf, was als zulässig gelten darf. (M. Porchet, Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 743.) *nkl*

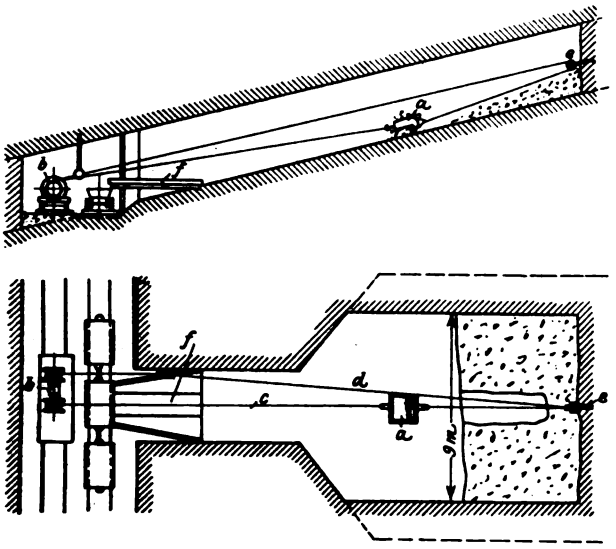
Bergbau und Hütte.

Schrapperförderung im Bergbaubetriebe unter Tage. — Wenn auch den im amerikanischen Bergbau weit verbreiteten mechanischen Wagen-Beladeeinrichtungen unter Tage in Europa nicht das gleiche Interesse entgegengebracht wird, weil hier die Löhne niedriger sind, so wird man doch auch in Europa früher oder später mit einer

[1] Vgl. a. W. Aumann, Wärmeregler in Theorie und Praxis. ETZ 1927, S. 743.

Digitized by Google

erhöhten Mechanisierung des Betriebes rechnen müssen. Handelt es sich um nicht zu großstückiges Material, so lassen sich, wie Le Génie civil berichtet, gemäß Abb. 5

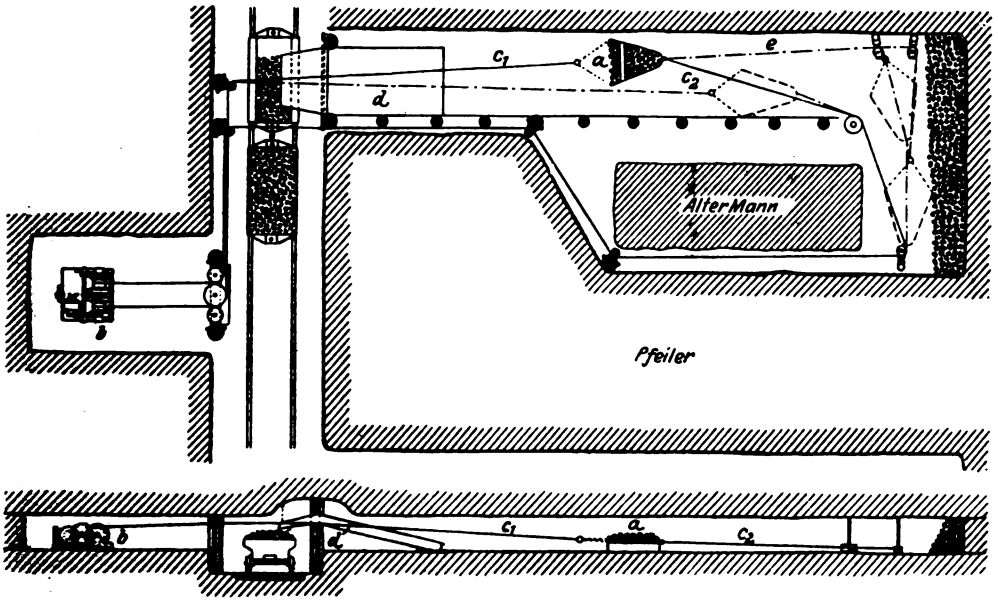


a Schrapper *b* Haspel *c, d* Seile *e* Rolle *f* Schnurre

Abb. 5. Schrapper mit fahrbarem Haspel.

man eine sichere Führung des Schrappers erzielt. Die Schnurre *d*, über die der Schrapper das Fördergut zieht, besteht aus Holz oder Eisenblech. Der Schrapper arbeitet mit Erfolg bei flacher und welliger Lagerung sowie in Betrieben mit einem Einfallen bis zu 40 °. Im Kammer- und Pfeilerbau konnten bisher unbauwürdige dünne Flöße vielfach mit Gewinn abgebaut werden, und Kammertiefen von 100 ... 120 m sind dann keine Seltenheit. Da die in den einzelnen Kammern zur Verfügung stehende Kohlenmenge verhältnismäßig gering ist, leert man am besten mehrere nebeneinanderliegende Kammern, die durch Kohlenpfeiler von annähernd gleicher Breite voneinander getrennt sind, mit einem einzigen Schrapper, und der Haspel wird mit Hilfe eines auf Rädern laufenden Gestells von Kammer zu Kammer geschafft. Bei Zusammenfassung mehrerer Kammern zu einem Abbausystem ergeben sich auf diese Weise Schrapperleistungen von rd. 100 t in einer Schicht. In Langfront betrieben liegen die Leistungen um rd. 20 ... 30 % höher.

Eine der Hauptbedingungen für die erfolgreiche Verwendung des Schrappers im Abbau ist die weitestgehende Ausnutzung dieses Fördermittels, die aber nur durch die Bereitstellung größerer Mengen verladefähigen Fördergutes möglich ist. Im Ruhrbergbau ergeben sich Schwierigkeiten dadurch, daß die Kohlengewinnung zu 74 % mit Abbauhämmern und nur etwa zu 7,5 % durch Schräm- und Schießarbeit erfolgt. Dieser Unterschied gegenüber den amerikanischen Verhältnissen, wo 72 % durch Schräm- und Schießarbeit gewonnen werden, liegt in der besonderen Natur des Ruhrbergbaus; das Hangende ist erheblich schlechter, so daß in den meisten Fällen Unterstützung durch Versatz und Ausbau bis an den Kohlenstoß heran geschehen muß. Damit wird aber eine ununterbrochene Schrämarbeit und weiterhin auch eine durchgehende Ladearbeit außerordentlich erschwert. Außerdem wird die nach dem Schrämen erforderliche Schießarbeit durch die bestehenden bergpolizeilichen Vorschriften erschwert.



a Schrapper *b* Haspel c_1, c_2, *e* Seile *d* Schnurre

Abb. 6. Schrapper mit feststehendem Haspel.

Bei Änderung der Abbauverfahren und der gesetzlichen Bestimmungen ist daher die Möglichkeit für eine erweiterte Verwendung des Schrappers auch an der Ruhr gegeben, wenn er hier auch nicht die gleiche Bedeutung wie im Kalibergbau erlangen wird. Für die Einbringung von Bergeversatz eignet sich der Schrapper deswegen, weil in diesem Falle verladefähiges Fördergut in genügender Menge bereitgestellt werden kann. (Génie civil Bd. 93, S. 585, u. Glückauf Bd. 65, S. 229.) *Ka.*

Kratzer, „Schrapper" genannt, verwenden. Der hier dargestellte Schrapper der Woodward Iron Co., Birmingham, arbeitet in einer sehr harten Lage von rotem Hämatit von rd. 3 m Mächtigkeit. Bei der Konstruktion ist zu berücksichtigen, daß der Schrapper, der zwischen zwei Greifflächen das Fördergut zusammenrafft und vor sich herschiebt, schwer genug sein muß, um ähnlich wie ein Greifer leicht in das Material einzudringen. Um die hin und her gehende Bewegung zu ermöglichen, sind zwei Seile vorgesehen, von denen das eine direkt zu einer Haspeltrommel führt, während das andere zunächst über eine hinten angebrachte Rolle und dann zur zweiten Trommel läuft. Die Trommeln werden angetrieben durch einen Motor von 50 PS. Der Maschinensatz ist fahrbar auf einem toten Gleisstrang angeordnet, während die zu beladenden Wagen auf einem zweiten Gleise an der Ausschüttstelle vorbeigeführt werden, welcher das Material auf einer schiefen Ebene zufließt. 8 Mann sollen mit Hilfe dieser Einrichtung in 10 h 250 t Erz fördern.

Abb. 6 zeigt eine Anlage mit fest aufgestelltem Haspel, die von A. Grumbrecht und M. Knepper im Glückauf beschrieben wird. Das dritte Seil *e* wird nur bei nicht geradliniger Förderung verwendet, damit

Elektrische Antriebe.

Die Elektrizität im Schiffbau. — A. C. Hardy spricht sich in The Electrician dafür aus, daß auch England, dem Beispiele der V. S. Amerika folgend, für Feuerschiffe nicht nur ausrangierte alte Schiffe verwenden, sondern neue bauen sollte, die dann zweckmäßigerweise mit elektrischem Antrieb versehen werden. Er läßt sich dabei von folgenden Gedankengängen leiten: Die Feuerschiffe brauchen ohnehin eine Kraftquelle zur Betätigung der Nebelsirenen, zum Auspumpen der wasserdichten Abteilungen, zur Beleuchtung usw. Da für diese Zwecke die Erzeugung elektrischen Stromes an Bord notwendig ist, empfiehlt es sich, die Stromquelle gleich so zu bemessen, daß sie auch eine Schiffschraube antreiben kann, wodurch es dem Feuerschiff ermöglicht wird, ohne fremde Hilfe den ihm zugewiesenen Standort aufzusuchen, ihn zu verlassen und, wenn es bei Sturm abgetrieben wird, ihn zu berichtigen.

Soweit im Auslande Feuerschiffe mit eigenen Antriebvorrichtungen gebaut wurden, sind sie außerhalb der V. S. Amerika durchweg mit direktem Antrieb versehen.

Digitized by Google

Solche Schiffe zu bauen, bezeichnet Hardy aber als falsch, weil der Hauptantrieb während des größten Teiles der Zeit, in der diese Schiffe Dienst tun, unbenutzt bleibt. Der elektrische Antrieb bietet anderen Antriebsvorrichtungen gegenüber insbesondere die beiden Vorteile, daß er einmal nicht viel Platz beansprucht und außerdem immer betriebsbereit ist, wenn er gebraucht wird, da die Generatoren, die den Strom für die übrigen Bordzwecke liefern, ohnehin fast ununterbrochen laufen müssen. Der Vorschlag wird an dem Entwurf eines 630 t-Feuerschiffes von 33 m Länge veranschaulicht, für das er vier Generatoren vorsieht, von denen jeder mit einer einfachwirkenden Viertakt-Dieselmaschine von 120 PS direkt gekuppelt ist. Jeder der vier Gleichstromgeneratoren entwickelt 75 kW bei 125 V und 450 U/min. Je nach der Schaltung werden die Hilfsmaschinen oder der 350 PS-Propellermotor angetrieben, der in einem besonderen Raume des Hinterschiffes aufgestellt ist.

So gebaute Feuerschiffe, meint der Verfasser, lassen sich gut mit den kleinen elektrisch angetriebenen Schleppern vergleichen, die in den V. S. Amerika viel verwendet werden. Deren Baukosten sind zwar etwas höher als die von Dampfschleppern; die Mehrkosten können aber nach den Angaben des Verfassers schon im ersten Jahre fast gänzlich durch Ersparnisse im Betriebe wieder herausgeholt werden, wenn die Wahl des Dieselmotors richtig getroffen wird und das geeignete Personal den Betrieb leitet. In der nachfolgenden Tafel gibt Hardy eine interessante Übersicht über die Hauptkonstruktionsangaben verschiedener ausgeführter kleiner Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb:

Schiffsart	Schlepper	Feuerschiff	Schlepper	Schlepper
Schiffslänge m . . .	32	33	33	30
Anzahl d. Generatoren	2	4	2	2
Leistung des einzelnen Dieselmotors PS . .	400	120	400	225
Generatorleistung kW	235	75	270	—
Leistung des Propellermotors PS	575	350	650	370
Propellerdrehzahl U/min	125	300	120	120

Hardy hebt als besonders bemerkenswert hervor, daß die Drehzahl der Propellermotoren den besonderen Aufgaben des Schiffes angepaßt ist. So entwickelt das Feuerschiff seine Höchstleistung von 350 PS bei 300 U/min, der Schlepper in Spalte 4 die von 370 PS bei 120 U/min. Im letzten Fall ist der Propeller der wichtigste Teil der ganzen Anlage, im ersten Falle dagegen spielt er eine mehr untergeordnete Rolle. (A. C. Hardy, The Electrician Bd. 102, S. 417.) *Grt.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Der Wehnelt-Unterbrecher als Generator elektromagnetischer Schwingungen. — Wird der Platinstift des Wehnelt-Unterbrechers als Kathode statt als Anode gebraucht, so verliert der Apparat seine Eigenschaft als Unterbrecher, wird aber zu einer Quelle elektromagnetischer Schwingungen. Allerdings wird die Platinspitze bald durch den entstehenden Lichtbogen vernichtet, wenn man nicht nach der Zündung die Stromstärke durch Einschalten von Widerstand verkleinert. Dies ist bis zu einer Stromstärke von 0,1 A hinunter möglich bei einem 2 ... 3 mm herausragenden Stift von 0,25 mm Dmr. Schaltet man die beiden Pole des Unterbrechers über zwei Kondensatoren an eine Spule, so erhält man in dem so gebildeten Schwingungskreis Lichtbogenschwingungen bis zu sehr kleinen Leistungen, so daß der Wehnelt-Unterbrecher in umgekehrter Polung einen einfachen und billigen Generator darstellt. (W. M. Schulgin, Phys. Z. Bd. 29, S. 724.) *Br.*

Die normale Stromdichte bei der Glimmentladung. — Das Hehlsche Gesetz besagt bekanntlich, daß bei der normalen Glimmentladung bei konstantem Druck die vom negativen Glimmlicht bedeckte Fläche proportional der Stromstärke ist; der Gehrckesche Glimmlicht-Oszillograph beruht ja auf diesem Gesetz. Die grundlegenden Versuche wurden an Drähten vorgenommen. Die Gültigkeit für plattenförmige Elektroden ist dagegen noch nicht einwandfrei erwiesen. Um störende Wärmeeffekte zu vermeiden, hat A. v. Muralt mit möglichst kurzdauernden Entladungen gearbeitet. Trotzdem gelang es, eine größere Versuchsreihe dadurch durchzuführen, daß Kathodenfläche und Amperemeter kinematographisch aufgenommen wurden. Die Planimetrierung der Photographien ergab, daß das Hehlsche Gesetz für ebene Elektroden den Verhältnissen nicht entspricht. Es wird dies darauf zurückgeführt, daß die Entladung eine besonders bei kleiner Bedeckung nicht zu vernachlässigende Randzone besitzt, in der die Stromstärke gegen außen hin abnimmt. Das Beobachtungsmaterial kann durch die Beziehung

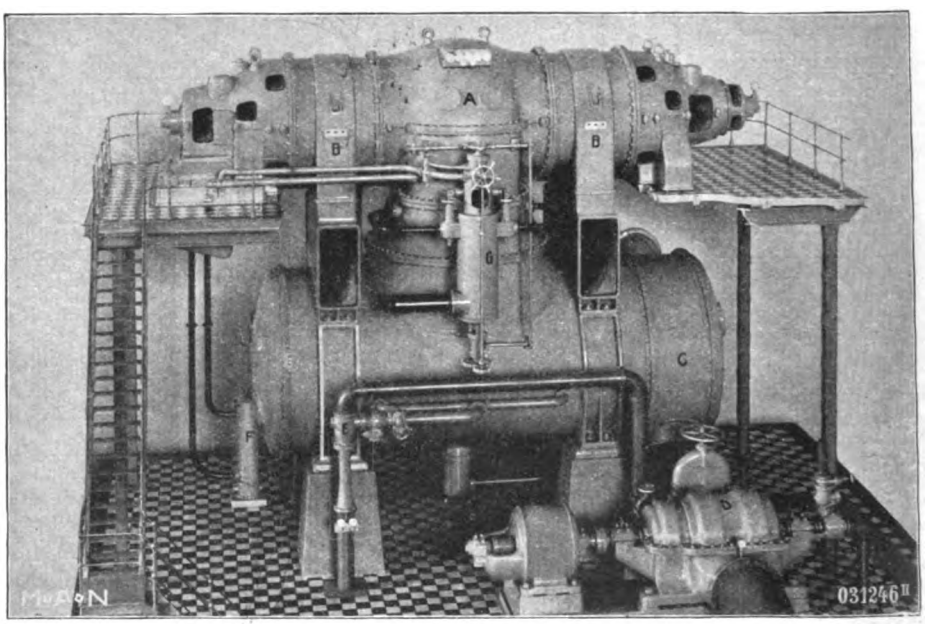
$$f = c\,i + x\sqrt{i}$$

befriedigend dargestellt werden. Die Konstanten c und x dieser Beziehung scheinen umgekehrt proportional dem Quadrat des Druckes zu sein. Daß für sehr kleine Stromstärken das Hehlsche Gesetz auch nicht näherungsweise erfüllt zu sein scheint, folgt auch daraus, daß für sehr kleine Stromstärken die Länge des Dunkelraums umgekehrt proportional der vierten Wurzel aus der Stromstärke ist. (A. v. Muralt, Ann. Phys. Bd. 65, S. 1117.) *Br.*

Allgemeiner Maschinenbau.

MAN-Gegenlauf-Dampfturbine System Ljungström. — Nach mehrjährigem Probebetrieb mit einer 2500 PSe-Dampfturbine dieser Bauart im Werk Gustavsburg ist die MAN, Nürnberg, nunmehr mit dieser an die Öffentlichkeit getreten. Auf der Internationalen Ausstellung zu Barcelona ist das Modell der Gesamtanordnung von Turbine, Stromerzeugern und Kondensationsanlage für 20 000 bis 25 000 kW Leistung bei 3000 U/min ausgestellt (Abb. 7). Die Bauart ermöglicht, besonders bei kleineren Maschinenleistungen im Gebiet hoher Drücke und Temperaturen, hohen Wirkungsgrad zu erzielen, da die Gegenläufigkeit trotz verhältnismäßig geringer Stufenzahl eine günstige Gütezahl liefert.

Die Turbine besteht im wesentlichen aus zwei gegenüberliegenden Turbinenscheiben, in welchen konzentrische

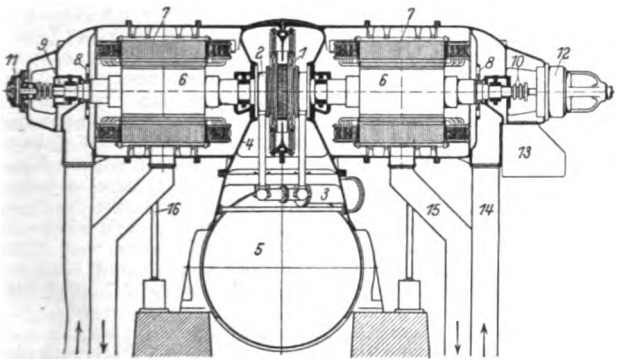


A Turbinengehäuse *B* Stromerzeuger *C* Kondensator *D* Kühlwasserpumpe *E* Strahlluftpumpe *F* Ölkühler *G* Dampfeinlaßventil

Abb. 7. MAN-Gegenlauf-Dampfturbine, System Ljungström. Gesamtanordnung von Turbine, Stromerzeugern und Kondensationsanlage 20 000 ... 25 000 kW Leistung.

Digitized by Google

Schaufelkränze so eingesetzt sind, daß die Schaufelkränze der einen Scheibe in die Zwischenräume der Schaufelkränze der anderen Scheibe passen. Die Schaufeln der einen Scheibe sind demnach gleichzeitig die Leitschaufeln für diejenigen der anderen. Beide Scheiben laufen in entgegengesetzter Richtung, und jede treibt eine mit ihrer Welle verbundene Dynamo an, deren Leistung gleich der halben Gesamtleistung der Turbine ist. Vom Einlaßventil gelangt der Dampf zu Dampfkammern, aus denen er in den ersten inneren Kranz der Beschaufelung tritt. Von hier expandiert der Dampf über die verschiedenen Schaufelkränze nach dem äußersten Schaufelkranz der Scheibe und strömt entspannt in den Kondensator oder bei Gegendruckturbinen in die Abdampfleitung. So arbeitet die Gegenlaufturbine im Gegensatz zu den üblichen Axialturbinen mit radialer Dampfströmung. Um den Axialdruck bei der Entspannung des zwischen den Scheiben eingesperrten Dampfes aufzunehmen, sind Druckausgleichscheiben vorgesehen, von denen die eine mit der Turbinenscheibe umläuft, während die andere feststeht und den Axialdruck auf die Gehäusewand überträgt.



1 radiale Schaufelsysteme (mit Axialrädern nur für große Leistungen)
2 Dampfkammer
3 Dampfeintritt
4 Turbinengehäuse m. Abdampfstutzen
5 Kondensator
6 Stromerzeuger-Läufer
7 Stromerzeuger-Ständer
8 Lüfter
9 Regler und Tachometerantrieb
10 Schleifringe
11 Blocklager
12 Erregermaschine
13 Ölbehälter
14 Luftzuführung
15 Luftabführung

Abb. 8. Aufbau der MAN-Gegenlauf-Dampfturbine, System Ljungström, mit Stromerzeuger und Kondensator.

Aus der Abb. 8 ist der Zusammenbau der Turbine mit den Stromerzeugern und dem Aufbau des Satzes auf dem Kondensator ersichtlich. An den Flanschen des Abdampfstutzens, in den die Turbine gewissermaßen eingebaut ist, sind die Ständer der Stromerzeuger angeschraubt. Diese sind parallelgeschaltet, während die Läufer hintereinander liegen. Mit dem einen Läuferzapfen ist die Erregermaschine unmittelbar gekuppelt, die im allgemeinen mit einer Spannung von 220 V ausgeführt wird, so daß für jeden Läufer 110 V zur Verfügung stehen. Als Nebenschlußmaschine mit Wendepolen erfolgt ihre Regelung durch Nebenschluß- oder Hauptstromwiderstand. Sobald die Turbine angelassen ist und die Erregermaschine Strom liefert, stellen sich die beiden Läufer ohne weiteren Eingriff von selbst synchron und arbeiten elektrisch wie mechanisch stets wie eine Einheit, so daß nur ein Satz Schalttafelinstrumente erforderlich ist. Gleichstromerzeuger und Zentrifugalpumpen lassen sich unter Einschaltung eines Zahnrad-Übersetzungsgetriebes ebenfalls mit der MAN-Gegenlaufturbine kuppeln. *Pge.*

Verschiedenes.

Vermittlungstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellen-Nachweis. — Der Deutsche Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine hatte zu einer außerordentlichen Hauptversammlung am 8. XI. 1929 geladen, um der Öffentlichkeit von der Schaffung einer Vermittlungstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellen-Nachweis Kenntnis zu geben. Über Vorgeschichte, Zweck und Arbeitsweise der Vermittlungstelle, die ihren Sitz im Ingenieurhaus gefunden hat[1], sprach Ber. Ing. H. Schlomann. Durch eine Umfrage war ermittelt worden, daß im deutschen Sprachgebiet z. Z. etwa 150 Quellennachweise bestehen, die jedoch mehr oder weniger nur einem engbegrenzten Kreise zur Verfügung stehen. Die neugegründete Vermittlungstelle will nun nicht etwa selbst umfangreiche Literaturkartotheken anlegen, sondern sich darauf beschränken, einlaufende Anfragen in die richtigen, zur Fachauskunftstelle führenden Kanäle zu leiten und ferner als Mittler zwischen den einzelnen Stellen, Bibliotheken, Instituten usw. zu dienen. Die besondere Wichtigkeit der Vermittlungstelle für die Bibliotheken behandelte Dir. Dr. Predeek; Dr. Pflücke sprach über den bereits gut ausgebauten Quellennachweis der Chemiker, Dr. Köhler über die Stellung der industriellen Quellennachweise.

Zahlreiche Vertreter von Behörden, Firmen usw., auch des Auslandes (z. B. Schweiz, Schweden), bezeugten durch ihre Anwesenheit ihr Interesse an der neugeschaffenen Organisation. Wenn die Vermittlungstelle auch bei der Öffentlichkeit den erwarteten Anklang findet, so sind damit die Bestrebungen um eine wirtschaftliche Auswertung des technisch-wissenschaftlichen Schrifttums ihrer Erfüllung um einen bedeutenden Schritt nähergekommen. *nkl*

Elektrotechnische Neuerungen. — Die in der ersten Märzwoche 1930 im Hause der Elektrotechnik zu Leipzig stattfindende Frühjahrsausstelung wird wieder eine Fülle von Neuerungen der elektrotechnischen Industrie aufweisen. Wer über seine Neuerungen noch nichts veröffentlicht hat, tut gut, einen kleinen Originalbericht mit Abbildungen für das Frühjahrsmesseheft der ETZ bis spätestens 25. I. 1930 an die Schriftleitung der ETZ, Berlin W 9, Linkstraße 23/24 IV, zu senden.

Energiewirtschaft.

Die französische Elektrizitätswirtschaft im Jahr 1928. — Über die Entwicklung der französischen Elektrizitätswirtschaft sind in letzter Zeit mehrere Studien erschienen, darunter eine Arbeit von dem Generalsekretär der Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité, J. H. Adam[1], die dem folgenden kurzen Bericht zugrunde liegt. Die Stromproduzenten und die wichtigsten der rd. 1200 Konzessionäre für die Verteilung elektrischer Arbeit sind bekanntlich in einem Syndikat zusammengefaßt, das ein investiertes Kapital von mehr als 8 Mrd Fr repräsentiert, von denen 5 Mrd Fr auf Aktien und rd 3,5 Mrd Fr auf Obligationen entfallen. Nach einer Schätzung dieses Syndikats soll die Gesamtleistung der elektrischen Dampfzentralen 5 Mill kW betragen, wozu noch die der zur Chambre syndicale zählenden Wasserkraftwerke hinzukommt, so daß Frankreich z. Z. über etwa 6,5 Mill kW und für normalen Betrieb über rd 4 Mill kW verfügen dürfte. Die Entwicklung der Stromerzeugung in den Jahren 1923/27 zeigt nachstehende Übersicht in Mrd kWh:

	1923	1926	1927
In Frankreich erzeugte elektrische Arbeit:			
Thermisch	4,085	6,525	6,930
Hydroelektrisch	3,405	4,743	4,945
Summe	7,490	11,268	11,875
Aus der Schweiz eingeführt	253	396	430
	7,743	11,664	12,305
Nach dem Saargebiet und der Schweiz ausgeführt	20	56	60
In Frankreich verfügbar	7,723	11,608	12,245

Die Produktion ist danach in den fünf Jahren um 4,385 Mrd kWh oder 58 % gestiegen. Was den Verbrauch angeht, so stellte sich dieser in Mrd kWh wie folgt:

	1923	1926	1927
Von der elektrochemischen Industrie verbraucht	1,500	2,102	2,260
Übriger Verbrauch:			
Von den Netzen abgenommen	3,724	5,735	5,990
Verbrauch in der Umgebung des Werks	1,295	2,138	2,250
Verluste in den Leitungen und Transformatoren	1,204	1,532	1,745

Der Konsum der elektrochemischen Industrie hat sich also in dem genannten Zeitabschnitt um 760 Mill kWh, d. h. um mehr als 50 % erhöht. Für Paris und seine Umgebung ergibt sich eine Steigerung der Stromerzeugung von 534 Mill kWh in 1920 auf 1796 Mill kWh im Jahr 1928.

[1] Beim Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine, Berlin NW 7, Ingenieurhaus.

[1] Rev. d'Econom. polit. Mai/Juni 1929.

Digitized by Google

mithin um 236 %. Die Zahl der Abnehmer und die installierte Leistung sind in Paris 1928 gegenüber dem Vorjahr um je 9 %, der Elektrizitätsverbrauch um 11 % gewachsen. An Kohle haben die Wärmekraftwerke im Berichtsjahr etwa 3,078 Mill t konsumiert gegen 2.917 Mill t im Vorjahr. Die 1913 noch wenig elektrische Arbeit erzeugenden Kohlenbergwerke besitzen heute im nördlichen Frankreich und im Pas-de-Calais 11 große Zentralen mit einer Leistung von über 0.4 Mill kWh, die jährlich etwa rd. 0,5 Mill t Kohlen mittlerer Qualität verfeuern. Auf eigentliche französische Kohle entfielen 1928 im Pariser Bezirk rd. 76 % des Verbrauchs der Wärmekraftwerke gegenüber 62 % im Vorjahr. Mit der Stabilisierung des Franken wurden auch die Preise für Kohle und Strom stabiler; 1928 kostete das elektrische Licht in Paris 1.68 Fr/kWh (1,78 i. V.), in Straßburg 1,75 Fr (1,80 i. V.) und in Grenoble 0,95 Fr (1,45 i. V.). Nach der Statistique générale de la France weist die Finanzierung der elektrischen Unternehmungen auf dem französischen Markt von 1922 bis 1928 folgendes Bild auf (in Mill Fr):

	Aktienkapital	Kapitalerhöhung	Obligationen	Summe
1922	26	141	585	752
1923	19	250	363	632
1924	23	422	402	847
1925	10	357	308	675
1926	38	329	417	784
1927	137	757	475	1369
1928	34	535	491	1060

Was speziell die Emissionen des vergangenen Jahres betrifft, so hat die Chambre syndicale des forces hydrauliques nachstehende Übersicht gegeben:

1. Gesellschaften, die elektrische Arbeit ganz oder zum größten Teil aus Wasserkräften gewinnen oder verteilen .	532,120 Mill Fr
2. dgl. Gesellschaften, deren elektrische Arbeit ganz oder zum größten Teil aus Wärmekraftwerken stammt	263,563 „ „
3. Gesellschaften, die elektrische Arbeit speziell für elektrochemische und elektrometallurgische Fabrikation verwenden	201.089 „ „
Summe	996,772 Mill Fr.

Hiervon entfielen 554.872 Mill Fr auf Aktien und 441.900 Mill Fr auf Obligationen bzw. Bons. *Dr. Ue.*

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Nach einer Mitteilung der Tagespresse werden das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk und die ihm angeschlossenen Unternehmungen in ihrem Versorgungsgebiet ab 1. II. im Zusammenhang mit dem bis dahin in Betrieb befindlichen Spitzenkraftwerk Herdecke den Preis der elektrischen Arbeit derart ermäßigen, daß das Licht zur Hälfte des bisherigen Preises bezogen werden kann, wenn der Abnehmer monatlich 100 kWh nach dem Haushalttarif, d. h. für 8 Pf/kWh (in Gemeinden mit Finanzaufschlag 9 Pf) bezieht. Solche Abnehmer zahlen künftig das ganze Jahr hindurch für den Lichtstrom statt 33⅓ Pf (38⅓) nur noch den Kraftstrompreis, nämlich 15¾ Pf/kWh (18⅓).

Wie die Elgawe berichten ist nunmehr die große vom rheinisch-westfälischen Industriebezirk bis in die Alpen sich erstreckende Höchstspannungsleitung des RWE zum größten Teil mit der vorgesehenen Spannung von 220 kV in Betrieb genommen worden. Die Gesellschaft hat damit ein Werk geschaffen, dessen Bedeutung für die gesamte deutsche Elektrizitätswirtschaft in den kommenden Jahren immer mehr in Erscheinung treten wird.

Da der von den Vereinigten Elektrizitätswerken Westfalen G. m. b. H. 1928 eingeführte Haushalttarif[2] dort, wo die Zimmerzahl der Wohnungen nicht im richtigen Verhältnis zum Einkommen des Wohnungsinhabers bzw. der Kopfzahl der Familie steht, die gewünschte Verbreitung nicht finden konnte, hat sich die Gesellschaft nach Angabe der Elgawe entschlossen, diesen Tarif ab 1. I. dahin zu verbessern, daß für Wohnungen von mehr als 6 Zimmern eine erhebliche Senkung der Grundgebühr eintreten soll. Außerdem beabsichtigt sie, im Interesse der Abnehmer von Haushaltstrom, besonders auf dem Lande, mit Jahresbeginn wahlweise einen neuen Haushalttarif 1930 einzuführen, der für Haushaltstrom, besonders für Koch- und Heizzwecke, allen Abnehmern auf Antrag elektrische Arbeit zu 9 Pf/kWh überläßt, also zur Hälfte des bisherigen Kraftstrom- und etwa zu einem Viertel des Lichtstrompreises; dabei muß allerdings für die Beleuchtung der normale Lichtstrompreis gezahlt werden. Die Abnehmer, die von diesem Tarif in größerem Umfang, besonders zum Kochen, Gebrauch machen, können den Lichtstrom aber auch zur Hälfte des normalen Preises, d. h. zu 20 Pf/kWh, in den Monaten beziehen, in denen sie mindestens 100 kWh Haushaltstrom verbrauchen.

Die Elektrowerke AG. haben vor kurzem den Ausbau des Großkraftwerks Zschornewitz durch die Inbetriebsetzung der beiden 100 000 kVA-Turbogeneratoren vollendet und die neue 100 kV-Leitung nach Lauta in Dienst gestellt.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die Erzeugung der 122 Werke war im September um 7,5 Mill kWh geringer als im August, arbeitstäglich aber um rd 4 Mill kWh (7 %) größer; sie zeigte im Oktober gegen den Vormonat eine Zunahme um 155,4 Mill kWh (11 %) und arbeitstäglich um 1.517 Mill kWh. Verglichen mit den entsprechenden Monaten des Vorjahres ist die Produktion im September um 202,9 Mill kWh (16,5 %), im Oktober um 232,1 Mill kWh (17 %) gewachsen. In den ersten zehn Monaten des abgelaufenen Jahres betrug die Erzeugung der 122 Werke nach den Angaben des Statistischen Reichsamts 13.8 Mrd kWh, d. s. 18 % mehr als in der gleichen Periode von 1928 (11,7 Mrd kWh). Der Anschlußwert der von 103 Werken versorgten gewerblichen Abnehmer hat gegenüber dem Vormonat im August um 20 000 kW, im September um 24 000 kW zugenommen und weist gegen die Parallelmonate des Vorjahres eine Erhöhung um 0.236 Mill kW (6 %) bzw. 0.248 Mill kWh (6 %) auf. Der Verbrauch dieser Konsumenten war im August um 13,7 Mill kWh bzw. arbeitstäglich um 0.507 Mill kWh größer als im Juli, im September hat er aber gegen den Vormonat um 7,1 Mill kWh abgenommen, bei einer arbeitstäglichen Zunahme um 1.366 Mill kWh (7 %). Der Vergleich mit August und September 1928 ergibt eine Erhöhung um 59,1 bzw. 57,7 Mill kWh (12 %).

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh: insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer: Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch: insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928
I.	26	26	1443.6	1234.4	55.5	47.5	4.3	4.0	540.0	475.7	20.8	18.3	4.8	4.6
II.	24	25	1282.0	1128.8	53.4	45.2	4.3	4.1	499.3	458.1	20.8	18.3	4.8	4.5
III.	25	27	1306.9	1172.7	52.3	43.4	4.3	4.1	510.2	483.7	20.4	17.9	4.7	4.4
IV.	25	23	1299.1	1048.9	52.0	45.6	4.3	4.1	511.6	436.5	20.5	19.0	4.7	4.6
V.	25	25	1302.6	1083.6	52.1	43.3	4.3	4.1	510.4	444.1	20.4	17.8	4.7	4.3
VI.	25	26	1297.7	1084.0	51.9	41.7	4.4	4.1	531.1	458.8	21.3	17.6	4.9	4.3
VII.	27	26	1370.5	1123.5	50.8	43.2	4.4	4.1	542.4	478.8	20.1	18.4	4.6	4.4
VIII.	27	27	1437.0	1215.4	53.2	45.0	4.4	4.2	556.1	497.0	20.6	18.4	4.7	4.4
IX.	25	25	1429.5	1226.6	57.2	49.1	4.4	4.2	549.0	491.3	22.0	19.7	5.0	4.7
X.	27	27	1584.9	1352.8	58.7	50.1	.	4.2	.	513.6	.	19.0	.	4.5

Eine neue Phase der Elektrizitätsversorgung Kaliforniens. — Im kalifornischen Parlament ist soeben ein Gesetz durchgegangen, das voraussichtlich auf die Elektrizitätsversorgung des Staates von größtem Einfluß werden dürfte. Es hat zum Zweck, die natürlichen Schätze des Landes an Erdgas zu erhalten, deren Verschwendung zu verhüten, und es bestimmt daher, daß Erdgas entweder verkauft oder aufgespeichert werden muß, während es bisher vielfach einfach in die Luft gelassen wurde. Welche Verschwendung mit diesem kostbaren Brennstoff getrieben wurde, der einen Wärmegehalt von rd. 10 000 WE/m³ hat, ergibt sich daraus, daß in einem Sommermonat des letzten Jahres allein 820 Mill m³ abgeblasen wurden, während die Gesellschaften in eigenem Betriebe nur 480 Mill m³ verbrauchten und gar nur 221 Mill m³ verkauften. Durch das Verbot solchen Verfahrens wird einerseits wohl die Ölerzeugung eingeschränkt, anderseits aber auch der Gaspreis stark gedrückt werden. Man rechnet damit, daß er vielleicht auf 1 oder höchstens 2 cts 1000 Kubikfuß (28,3 m³) sinkt, und selbst wenn dazu noch die Transportkosten kommen, wird damit den Elektrizitätswerken ein beispiellos billiger Brennstoff geboten. (Der Heizwert, der 1 t Steinkohle entspricht, kostet dann etwa 1.20 RM. Anm. d. Ref.). Die Folge dürfte sein, daß Wasserkräfte auszubauen, gar nicht mehr lohnt, vielleicht ist sogar eine Ausfuhr elektrischer Arbeit in die benachbarten Staaten, die Wasserkräfte haben, möglich. Für das große Wasserkraftwerk Boulder Cañon, dessen Strom doch zum großen Teil nach Kalifornien ausgeführt werden soll, schafft das neue Gesetz einen kaum zu erobernden Markt. Möglicher-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1862.
[2] Vgl. ETZ 1928, S. 190.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1705.

Digitized by Google

weise wird die Erdgasversorgung auch auf das Land ausgedehnt und bereitet der Elektrizität für Heiz- und Kochzwecke ernsthaften Wettbewerb. (El. World Bd. 94, 1929, S. 946.) *Ha.*

RECHTSPFLEGE.

Zum Begriff der „schadenverhütenden Einrichtungen" im Wasserrecht. — Einem Kraftwerk wurde das Recht verliehen, das Wasser des R-Baches durch ein etwa 50 000 m³ fassendes Staubecken hindurchzuleiten. Bedingung war, die Wasserkraftanlage müsse als Laufwerk betrieben werden und es dürfe ein zeitliches Zurückhalten bzw. Aufstauen des Wassers nicht stattfinden. Dieser Beschluß des Bezirksausschusses wurde vor dem OVG. mit Erfolg angefochten.

Der Beschluß ist in sich widerspruchsvoll. Denn wenn an erster Stelle das Recht verliehen wird, das Wasser des R-Baches durch ein Staubecken durchzuleiten, so setzt das eine Anstauung des Wassers voraus, da ein Staubecken in der vorgesehenen Größe ohne eine Stauanlage nicht entstehen kann und diese nach Lage der Sache in einem Staudamm besteht. So ist das hier verliehene Recht, Wasser durch ein Staubecken durchzuleiten, nichts anderes als eine die tatsächlichen Verhältnisse verwirrende Umschreibung eines Staurechtes. — Nun hatte die widerspruchsvolle Formulierung jenes Beschlusses letztlich ihre Ursache darin, daß gegen das von dem Kraftwerk beantragte Staurecht von verschiedenen Seiten Widerspruch erhoben wurde, und daß der Bezirksausschuß, um die Inbetriebnahme des Kraftwerkes nicht zu hindern, deshalb eine Art Vorentscheidung treffen wollte, indem der Betrieb der Anlage zunächst nur als Laufwerk gestattet wurde. Derartige Vorentscheidungen sind indessen nach der Entscheidung des OVG. nicht zulässig. — Das Wassergesetz kennt lediglich eine abschließende Entscheidung der Verleihungsbehörde über die gestellten Anträge, die folglich auch nicht getrennt werden dürfen. Wollte das Kraftwerk einen Teil seiner Wasserkraftanlage vorweg in Betrieb setzen, weil die Entscheidung über seinen Verleihungsantrag infolge von Widersprüchen usw. sich voraussichtlich hinziehen würde, so hätte es einen besonderen Verleihungsantrag stellen müssen, der die vorläufige Inbetriebnahme zum Gegenstand hätte haben müssen und dann beschleunigt hätte behandelt werden können. Eine solche Verleihung würde dann auf eine kürzere Dauer, etwa bis zur Beendigung des umfassenderen Verleihungsverfahrens, erteilt werden können.

In dem Verleihungsbeschluß hatte der Bezirksausschuß ferner mit Rücksicht auf den Widerspruch eines Wassermühlenbesitzers dem Kraftwerk auferlegt, diesem Mühlenbetriebe nunmehr ersatzweise den erforderlichen elektrischen Strom zu liefern. Infolge der Ableitung des R-Baches erwachse dem Mühlenbesitzer ein Schaden und als „schadenverhütende Einrichtung" sei die Auflage geboten, als Ersatz für den ausfallenden Wasserantrieb elektrischen Strom zu liefern. — Das OVG. erachtete diese Auflage nicht als zulässig. An sich kann die Verpflichtung zu einer solchen Ersatzlieferung ihrer Art nach schon eine „schadenverhütende Einrichtung" im Sinne des § 50 Abs. I WassGes. sein, aber eine solche Verpflichtung kann dem Kraftwerk gegen den Willen des Abzufindenden (Mühlenbesitzer) nicht auferlegt werden, selbst wenn sie mit dem Unternehmen vereinbar und wirtschaftlich gerechtfertigt ist, denn das Wassergesetz kennt nur Auflagen an den antragstellenden Unternehmer. Da hier der Mühlenbesitzer sich nachdrücklich gegen die ersatzweise Lieferung elektrischer Kraft gewehrt hatte, wäre die Durchführung bzw. die Verwirklichung der „schadenverhütenden Einrichtung" praktisch nur möglich, wenn dem Mühlenbesitzer auch eine Auflage gemacht würde, des Inhalts nämlich, seinen alten Wasserbetrieb auf die Verwendung elektrischer Kraft umzustellen. — Im übrigen hatte der Mühlenbesitzer sich nicht nur gegen die Stromlieferung gewehrt, sondern darüber hinaus auf Grund des § 53 WassGes. verlangt, daß das Kraftwerk das Eigentum an dem Mühlengrundstücke und den Anlagen gegen Entschädigung erwerbe. Es sei zu besorgen, daß durch die in Aussicht genommene Benutzung des Wasserlaufes Grundstück und Anlagen so beschädigt würden, daß sie nach ihrer bisherigen Bestimmung nicht mehr zweckmäßig benutzt werden könnten. — Bei dieser Sachlage kommt nach Auffassung des OVG. die „schadenverhütende Einrichtung" ersatzweiser Lieferung elektrischer Kraft aus rechtlichen und tatsächlichen Gründen überhaupt nicht in Betracht. (Entsch. v. 10. I. 1929 — VW 57/28.)

Dr. jur. C. v. dem Busch.

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

Internationale Patentanwaltstagung in Berlin, — Die Haager Konferenz von 1925 hatte eine Entschließung des Inhalts gefaßt, daß die Beamten der beteiligten Patentämter zusammentreten sollten, um eine möglichste Vereinheitlichung aller Formalien herbeizuführen. Diese sog. technische Konferenz fand 1926 in Bern statt, das Ergebnis ihrer Arbeit ist aber bisher in der Öffentlichkeit nicht in Erscheinung getreten. Um diese Bestrebungen zu fördern und den Regierungen Klarheit über die Wünsche der Praktiker zu verschaffen, hatte der Verband Deutscher Patentanwälte im November eine internationale Patentanwaltstagung einberufen, auf der neben dem Reichsjustizministerium, Patentamt und sonstigen einschlägigen Behörden und Körperschaften des Inlands, Patentanwälte aus 35 Ländern vertreten waren. Die Verhandlungen wurden durch einen Bericht des Direktors Duchesne des Reichspatentamts über die bisher geleistete Arbeit der technischen Konferenz eingeleitet. Es folgten dann folgende, von deutschen Patentanwälten gehaltenen Referate: Ausübung von Patenten (L. Werner), Anträge und Vollmachten (C. Wiegand), Prioritätsbelege und ähnliches (F. Neubauer), Übertragung von Schutzrechten (E. Maemecke), Zeichnungen (K. Lengner), Vereinheitlichung der Klasseneinteilung der Patente (K. Halbauer), Vereinheitlichung der Prüfungsklassen bei Warenzeichen und Marken (F. Heinemann), Vereinheitlichung der Fristen (H. Herzfeld) und Einzahlung von Gebühren (E. Boas). Von den Bearbeitern waren unter Berücksichtigung der in- und ausländischen Gesetzgebung und der praktischen Bedürfnisse Leitsätze aufgestellt, die fast durchweg einstimmig angenommen wurden und deshalb bei dem ausgesprochen internationalen Charakter der Tagung praktische Richtlinien für alle Länder zur Beseitigung des jetzigen Wirrwarrs von formellen Schwierigkeiten darstellen. Im Auftrag des Reichsverbandes der Deutschen Industrie betonte denn auch Generaldirektor Dr. Meinhardt, wie sehr von der Wirtschaft die Arbeiten der Tagung wegen ihres ganz auf das Praktische eingestellten Programms und wegen der auf ihr vertretenen Sachkunde begrüßt würden.

Die Leitsätze der Referenten sind in der inhaltlich und dem Umfang nach besonders reichhaltigen Sondernummer 10/11 der Mitt. v. Verb. dt. Patentanwälte erschienen, während Nr. 12 dieses Fachorgans die Referate selbst und die Beschlüsse bringt.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld I, Berlin.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Bahnwesen.

Unter Bezugnahme auf die Veröffentlichung in ETZ 1929, S. 1863, gibt die Kommission nachstehend den in der Vorstandsitzung vom 10. Dezember 1929 angenommenen und mit dem 1. Januar 1930 in Kraft getretenen Wortlaut der

„Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen R. E. B. / 1930"

bekannt.

Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen R.E.B./1930[1].

Diese Regeln sind in Anlehnung an die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen R.E.M.[2]" und an die „Regeln für die Bewertung und Prü-

[1] Erläuterungen hierzu von Prof. Dr.-Ing. G. Dettmar können von der Verlagsbuchhandlung Julius Springer bezogen werden.

[2] S. Sonderdruck VDE 452.

Digitized by Google

fung von Transformatoren R.E.T.[3]" aufgestellt. Jedoch haben nur solche Bestimmungen, Maschinenarten, Klassen von Isolierstoffen usw. Aufnahme gefunden, die für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen in Betracht kommen.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Gültigkeit.
§ 3. Geltungsbereich.

II. Begriffserklärungen.

§ 4. Bestandteile von Maschinen.
§ 4a. Wicklungen von Transformatoren.
§ 5. Spannung und Strom.
§ 6. Arbeitsweise.
§ 7. Nennbetrieb.
§ 8. Nennspannung von Transformatoren.
§ 9. Nennstrom.
§ 10. Leistung.
§ 10a. Nennleistung.
§ 11. Leistungsfaktor.
§ 12. Wirkungsgrad.
§ 13. Erregung.
§ 14. Drehzahlverhalten und Drehzahlregelung.
§ 15. Kühlungs- und Lüftungsarten.
§ 16. Schutzarten für Maschinen.
§ 16a. Betriebsarten.

III. Genormte Werte.

§ 16b. Frequenz.
§ 16c. Spannungen.

IV. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 17. Sinusform von Spannungskurven.
§ 18. Aufstellungsort.
§ 19. Bürstenstellung.
§ 20. Angezapfte Wicklungen.
§ 21. Siehe § 23.
§ 22. Prüfungen.
§ 23. Betriebswarmer Zustand.
§ 24. Gewährleistungen.

B. Betriebsarten.

§ 25. Fahrbetrieb.
§ 26. Prüfbetrieb.

C. Erwärmung.

§ 27. Begriffserklärung.
§ 28. Probelauf.
§ 29. Bestimmung der Wicklungserwärmung.
§ 29a. Erwärmungsmessung des Eisenkernes und des Öles.
§ 30. Berechnung der Wicklungserwärmung aus der Widerstandzunahme.
§ 31. Erwärmungsmessung mit Thermometer.
§ 32. Ausführung der Messungen.
§ 33. Temperatur des Kühlmittels.
§ 34. Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe.
§ 35. Grenzwerte.
§ 36. Geschichtete Stoffe.
§ 37. Zweierlei Isolationen.

D. Überlastung, Kommutierung.

§ 38. Allgemeines.
§ 39. Überlastung.
§ 40. Kommutierung.
§ 41. Kurzschlußfestigkeit.

E. Isolierfestigkeit.

§ 42. Allgemeines.
§ 43. Wicklungsprobe.
§ 44. Sprungwellenprobe für Transformatoren.
§ 45. Windungsprobe für Transformatoren.
§ 46. Durchführungsisolatoren.

F. Wirkungsgrad.

§ 47. Allgemeines.
§ 48. Wirkungsgrad-Bestimmungen bei Maschinen.
§ 49. Verluste in Hilfsgeräten.
§ 50. Direkt gemessener Wirkungsgrad.
§ 51. Indirekt gemessener Wirkungsgrad.
§ 52. Eisen- und Reibungsverluste.
§ 53. Erregungsverluste.
§ 54. Berechnung der Lastverluste.
§ 55. Zusatzverluste.
§ 56. Verluste von Transformatoren.
§ 56a. Leistungsaufnahme von Hilfsgeräten.

G. Spannung.

§ 56b. Spannungsbereich.

H. Mechanische Festigkeit.

§ 57. Schleuderprobe.

I. Ursprungzeichen und Schilder.

§ 58. Hersteller und Firmenzeichen.
§ 59. Leistungsschild.
§ 60. Bemerkungen zu den Leistungsschildangaben.
§ 61. Fremdlüftung.
§ 62. Ölumlauf.
§ 63. Mehrfache Stempelungen.
§ 64. Umwicklungen.

K. Toleranzen.

§ 65. Zulässige Abweichungen.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Regeln gelten für die in § 3 genannten Maschinen und Transformatoren, deren Herstellung nach dem 1. Januar 1930 begonnen wird[4].

§ 2.

Gültigkeit.

Diese Regeln gelten allgemein. Abweichungen hiervon sind ausdrücklich zu vereinbaren. Die Bestimmungen §§ 58 bis 64 über die Schildangaben müssen jedoch immer erfüllt sein.

§ 3.

Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten für die nachstehend angeführten Arten von umlaufenden Maschinen sowie von Maschinensätzen, die aus solchen bestehen, und von Transformatoren, die auf Bahn- und anderen Fahrzeugen verwendet werden:

1. Gleichstrommaschinen,
2. Asynchronmaschinen,
3. Wechselstrom-Kommutatormaschinen.

   Hilfsmaschinen, die im wesentlichen wie Maschinen für Dauerbetrieb arbeiten, wie z. B. gewisse Maschinen für Beleuchtung, fallen unter die R.E.M. Dagegen fallen Hilfsmaschinen für die Steuerung und solche, die nicht dauernd belastet durchlaufen, unter die R.E.B.

4. Transformatoren aller Art, deren Wicklungen vom Strom der Fahrmotoren durchflossen oder beeinflußt werden (ausgenommen Meßwandler), und zwar:
   a) Transformatoren mit gegeneinander festliegenden, getrennten Primär- und Sekundärwicklungen oder mit gegeneinander festliegenden Wicklungen in Sparschaltung,
   b) Hilfstransformatoren zur Steuerung der Motoren, auch genannt Spannungsteiler, Stromteiler oder Schaltdrosselspulen.
   c) Drosselspulen.

   Hilfstransformatoren, die im wesentlichen wie Transformatoren für Dauerbetrieb arbeiten, wie z. B. Transformatoren für Beleuchtung, Hilfsmaschinen usw., fallen unter die R.E.T. Werden jedoch derartige Transformatoren oder solche für Meßzwecke im Ölkessel von Transformatoren, die unter 4, a) bis c) fallen, untergebracht, so fallen sie unter die R.E.B.

II. Begriffserklärungen.

§ 4.

Bestandteile von Maschinen.

Ständer ist der feststehende Teil, Läufer der umlaufende Teil der Maschine.

Anker ist der Teil der Maschine, in dessen Wicklungen durch Umlauf in einem magnetischen Felde oder durch Umlauf eines magnetischen Feldes elektrische Spannungen erzeugt werden.

Bei Asynchronmaschinen wird zwischen Primär- und Sekundäranker unterschieden. Sofern nichts anderes angegeben ist, wird in den folgenden Bestimmungen vorausgesetzt, daß der Ständer den Primäranker, der Läufer den Sekundäranker bildet.

§ 4a.

Wicklungen von Transformatoren.

1. Nach der Energierichtung werden unterschieden:

[3] S. Sonderdruck VDE 453.

[4] Angenommen durch den Vorstand im Dezember 1929.

Digitized by Google

a) Primärwicklung: die elektrische Leistung aufnehmende Wicklung,
b) Sekundärwicklung: die elektrische Leistung abgebende Wicklung,
c) Tertiärwicklung: eine in sich geschlossene Wicklung, die keine Leistung abgibt.

Ein Transformator kann mehrere Sekundärwicklungen haben.

2. Nach der Netzspannung werden unterschieden:
a) Oberspannungswicklung: die mit dem Netz der hohen Spannung verbundene Wicklung,
b) Unterspannungswicklung: die mit dem Netz der niederen Spannung verbundene Wicklung.

Ein Transformator kann mehrere Unterspannungswicklungen haben.

3. Anzapfungen sind Anschlüsse an Wicklungen, die die Benutzung einer geringeren Windungzahl als der vollen gestatten (siehe § 20).

4. Übersetzung ist unter Berücksichtigung der Schaltart das Verhältnis der Windungzahl der Oberspannungswicklung zu der der Unterspannungswicklung.

Bei Leerlauf ist das Verhältnis der Spannungen im allgemeinen gleich der Übersetzung; es stimmt jedoch nur dann mit der Übersetzung überein, wenn der durch den Leerlaufstrom bedingte Spannungsabfall vernachlässigbar ist.

§ 5.
Spannung und Strom.

Der Ausdruck Wechselstrom umfaßt sowohl Einphasen- als auch Mehrphasenstrom.

Drehstrom ist verketteter Dreiphasenstrom.

Spannungs- und Stromangaben bei Wechselstrom bedeuten Effektivwerte, sofern nichts anderes angegeben ist.

Spannung ist bei Drehstrom die verkettete.

Läuferspannung bei Asynchronmaschinen mit umlaufendem Sekundäranker ist die in der offenen Sekundärwicklung im Stillstand auftretende Spannung zwischen zwei Schleifringen, Läuferstrom der bei Nennbetrieb auftretende Schleifringstrom.

Durchmesserspannung bei geschlossenen Gleichstromwicklungen ist die Wechselspannung zwischen zwei um eine Polteilung entfernten Punkten der Wicklung.

Dauerkurzschlußstrom ist der Strom, der sich bei Klemmenkurzschluß und der dem Nennbetrieb entsprechenden Erregung einstellt.

Stoßkurzschlußstrom ist der höchste Augenblickswert des Stromes, der bei plötzlichem Klemmenkurzschluß im ungünstigsten Schaltaugenblick auftreten kann.

§ 6.
Arbeitsweise.

Generator (Stromerzeuger) ist eine umlaufende Maschine, die mechanische Leistung in elektrische Leistung umwandelt.

Motor ist eine umlaufende Maschine, die elektrische Leistung in mechanische Leistung umwandelt.

Umformer ist eine umlaufende Maschine oder ein Maschinensatz zur Umwandlung elektrischer Leistung in elektrische Leistung.

Sofern nichts anderes angegeben ist, wird in den folgenden Bestimmungen bei Umformern die Arbeitsweise Wechselstrom-Gleichstrom vorausgesetzt.

Transformator ist ein Gerät, das ohne mechanische Bewegung elektrische Leistung in elektrische Leistung umwandelt (für Gleichrichter bestehen z. Z. noch keine Bestimmungen).

§ 7.
Nennbetrieb.

Bei Maschinen ist der Nennbetrieb gekennzeichnet durch die Werte, die auf dem Schilde genannt sind. Diese Werte und die aus ihnen abgeleiteten werden durch den Zusatz „Nenn-" gekennzeichnet (Nennleistung, Nennspannung, Nennstrom, Nennfrequenz, Nenndrehzahl, Nenn-Leistungsfaktor usw.).

Bei Transformatoren heißt Nennbetrieb der Betrieb mit der Primärspannung, der Frequenz, dem Sekundärstrom und der Betriebsart, die auf dem Schilde genannt sind.

§ 8.
Nennspannung von Transformatoren.

Nenn-Primärspannung der Leistungstransformatoren ist die Betriebspannung der Fahrleitung; sie wird durch Vorsetzen von „Nenn-" auf dem Schilde gekennzeichnet.

Nenn-Sekundärspannung ist die aus der primären Nennspannung und der Übersetzung berechnete Spannung.

Zu beachten ist, daß die Nenn-Sekundärspannung die Sekundärspannung des leerlaufenden Transformators ist.

§ 9.
Nennstrom.

Nennstrom ist der aus der Nennleistung und der Nennspannung berechnete Strom.

§ 10.
Leistung.

Abgabe ist die abgegebene Leistung an den Klemmen bei Generatoren, an der Welle bei Motoren und an den Sekundärklemmen bei Umformern und Transformatoren.

Aufnahme ist die aufgenommene Leistung an der Welle bei Generatoren, an den Klemmen bei Motoren und an den Primärklemmen bei Umformern und Transformatoren.

Die Einheit der Leistung ist das Kilowatt (kW).

Scheinleistung ist das Produkt aus Strom und Spannung mal Phasenfaktor (bei Drehstrom gleich $\sqrt{3}$).

Die Einheit der Scheinleistung ist das Kilovoltampere (kVA).

Bei Transformatoren wird unter Leistung die Scheinleistung verstanden.

Zahnradvorgelege, die zur unmittelbaren oder mittelbaren Übertragung der Leistung der Motoren an die Triebachsen der Fahrzeuge dienen, sollen, auch wenn die Lager der Vorgelegewelle Teile des Motors sind, nicht als zum Motor gehörend angesehen werden. Die Abgabe des Motors ist daher an der Motorwelle selbst zu messen; die in den Zahnradvorgelegen entstandenen Verluste sind demnach in dem Wirkungsgrade des Motors nicht enthalten.

§ 10a.
Nennleistung.

Die Nennleistung von Fahrzeug-Haupttransformatoren wird von den Klemmen der größten Spannung des Fahrstromes über die zugehörenden Stromteiler entnommen.

§ 11.
Leistungsfaktor.

Leistungsfaktor (cos φ) ist das Verhältnis von Leistung in kW zur Scheinleistung in kVA.

§ 12.
Wirkungsgrad.

Wirkungsgrad ist das Verhältnis von Abgabe zur Aufnahme.

Bei Transformatoren wird der Wirkungsgrad aus Leerlaufverlust und Wicklungsverlust, die als Unterschied von Aufnahme und Abgabe angesehen werden, ermittelt.

§ 13.
Erregung.

A. Einteilung nach Stromquelle.

Unterschieden werden:

1. Selbsterregung: Erregung einer Maschine durch einen von ihr selbst erzeugten Strom.
2. Eigenerregung: Erregung einer Maschine durch eine mit ihr unmittelbar oder mittelbar gekuppelte Erregermaschine, die nur diesem Zwecke dient.
3. Fremderregung: Erregung einer Maschine durch eine andere als die vorstehend genannten Stromquellen.

Nenn-Erregerspannung bei Eigen- und Fremderregung ist die auf dem Schilde der Maschine genannte Spannung, für die die Erregerwicklung bemessen ist.

B. Einteilung nach Schaltung.

Unterschieden werden:

1. Reihenschlußerregung, d. i. Erregung durch den Ankerstrom.
2. Reihenschlußerregung mit Feldschwächung.

Bei Erregerwicklungen ohne Anzapfung gilt der Wert:

$$\frac{\text{Feldstrom}}{\text{Ankerstrom}},$$

anzugeben in Prozenten, als Maß für die Erregung; bei Erregerwicklungen mit Anzapfungen der Wert:

$$\frac{\text{Stromdurchflossene Windungen}}{\text{Gesamt-Windungen}}.$$

3. Nebenschlußerregung, d. i. Erregung durch einen Zweigstrom, unabhängig vom Ankerstrom.
4. Verbunderregung, d. i. teils Reihenschluß-, teils Nebenschlußerregung.

Digitized by Google

Nennerregung ist die Erregung, bei der der Motor die Nennleistung und die Nenndrehzahl, der Generator die Nennleistung und die Nennspannung hat.

§ 14.

Drehzahlverhalten und Drehzahlregelung.

A. Drehzahlverhalten.

Nach der Abhängigkeit der Drehzahl von der Abgabe werden unterschieden:

1. Motoren mit fast gleichbleibender Drehzahl (Nebenschlußverhalten).
   Die Drehzahl ändert sich nur wenig mit der Abgabe (z. B. Nebenschluß- und Asynchronmotoren).
2. Motoren mit stark veränderlicher Drehzahl (Reihenschlußverhalten).
   Die Drehzahl steigt bei Entlastung stark an (z. B. Reihenschlußmotoren).

Zwischen diesen beiden Gruppen gibt es Zwischenstufen, z. B. Motoren mit Doppelschlußwicklung.

B. Drehzahlregelung.

Nach der Drehzahl bei gleichbleibendem Drehmoment werden unterschieden:

1. Motoren mit nur einer Drehzahl.
2. Motoren mit mehreren Drehzahlstufen.
   Der Motor kann mit einigen bestimmten Drehzahlen laufen. In der Regel ist jede dieser Drehzahlen annähernd gleichbleibend im Sinne von A 1 (z. B. Asynchronmotoren mit Polumschaltung).
3. Motoren mit Drehzahlregelung.
   Die Drehzahl kann innerhalb eines bestimmten Bereiches eingestellt werden. Die eingestellte Drehzahl ist entweder:
   a) fast gleichbleibend im Sinne von A 1 (z. B. Nebenschlußmotoren mit Feldregelung) oder
   b) veränderlich im Sinne von A 2 (Reihenschlußmotoren sowie Motoren aller Art in Verbindung mit Hauptstromreglern).

§ 15.

Kühlungs- und Lüftungsarten.

Unterschieden werden:

A. bei Maschinen.

1. Selbstkühlung: Die Kühlluft wird durch die umlaufenden Teile der Maschine ohne Zuhilfenahme eines besonderen Lüfters bewegt.
2. Eigenlüftung: Die Kühlluft wird durch einen am Läufer angebrachten oder von ihm angetriebenen Lüfter bewegt.
3. Fremdlüftung: Die Kühlluft wird durch einen Lüfter mit eigenem Antriebsmotor bewegt.

B. bei Trockentransformatoren.

1. Selbstkühlung (TS): Der Transformator wird durch Strahlung und natürlichen Zug gekühlt.
2. Fremdlüftung (TF): Die Kühlluft wird durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt.

C. bei Öltransformatoren.

1. Selbstkühlung (OS): Der Ölkasten wird durch Strahlung und natürlichen Zug gekühlt.
2. Fremdlüftung (OF): Der Ölkasten wird durch Luft gekühlt, die durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt wird.
3. Ölumlauf und Fremdlüftung (OFU): Der Ölkasten wird durch Luft gekühlt, die durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt wird. Der Ölumlauf erfolgt zwangweise.
4. Ölumlauf und äußere Selbstkühlung (OSA): Das Öl wird in einem Luftkühler außerhalb des Ölkastens gekühlt. Der Ölumlauf erfolgt zwangweise.
5. Ölumlauf und äußere Fremdlüftung (OFA): Das Öl wird in einem Luftkühler außerhalb des Ölkastens gekühlt. Die Kühlluft wird durch einen Lüfter oder künstlichen Zug bewegt. Der Ölumlauf erfolgt zwangweise.

§ 16.

Schutzarten für Maschinen.

A. Offene Maschinen:

1. Offene Maschinen: Die Zugänglichkeit der Strom führenden und inneren umlaufenden Teile ist nicht wesentlich erschwert.

B. Geschützte Maschinen:

2. Geschützte Maschinen: Die zufällige oder fahrlässige Berührung der Strom führenden und inneren umlaufenden Teile sowie das Eindringen von Fremdkörpern ist erschwert. Das Zuströmen von Kühlluft aus dem umgebenden Raum ist nicht behindert. Gegen Staub, Feuchtigkeit und Gasgehalt der Luft ist die Maschine nicht geschützt.
3. Spritz- oder schwallwassergeschützte Maschinen: Schutz nach 2; außerdem ist das Eindringen von Wassertropfen und Wasserstrahlen aus beliebiger Richtung verhindert.

C. Geschlossene Maschinen:

4. Geschlossene Maschinen mit Rohranschluß: Die Maschine ist bis auf die an Rohre oder andere Luftleitungen angeschlossenen Zuluft- und Abluftstutzen allseitig abgeschlossen.
   Beim Fehlen eines oder beider Rohre fällt die Maschine unter Bauart B.
5. Geschlossene Maschinen mit Mantelkühlung: Die Strom führenden und inneren umlaufenden Teile sind allseitig abgeschlossen. Die Maschine wird durch Eigenlüftung der Außenfläche gekühlt.
6. Gekapselte Maschinen: Die Maschine ist allseitig abgeschlossen. Die Wärme wird lediglich durch Strahlung, Leitung und natürlichen Zug abgeführt.
   Ein völlig luft- und staubdichter Abschluß ist wegen der unvermeidlichen Atmung auch bei geschlossenen Maschinen nach C nicht möglich.

§ 16a.

Betriebsarten.

Zu unterscheiden ist zwischen dem Fahrbetrieb und der Betriebsart bei der Prüfung.

A. Fahrbetrieb.

Fahrbetrieb ist die planmäßig festgesetzte Benutzung der Maschinen und Transformatoren auf einer oder mehreren festgesetzten Fahrstrecken.

Im planmäßigen Fahrbetriebe auf der Fahrstrecke kommt die dauernde Abgabe einer gleichbleibenden Leistung mit Ausnahme seltener Fälle nicht vor. Vielmehr arbeiten die Bahnmaschinen und -transformatoren häufig einen erheblichen Teil der Betriebzeit mit Leistungen, die größer als ihre Dauerleistung sind, insbesondere z. B. beim elektrischen Bremsen.

B. Betriebsarten bei der Prüfung.

Da eine Nachahmung des Fahrbetriebes auf dem Prüfstande undurchführbar ist, wird zum Zwecke der Bewertung der Maschinen und Transformatoren eine Prüfung im Dauerbetrieb bzw. im kurzzeitigen Betrieb zugrunde gelegt.

1. Dauerbetrieb (DB): Die Betriebzeit ist so lang, daß die dem Beharrungzustand entsprechende Endtemperatur erreicht wird (siehe § 26).
2. Kurzzeitiger Betrieb (KB): Die durch Vereinbarung bestimmte Betriebzeit ist so kurz, daß die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird (siehe § 26).
   Wenn nichts anderes vereinbart ist, gilt für Fahrzeug-Antriebsmotoren als Nennleistung die Stundenleistung.

III. Genormte Werte.

§ 16b.

Frequenz.

Für Einphasenbahnnetze ist die genormte Nennfrequenz 16⅔ Hz.

§ 16c.

Spannungen.

Tafel I.

Genormte Nennspannungen für Maschinen in Volt:

Betriebspannung nach DIN VDE 2	Gleichstrom*		Einphasenstrom $16^2/_3$ Hz	
	Motoren** Nennspannung	Generatoren auf Fahrzeugen	Fahrmotoren	Hausmotoren
220	220			200
440	—			—
550	550	nicht	nicht	—
750	750			—
1100	1100	genormt	genormt	—
1500	1500			—
3000	3000			—

* Für Maschinen, die mit Akkumulatoren zusammen arbeiten, werden genormte Nennspannungen nicht festgesetzt.

** Über den Betrieb mit Überspannungen siehe § 56b.

Digitized by Google

Tafel II.

Genormte Nennspannungen für Transformatoren in Volt, Einphasenstrom 16⅔ Hz:

Betriebspannung nach DIN VDE 2	Primär		Sekundär	
	Nennspannung	Transformatoren müssen noch betrieben werden können bei	für Fahrbetrieb	für Sonderzwecke * (Steuerung, Hilfsmotoren, Heizung)
220	—	—	nicht genormt	200
380	—	—		—
—	—	—		600
—	—	—		800
1 000	—	—		1000
6 000	—	—		—
15 000	15 000	16 500		—

* Diese Spannungen werden in der Regel von Anzapfungen des Haupttransformators entnommen.

IV. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 17.

Sinusform von Spannungskurven.

Die folgenden Bestimmungen gelten unter der Annahme einer praktisch sinusförmigen Welle der Wechselspannung; bei Transformatoren ist die Primärspannung maßgebend (siehe R.E.M., §§ 14 u. 21; R.E.T., § 21).

§ 18.

Aufstellungsort.

Die folgenden Bestimmungen gelten unter der Annahme, daß die Fahrstrecken nicht höher als 1000 m ü. M. liegen. Für höher gelegene Fahrstrecken sind besondere Vereinbarungen zu treffen.

Bei größeren Höhen verringern sich Isolationsfestigkeit und Wärmeabgabe; hierauf ist bei der Prüfung Rücksicht zu nehmen.

§ 19.

Bürstenstellung.

Die folgenden Bestimmungen gelten unter der Annahme, daß sich bei Maschinen mit fester Bürstenstellung die Bürsten in der für Nennbetrieb vorgeschriebenen Stellung befinden und ihre Stellung auch während der Probe unverändert bleibt.

§ 20.

Angezapfte Wicklungen.

Die folgenden Bestimmungen gelten unter der Annahme, daß die Leistung von Fahrzeug-Haupttransformatoren die Nennleistung ist (siehe § 10a).

§ 21.

Siehe § 23.

§ 22.

Prüfungen.

Die Prüfungen nach diesen Regeln sind nach Möglichkeit in den Werkstätten des Herstellers an den neuen trockenen, betriebsfertig eingelaufenen Maschinen bzw. Transformatoren vorzunehmen. Insbesondere sollen die Spannungsproben gemäß § 43 in den Werkstätten des Herstellers durchgeführt werden, weil die Erzeugung und richtige Messung der Prüfspannung nur bei Beachtung zahlreicher Vorsichtsmaßregeln möglich ist.

Prüfungen im Fahrzeug sind besonders zu vereinbaren. Bei einer Wiederholung der Spannungsprobe im Fahrzeug darf mit einer Spannung geprüft werden, die das Mittel zwischen der Betriebspannung und der nach § 43 bestimmten Prüfspannung (Tafel VIII) ist.

Maschinen und Transformatoren sind mit ihren Lüftungsvorrichtungen zu prüfen. Der durch das Fahren entstehende Luftzug darf jedoch bei Motoren nicht nachgeahmt werden; bei Transformatoren oder hierzu gehörenden Kühleinrichtungen ist dieses erlaubt, worüber gegebenenfalls besondere Vereinbarungen getroffen werden können.

Die Schutzart der Maschine darf für den Probelauf nicht geändert werden.

§ 23.

Betriebswarmer Zustand.

Sofern nichts anderes angegeben ist, beziehen sich die folgenden Bestimmungen auf einen mittleren betriebswarmen Zustand und zwar soll die diesem entsprechende Temperatur einheitlich zu 75° angenommen werden; gemessene Wirkungsgrade oder Verluste sind auf diese Temperatur umzurechnen.

§ 24.

Gewährleistungen.

Gewährleistungen beziehen sich auf den Nennbetrieb (siehe §§ 7 und 16a).

Gewährleistungen über den Betrieb bei elektrischer Bremsung bleiben besonderen Vereinbarungen vorbehalten.

B. Betriebsarten.

§ 25.

Fahrbetrieb.

Der Fahrbetrieb (siehe § 16a) muß in der vereinbarten Art und Dauer geführt werden können, ohne daß die auftretenden Temperaturspitzen die in § 35 (Tafeln VI u. VII) angegebenen Grenzwerte der Temperaturen überschreiten.

Die Grenztemperaturen beziehen sich auf eine Temperatur der Außenluft bis 25° (meteorologische Luft- oder Schattentemperatur). Bei selten auftretenden höheren Temperaturen der Außenluft ist eine Überschreitung bis 10° zulässig.

§ 26.

Prüfbetrieb.

A. Dauerbetrieb.

Der Nennbetrieb mit Dauerleistung (siehe § 28) muß beliebig lange Zeit hindurch geführt werden können, ohne daß die Erwärmung die in § 35 angegebenen Grenzwerte überschreitet; dabei müssen alle anderen Bestimmungen erfüllt werden.

Bei gekapselten Fahrmotoren ist diese Probe mit verminderter Spannung durchzuführen, deren Betrag besonders zu vereinbaren und auf dem Leistungschilde anzugeben ist.

B. Kurzzeitiger Betrieb.

Der Nennbetrieb mit Zeitleistung (siehe § 28) muß die vereinbarte Zeit hindurch geführt werden können, ohne daß die Erwärmung die in § 35 angegebenen Grenzwerte überschreitet; dabei müssen alle anderen Bestimmungen erfüllt werden.

C. Erwärmung.

§ 27.

Begriffserklärung.

Erwärmung eines Maschinen- oder Transformatorenteiles ist bei Dauerbetrieb der Unterschied zwischen seiner Temperatur und der des zutretenden Kühlmittels, bei kurzzeitigem Betrieb der Unterschied seiner Temperaturen beim Beginn und am Ende der Prüfung.

§ 28.

Probelauf.

Die Erwärmungsprobe wird bei Nennbetrieb vorgenommen bzw. auf diesen bezogen. Bezüglich der Dauer gilt:

1. Dauerbetrieb (DB). Der Probelauf kann bei kalter oder warmer Maschine (Transformator) begonnen werden.

Zur Bestimmung der Enderwärmung Θ bei DB benutzt man zweckmäßig das nachstehend beschriebene Verfahren, weil die Messung der Erwärmung ϑ gegen Ende der Probe unregelmäßigen Schwankungen infolge von Änderungen der Kühlmitteltemperatur unterliegt.

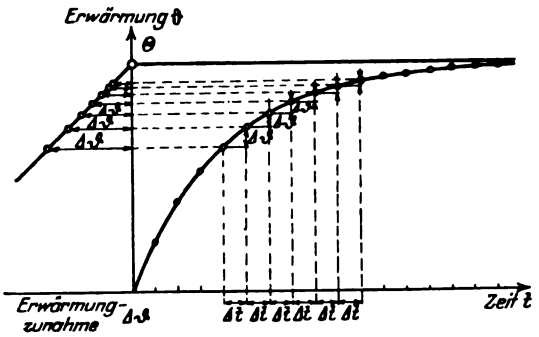


Abb. 1.

Die Erwärmung (ϑ) wird in gleichen Zeitabständen (Δt) gemessen und die Erwärmungzunahme ($\Delta \vartheta$) in Abhängigkeit von der Erwärmung (ϑ) aufgetragen. Die Verlängerung der Geraden durch die so entstehende

Digitized by Google

Punktschar schneidet auf der Erwärmungsachse die Enderwärmung (Θ) ab.

Die Genauigkeit dieses Verfahrens ist mindestens so groß wie die des fortgesetzten Erwärmungsversuches.

Der Probelauf ist als beendet anzusehen, wenn die Erwärmung nicht mehr merklich steigt, d. h. wenn sie bei Maschinen nicht mehr als 2°, bei Transformatoren nicht mehr als 1° in 1 h zunimmt.

2. Kurzzeitiger Betrieb (KB). Der Probelauf wird entweder bei kalter Maschine (Transformator) begonnen oder, wenn die Temperatur der wärmsten Wicklung um nicht mehr als 3° höher als die Temperatur des Kühlmittels ist. Er wird bei Ablauf der vereinbarten Betriebzeit abgebrochen.

§ 29.

Bestimmung der Wicklungserwärmung.

Für die Erwärmung einer Wicklung von Maschinen und Trockentransformatoren gilt einer der beiden folgenden Werte:

1. Mittlere Erwärmung, errechnet aus der Widerstandzunahme während des Probelaufes.
2. Örtliche Erwärmung an der vermutlich heißesten zugänglichen Stelle, gemessen mit dem Thermometer.

Wenn beide Meßverfahren anwendbar sind, so sollen im allgemeinen die Temperaturangaben durch Thermometer, sofern sie die für die Thermometermessung nach § 35 zulässigen Werte überschreiten, nicht maßgebend sein, solange nicht die nach diesem Verfahren erhaltenen Werte höher als die nach der Widerstandsmessung zulässigen Erwärmungen liegen.

Wenn bei Maschinen die Widerstandsmessung untunlich ist, so wird die Thermometermessung allein angewendet. Dieses gilt besonders für Kommutatoranker mit mehr als 4 Polen.

Bei Öltransformatoren wird die Erwärmung aus der Widerstandzunahme ermittelt.

§ 29 a.

Erwärmungsmessung des Eisenkernes und des Öles.

Die Erwärmung des Eisenkernes bei Trockentransformatoren ist an der vermutlich heißesten zugänglichen Stelle mit dem Thermometer zu bestimmen.

Die Erwärmung des Öles ist in der obersten Ölschicht des Kastens mit dem Thermometer zu bestimmen.

Zur Einführung eines Thermometers muß eine Einrichtung am Transformator vorhanden sein, deren Lochdurchmesser mindestens 12 mm beträgt.

§ 30.

Berechnung der Wicklungserwärmung aus der Widerstandzunahme.

Die Erwärmung Θ von Kupferwicklungen wird nach folgenden Formeln aus der Widerstandzunahme berechnet, in denen

ϑ_{kalt} die Temperatur der kalten Wicklung,
$\vartheta_{Kühlmittel}$ die Temperatur des Kühlmittels,
R_{kalt} den Widerstand der kalten Wicklung,
R_{warm} den Widerstand der warmen Wicklung

bedeuten:

1. bei allen Maschinen und Transformatoren, ausgenommen Betriebsart KB:

$$\Theta = \frac{R_{warm} - R_{kalt}}{R_{kalt}} (235 + \vartheta_{kalt}) - (\vartheta_{Kühlmittel} - \vartheta_{kalt}).$$

2. bei Maschinen und Transformatoren der Betriebsart KB für Betrieb von 1 h und darunter:

$$\Theta = \frac{R_{warm} - R_{kalt}}{R_{kalt}} (235 + \vartheta_{kalt}),$$

wobei die Werte ϑ_{kalt} und R_{kalt} für den Beginn der Prüfung gelten.

Darauf zu achten ist, daß alle Teile der Wicklungen bei der Messung von R_{kalt} die gleiche mit dem Thermometer zu messende Temperatur ϑ_{kalt} haben.

§ 31.

Erwärmungsmessung mit Thermometer.

Zur Temperaturmessung mit Thermometer sollen Ausdehnungsthermometer (mit Quecksilber- oder Alkoholfüllung) verwendet werden. Zur Messung von Öl- und Oberflächentemperaturen sind auch elektrische Thermometer (Thermoelemente oder Widerstandspulen) zulässig, doch ist im Zweifelfalle das Ausdehnungsthermometer maßgebend.

In allen Fällen muß für möglichst gute Wärmeübertragung von der Meßstelle auf das Thermometer und geringe störende Wärmeableitung von der Meßstelle fort gesorgt werden. Die Meßstelle darf von Kühlluft nicht bestrichen werden. Bei Messung von Oberflächentemperaturen sind daher Meßstelle und Thermometer gemeinsam mit einem schlechten Wärmeleiter zu bedecken.

§ 32.

Ausführung der Messungen.

Die Messung der Widerstandzunahme ist bei Maschinen möglichst während des Probelaufes, sonst aber unmittelbar nach dem Abstellen, bei Transformatoren stets unmittelbar nach dem Ausschalten vorzunehmen. Der Zufluß von Kühlluft ist gleichzeitig mit dem Ausschalten abzustellen. Die Auslaufzeit ist, wenn nötig, künstlich abzukürzen.

Die Thermometermessung ist möglichst während des Probelaufes, nötigenfalls mit Maximalthermometer, sonst aber nach dem Abstellen vorzunehmen.

Wenn auf dem Thermometer nach dem Abstellen höhere Temperaturen als während des Probelaufes abgelesen werden, so sind diese höheren Werte maßgebend. Ausgenommen hiervon sind Messungen an solchen Stellen, in deren Nähe eine höhere Erwärmung als an der Meßstelle selbst zulässig ist.

Ist vom Augenblick des Ausschaltens bis zu den Messungen soviel Zeit verstrichen, daß eine merkliche Abkühlung anzunehmen ist, so sollen die Meßergebnisse durch Extrapolation auf den Augenblick des Ausschaltens umgerechnet werden.

§ 33.

Temperatur des Kühlmittels.

Als Temperatur des Kühlmittels gilt für den Probelauf:

1. bei Maschinen mit Selbstkühlung oder Eigenlüftung und bei Transformatoren mit Selbstkühlung bzw. mit Ölumlauf und äußerer Selbstkühlung (TS, OS, OSA), die die Kühlluft dem Betriebsraum entnehmen. der Durchschnittswert der während des letzten Viertels der Versuchzeit in gleichen Zeitabschnitten gemessenen Temperaturen der Umgebungsluft.

   Zwei oder mehrere Thermometer sind zu verwenden, die in 1 ... 2 m Entfernung von der Maschine (dem Transformator) [ungefähr in Höhe der Maschinen-(Transformatoren-)mitte] zur Messung der mittleren Zulufttemperatur angebracht werden. Die Thermometer dürfen weder Luftströmungen noch Wärmebestrahlung ausgesetzt sein;
2. bei Maschinen mit Eigen- oder Fremdlüftung und Transformatoren mit Fremdlüftung (TF, OF, OFU, OFA), denen die Kühlluft durch besondere Leitungen zuströmt, der Durchschnittswert der. während des letzten Viertels der Versuchzeit in gleichen Zeitabschnitten am Eintrittstutzen gemessenen Temperatur der Kühlluft.

§ 34.

Wärmebeständigkeit der Isolierstoffe.

Tafel III siehe S. 31.

§ 35.

Grenzwerte.

Die höchstzulässigen Grenzwerte der Erwärmung für die Prüfung sind in Tafeln IV und V, die höchstzulässigen Grenzwerte für die Temperatur im Fahrbetrieb in Tafeln VI und VII zusammengestellt.

Bei Öltransformatoren darf die Ölgrenztemperatur (95°) nicht als Maßstab für etwa zulässige Überlastungen angesehen werden. Es ist also nicht ohne weiteres zulässig, die Belastung zu steigern, bis die Ölgrenztemperatur erreicht ist. Die Beachtung dieser Bestimmung ist notwendig, weil die Wicklungen gegenüber dem Öl Temperaturunterschiede aufweisen, die mit der Überlastung ungefähr quadratisch steigen.

Tafel IV bis VII siehe S. 31 u. 32.

§ 36.

Geschichtete Stoffe.

Bei mehreren geschichteten Stoffen verschiedener Wärmebeständigkeit-Klassen gilt im allgemeinen als Grenztemperatur die des weniger wärmebeständigen, falls seine Zerstörung den Betrieb der Maschine beeinträchtigt.

Dagegen gilt als Grenztemperatur die des wärmebeständigeren Stoffes, falls der weniger wärmebeständige Stoff nur in kleinen Mengen zum Aufbau verwendet wird und der Zerstörung unterliegen darf, ohne die Isolierung zu beeinträchtigen.

Digitized by Google

Tafel III.

Wärmebeständigkeit-Klassen:

	I Klasse	II Isolierstoff	III Behandlung
1	O	Baumwolle, Seide, Papier und ähnliche Faserstoffe	ungetränkt und nicht unter Öl
2	A*	Baumwolle, Seide, Papier und ähnliche Faserstoffe	getränkt
3	A_f*	Baumwolle, Seide, Papier und ähnliche Faserstoffe	in Füllmasse
4	A_o	Baumwolle, Seide, Papier und ähnliche Faserstoffe	unter Öl
5	B	Glimmer- und Asbestpräparate und ähnliche mineralische Stoffe	mit Bindemittel
6	C	Glimmer	ohne Bindemittel
		Porzellan, Glas, Quarz und ähnliche feuerfeste Stoffe	—

* Anmerkung zu 2 und 3: Eine Isolierung wird als „getränkt" bezeichnet, wenn die Luft zwischen den Fasern durch einen geeigneten Stoff ersetzt wird, auch wenn dieser Stoff nicht alle Räume zwischen den einzelnen isolierten Leitern vollständig ausfüllt.

Sind diese Zwischenräume vollständig ausgefüllt, so wird die Isolierung als „in Füllmasse" bezeichnet.

Das Tauchen einer mit ungetränktem Draht gewickelten Spule ohne Anwendung von Druck oder Vakuum gilt nicht als Tränkung.

Von einem brauchbaren Tränkmittel wird verlangt, daß es gute Isoliereigenschaften hat, daß es die Fasern vollständig einhüllt und sie aneinander und am Leiter haften läßt, daß es keine Hohlräume infolge Verdunstung des Lösungsmittels oder infolge anderer Ursachen bildet, daß es bei der zugelassenen Grenztemperatur nicht weich wird und, daß es wärmebeständig ist.

Von einer brauchbaren Füllmasse wird verlangt, daß sie gute Wärmeleitfähigkeit und erforderliche Isoliereigenschaften hat, daß sie die Hohlräume zwischen den isolierten Leitern vollständig ausfüllt und keine Hohlräume bildet, daß sie bei der zugelassenen Grenztemperatur nicht tropfbar weich wird und, daß sie sich bei dauernder Erwärmung nicht verändert.

§ 37.

Zweierlei Isolationen.

Wenn für verschiedene räumlich getrennte Teile der gleichen Wicklung zwei oder mehrere Isolierstoffe von verschiedener Wärmebeständigkeit-Klasse verwendet werden, so gilt bei Temperaturbestimmung aus der mittleren Widerstandzunahme die für den wärmebeständigeren Stoff zulässige Grenztemperatur, sofern die Thermometermessung an den weniger wärmebeständigen Stoffen keine Überschreitung der für sie zulässigen Grenztemperaturen ergibt.

D. Überlastung, Kommutierung.

§ 38.

Allgemeines.

Die folgenden Bestimmungen sollen nur die mechanische und elektrische Überlastbarkeit ohne Rücksicht auf Erwärmung feststellen.

§ 39.

Überlastung.

A. bei laufender Maschine:

Maschinen müssen ohne Beschädigung und bleibende Formänderung folgende Überlastungen aushalten:

Gleichstrom- und Asynchronmotoren zum Antrieb des Fahrzeuges bei vollem Feld und Nennspannung:

während 1 min den 1,7-fachen Stundenleistungstrom, stoßweise den 2-fachen Stundenleistungstrom;

Wechselstrom-Kommutatormotoren zum Antrieb des Fahrzeuges bei 3 % der größten Betriebsdrehzahl:

während 1 min den 1,7-fachen Stundenleistungstrom;

Generatoren und Hilfsmaschinen entsprechend § 3, Ziffern 1 bis 3, bei Nennspannung und Nenndrehzahl:

während 2 min den 1,5-fachen Nennstrom.

B. bei Stillstand:

Bedingungen bleiben besonderer Vereinbarung vorbehalten.

Tafel IV.

Grenzerwärmung von Maschinen auf dem Prüfstand:

	I		II	III	IV
	Wicklungen mit Isolierung nach Klasse		A* u. A_f*	B	C
1	Im Dauerbetrieb	Widerstandzunahme	85°	105°	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile
2		Thermometer	65°	85°	
3	Im kurzzeitigen Betrieb	Widerstandzunahme	100°	120°	
4		Thermometer	75°	95°	

* Anmerkung zu II: Bei Wicklungen für Gleichstrom-Nebenschlußerregung müssen die Grenzerwärmungen für Klasse A und A_f um 20° niedriger sein.

	I	II
5	Kommutatoren und Schleifringe Dauerbetrieb	85°
6	kurzzeitiger Betrieb	90°
7	Tatzenlager von gekapselten Straßenbahnmotoren für Schmalspur	75°
8	Alle anderen Lager	55°
9	Eisenkerne	Wie die eingebetteten Wicklungen nach § 29
10	Alle anderen Teile	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile

Meßverfahren	
Alle Wicklungen	Widerstandzunahme und Thermometer
Alle anderen Teile	Thermometer

Tafel V.

Grenzerwärmungen von Transformatoren auf dem Prüfstand:

	I	II	III	IV	V
	Wicklungen mit Isolierung nach Klasse	A, A_f u. A_o	B	C	unisoliert
1	Einlagige blanke Wicklungen	—	—	—	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile
2	Alle anderen Wicklungen	80°	100°		

	I	II
3	Öl in der obersten Schicht	70°
4	Eisenkern sowie alle anderen Teile	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile

Meßverfahren		
Alle Wicklungen mit Ausnahme der einlagigen blanken	Trockentransformatoren	Widerstandzunahme und Thermometer
	Öltransformatoren	Widerstandzunahme
Einlagige blanke Wicklungen sowie alle anderen Teile		Thermometer

C. bei elektrischer Bremsung:

Bedingungen bleiben besonderer Vereinbarung vorbehalten.

Die Prüfung darf nur mit einer solchen Temperatur der Maschine begonnen werden, daß die Grenztemperaturen nach Tafeln VI und VII nicht überschritten werden.

Kommutatoren dürfen nur solche Brandspuren aufweisen, die beim Laufen nach einigen Stunden wieder verschwinden.

Digitized by Google

Tafel VI.

Grenztemperaturen von Maschinen im Fahrbetrieb:

	I	II	III	IV
	Wicklungen mit Isolierung nach Klasse	A* u. A_f*	B	C
1	Widerstandzunahme	105°	125°	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile
2	Thermometer	95°	115°	

* Anmerkung zu II: Bei Wicklungen für Gleichstrom-Nebenschlußerregung müssen die Grenztemperaturen für Klasse A und A_f um 20° niedriger sein.

	I	II
3	Kommutatoren und Schleifringe	105°
4	Eisenkerne	Wie die eingebetteten Wicklungen nach § 29
5	Alle anderen Teile	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile

Meßverfahren	
Alle Wicklungen	Widerstandzunahme und Thermometer
Alle anderen Teile	Thermometer

Tafel VII.

Grenztemperaturen von Transformatoren im Fahrbetrieb:

	I	II	III	IV	V
	Wicklungen mit Isolierung nach Klasse	A, A_f u. A_0	B	C	unisoliert
1	Einlagige blanke Wicklungen	—	—	—	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile
2	Alle anderen Wicklungen	105°	125°		

	I	II
3	Öl in der obersten Schicht	95°
4	Eisenkern sowie alle anderen Teile	Nur beschränkt durch den Einfluß auf benachbarte Isolierteile

Meßverfahren		
Alle Wicklungen mit Ausnahme der einlagigen blanken	Trockentransformatoren	Widerstandzunahme und Thermometer
	Öltransformatoren	Widerstandzunahme
Einlagige blanke Wicklungen sowie alle anderen Teile		Thermometer

§ 40.

Kommutierung.

Maschinen mit Kommutator müssen bei den verschiedenen betriebsmäßigen Erregungen bei jeder Belastung bis zur Nennleistung praktisch funkenfrei arbeiten. Bei den Überlastungsproben nach § 39 müssen sie derart kommutieren, daß weder die Betriebsfähigkeit von Kommutator und Bürsten beeinträchtigt wird noch Rundfeuer auftritt.

Vorausgesetzt wird, daß:

1. der Kommutator in gutem Zustande ist und die Bürsten gut eingelaufen sind;
2. bei Gleichstrommotoren mit oder ohne Wendepole, die zum Fahrzeugantrieb dienen, die Bürsten in der neutralen Zone stehen;
3. bei sonstigen Gleichstrommaschinen mit oder ohne Wendepole die Bürstenstellung im ganzen Belastungsbereich des Nenndrehsinnes unverändert bleibt;
4. bei Wechselstrommotoren sich die Probe nur auf den Leistungsbereich erstreckt, der bei der betreffenden Bürstenstellung zulässig ist.

Ein Betrieb gilt als praktisch funkenfrei, wenn Kommutator und Bürsten in betriebsfähigem Zustande bleiben.

Bei Wechselstrom-Kommutatormotoren kann beim Anlauf vorübergehend stärkeres Bürstenfeuer auftreten, das aber den betriebsfähigen Zustand nicht beeinträchtigen darf.

Das Gleiche gilt auch für Gleichstrommotoren bei elektrischer Bremsung.

§ 41.

Kurzschlußfestigkeit.

Die Transformatoren nach § 3 müssen einen plötzlichen Kurzschluß an den Sekundärklemmen bei Nenn-Primärspannung aushalten können, ohne daß ihre Betriebsfähigkeit beeinträchtigt wird.

Hierbei ist angenommen, daß der Transformator einen Kurzschluß an den Sekundärklemmen vertragen muß, auch wenn die Stromquelle so groß ist, daß durch den Kurzschluß keine Verminderung der Primärspannung eintritt.

Die Prüfung auf Kurzschlußfestigkeit läßt sich im allgemeinen nicht in den Fabrikprüffeldern, sondern nur im Betriebe durchführen, da nur dort die nötigen Maschinengrößen zur Verfügung stehen.

E. Isolierfestigkeit.

§ 42.

Allgemeines.

Die Wicklungsisolation soll folgenden Spannungsproben unterworfen werden:

1. Wicklungsprobe nach § 43, ausgenommen Transformatorenwicklungen, die betriebsmäßig nicht lösbar mit dem Körper verbunden sind;
2. Sprungwellenprobe nach § 44 bei Transformatoren, sofern sie die Fahrdrahtspannung führen;
3. Windungsprobe nach § 45 bei allen Transformatoren.

Die Prüfungen dürfen an der kalten Maschine oder an dem kalten Transformator vorgenommen werden, falls die Maschine oder der Transformator im warmen Zustande nicht zur Verfügung steht. Die Prüfungen sollen in der Reihenfolge 1, 2, 3 vorgenommen werden; sie gelten als bestanden, wenn weder Durchschlag noch Überschlag erfolgt und keine Gleitfunken auftreten.

Bei Maschinen und Transformatoren brauchen betriebsmäßig nicht lösbare Verbindungen zwischen verschiedenen Wicklungen oder mit dem Körper nicht getrennt zu werden. Bei Transformatoren brauchen Wicklungen, die betriebsmäßig nicht lösbar mit dem Körper verbunden sind, nur der Windungsprobe unterworfen zu werden.

Als betriebsmäßig nicht lösbare Verbindungen gelten Verbindungen der Erdseite der Hochspannungswicklungen von Transformatoren nach § 3, Ziffer 4 a) dann, wenn die Isolation der Wicklungen und Klemmen nur entsprechend dem Potentialgefälle gegen Erde ausgeführt ist.

Vor und nach Vornahme der drei Spannungsproben wird empfohlen, die Widerstände der Wicklungen zu messen. Unterschiede zwischen den beiden Widerstandsmessungen zeigen das Auftreten von Wicklungsschäden an.

§ 43.

Wicklungsprobe.

Die Wicklungsprobe dient zur Feststellung der ausreichenden Isolierung von Wicklungen gegeneinander und gegen Körper.

Ein Pol der Stromquelle wird an die zu prüfende Wicklung, der andere an die Gesamtheit der untereinander und mit dem Körper verbundenen anderen Wicklungen gelegt.

Die Prüfspannung soll praktisch sinusförmig, ihre Frequenz gleich der Nennfrequenz oder 50 Hz sein.

Bei der Vornahme der Prüfung dürfen höchstens 50 % der Prüfspannung durch Einschalten mittels Schalter auf das Prüfobjekt gegeben werden. Die Steigerung der Spannung vom halben Wert zum Endwert muß stetig oder in einzelnen Stufen von höchstens je 5 % der Endspannung erfolgen. Die Zeit der Spannungsteigerung vom halben Wert bis zum Endwert soll nicht kleiner als 10 s sein. Der Endwert der Prüfspannung ist während 1 min einzuhalten.

Wird die Prüfzeit über 1 min ausgedehnt, so soll die Prüfspannung herabgesetzt werden.

Gleitfunken dürfen bei Maschinen vor Überschreitung der Nennspannung um 25 % nicht auftreten. Bei Trockentransformatoren beträgt die Gleitfunkengrenze nur das 0,8-fache der Prüfspannung, bei Öltransformatoren dürfen Gleitfunken überhaupt nicht auftreten.

Digitized by Google

Kurzschlußwicklungen brauchen nicht geprüft zu werden.

Bei Trockentransformatoren mit Fremdlüftung (TF) sind die Lüfter bei dieser Probe einzuschalten.

In Tafeln VIII und IX bedeutet U:

a) bei Maschinen:

1. die Nennspannung, bei Feldwicklungen die Nenn-Erregerspannung,
2. bei leitend verbundenen Wicklungen einer oder mehrerer Maschinen die höchste gegen Körper beim Körperschluß eines Poles auftretende Spannung,
3. bei Läuferwicklungen von Asynchronmotoren, die dauernd in einer Richtung umlaufen, die Läuferspannung und bei Umkehr-Asynchronmotoren 1,5 mal Läuferspannung;

Tafel VIII.

Prüfspannung für die Wicklungsprobe von Maschinen:

	I	II		III	IV
	Wicklung	Bereich		Prüfspannung in V (der größere der Werte)	
1	Alle Wicklungen	Nennleistung kleiner als 1 kW		$2\,U + 500$	
2		Nennleistung von 1 kW an	bis 1000 V	$2\,U + 1000$	1500
3			bis 3000 V	$3\,U$	
4			über 3000 V	$2\,U + 3000$	

b) bei Transformatoren:

1. bei Transformatoren nach § 3, Ziffer 4 a) das 1,1-fache der Nennspannung der Wicklungen,
2. bei Transformatoren nach § 3, Ziffer 4 b) die Nennspannung der Stromkreise, mit denen die Wicklung in Reihe liegt.

Tafel IX.

Prüfspannung für die Wicklungsprobe von Transformatoren:

	I		II	III
	Wicklung von		Prüfspannung U_p kV	mindestens aber
1	allen Transformatoren	bis 10 kV	$3{,}25\,U$	2,5 kV
2		über 10 kV	$1{,}75\,U + 15$	—

§ 44.

Sprungwellenprobe für Transformatoren.

Die Sprungwellenprobe dient dazu festzustellen, daß die Windungsisolation gegenüber den im Betriebe auftretenden Sprungwellen ausreicht. Die Prüfung soll an Wicklungen für Nennspannungen von 2,5 kV an im Fabrikprüffeld an den fertigen Transformatoren und zwar wahlweise nach Abb. 2 a, 2 b oder 2 c vorgenommen werden.

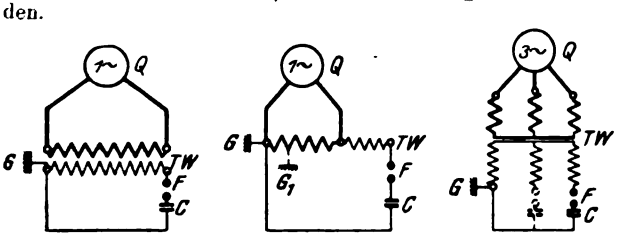


Abb. 2.

Die zu prüfende Wicklung des Transformators, die in Punkt G bzw. G_1 der betriebsmäßigen Schaltung entsprechend geerdet wird, ist über Funkenstrecken F aus massiven Kupferkugeln von mindestens 50 mm Durchmesser auf Kabel oder Kondensatoren C geschaltet, deren Kapazität folgendermaßen zu bemessen ist:

Bei Verwendung eines Drehstromkabels ist dessen Betriebskapazität gleich der angegebenen Kapazität zu wählen. Die Betriebskapazität eines Drehstromkabels ist das Doppelte der Kapazität von zweien seiner Leiter, die mit einer Stromquelle verbunden sind, während der dritte Leiter frei bleibt (siehe § 5 der Definition der Eigenschaften gestreckter Leiter, ETZ 1909, S. 1155 u. 1184).

Tafel X.

Prüfkapazität:

Nennspannung kV	Kapazität in jeder Leitung mindestens μF	Zweckmäßige Form der Kapazität
2,5 ... 6	0,05	Kabel oder Kondensator
über 6 ... 15	0,02	„ „ „

Der Kugelabstand der Funkenstrecke wird für einen Überschlag bei 2,2 U eingestellt. Der Transformator ist durch die Stromquelle Q mit mindestens normaler Frequenz auf etwa das 1,3-fache der Nennspannung zu erregen. Die Funkenstrecken werden auf beliebige Weise gezündet (etwa durch vorübergehende Annäherung der Kugeln oder Überbrückung der Luftzwischenräume) und ein Funkenspiel von 10 s Dauer wird aufrechterhalten. Die Funkenstrecken sind dabei mit einem Luftstrom von etwa 3 m/s Geschwindigkeit anzublasen.

Durch die Funkenüberschläge werden die Kapazitäten von der Wicklungsspannung immer wieder umgeladen. Bei jeder plötzlichen Umladung zieht eine Sprungwelle in die zu prüfende Wicklung ein.

Empfohlen wird, alle Zwischenleitungen möglichst kurz zu halten, da bei längeren Leitungen die Beanspruchung der Wicklung nicht eindeutig bestimmt ist.

Mehrphasentransformatoren können auch in der Einphasenschaltung geprüft werden; dabei sind die Anschlüsse so oft zu vertauschen, daß jeder Wicklungsstrang der Sprungwellenprobe ausgesetzt wird.

§ 45.

Windungsprobe für Transformatoren.

Die Windungsprobe dient zur Feststellung der ausreichenden Isolation benachbarter Windungen gegeneinander und zum Auffinden von Wicklungsdurchschlägen, die durch die Sprungwellenprobe eingeleitet sind.

Die Prüfung erfolgt bei Leerlauf durch Aufdrücken einer Prüfspannung mindestens gleich 2 × Nennspannung. Die Frequenz kann entsprechend erhöht werden; Prüfdauer 5 min.

Bei Wicklungen, die betriebsmäßig nicht lösbar mit dem Körper verbunden und infolgedessen nach § 42 nur der Windungsprobe zu unterwerfen sind, hat der oben angegebenen Prüfung noch eine verschärfte Windungsprobe von 1 min Dauer voranzugehen, während der die Prüfspannung auf die für die Wicklungsprobe geltenden Werte von Tafel IX zu steigern ist.

§ 46.

Durchführungsisolatoren.

Die Prüfung, die nach den „Vorschriften für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber V. S. G."[5] vorzunehmen ist, kann nur entweder an den zu den Transformatoren gehörenden Isolatoren vor Zusammenbau mit dem Transformator, jedoch mit zugehörendem Flansch, oder bei Verzicht auf diese Art der Prüfung an Isolatoren gleicher Type verlangt werden.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn weder Durchschlag noch Überschlag erfolgt und keine Gleitfunken längs der isolierenden Oberfläche unterhalb der Gleitfunkengrenze auftreten.

In der nachstehenden Tafel bedeutet U_r die mit der genormten Betriebspannung nach DIN VDE 2 übereinstimmende Reihenspannung; die Werte der Tafel gelten,

Tafel XI.

Prüfspannungen für Durchführungsisolatoren:

	I	II	III	IV
	Reihenspannung U_r kV	Durchschlag U_d	Prüfspannung in kV Überschlag $U_{ü}$	Gleitfunken U_{Gl}
1	bis 2,5	$10\,U_r$, mindestens 2,5	$11\,U_r$, mindestens aber 2,75	$8\,U_r$
2	über 2,5	$2{,}2\,U_r + 20$	$2{,}42\,U_r + 22$	$1{,}75\,U_r + 15$

auch wenn die Nennspannung des Transformators die Reihenspannung der zugehörenden Durchführungen bis zu 15 % überschreitet.

[5] Vgl. ETZ 1928, S. 1557 u. ff.

Digitized by Google

F. Wirkungsgrad.

§ 47.

Allgemeines.

Unterschieden werden:

1. der direkt gemessene Wirkungsgrad. Er wird durch Messung von Abgabe und Aufnahme ermittelt;
2. der indirekt gemessene Wirkungsgrad. Er wird aus den Verlusten, die als Unterschied von Aufnahme und Abgabe angesehen werden, ermittelt.

Bei Gewährleistungen für den Wirkungsgrad ist das Meßverfahren anzugeben.

Sofern nichts anderes vereinbart ist, ist bei Transformatoren nach § 3, Ziffer 4 a) unter Wirkungsgrad der indirekt gemessene zu verstehen.

Wirkungsgradangaben beziehen sich auf den Nennbetrieb (kurzzeitige Leistung oder Dauerleistung oder beides), sofern nichts anderes angegeben ist.

§ 48.

Wirkungsgrad-Bestimmungen bei Maschinen.

Voraussetzung für die nachstehend beschriebenen Prüfungen ist, daß die Maschinen gut eingelaufen sind, insbesondere Kommutator und Bürsten und, daß diese in der für Nennbetrieb vorgeschriebenen Stellung sind.

Der direkt gemessene Wirkungsgrad bezieht sich auf den betriebswarmen Zustand.

Bei indirekter Messung sind die mit Gleichstrom gemessenen Widerstände zur Bestimmung der Stromwärmeverluste auf 75 ° umzurechnen (siehe § 23).

Bei anderen Verlustmessungen ist keine Temperaturumrechnung vorzunehmen.

§ 49.

Verluste in Hilfsgeräten.

Alle Verluste in den zur Maschine allein gehörenden Hilfsgeräten — jedoch nur diese — sind bei der Ermittlung des Maschinenwirkungsgrades einzubeziehen, insbesondere:

1. die Verluste in Regel-, Vorschalt-, Justier-, Abzweig- und ähnlichen Widerständen, Drosselspulen, Hilfstransformatoren u. dgl., die zum ordnungsmäßigen Betriebe notwendig sind;
2. die Verluste in der Erregermaschine bei Eigenerregung, aber nicht bei Fremderregung;
3. die Verluste in den mit der Maschine mitgelieferten Lagern, aber nicht in fremden Lagern;
4. der Verbrauch des Lüfters bei Eigenlüftung.

Der Verbrauch für Fremdlüftung sowie von Ölpumpen ist nicht einzubeziehen, sondern gegebenenfalls getrennt anzugeben.

Nicht einzubeziehen sind die Verluste in Zahnrädern und Lagern von Vorgelegewellen.

Für Motoren nach Straßenbahnbauart (Tatzenlagermotoren) ist es allgemein üblich, in Kurvenblättern und Druckschriften die Zugkräfte und Geschwindigkeiten am Umfange des Laufrades für verschiedene Zahnradübersetzungen anzugeben. Eine eindeutige Messung der Zahnradverluste ist nicht möglich, da bei dem gleichen Motor diese Verluste je nach dem Zustande der Zahnräder und der Art der Schmierung verschieden sind. Zwecks einheitlicher Bewertung der Verluste in Zahnrädern und Vorgelegelagern sollen für Motoren mit einfacher Zahnradübersetzung die folgenden Werte, die sich als Mittelwerte vieler Versuche ergeben haben, verwendet werden:

Tafel XII.

Verluste des einfachen Vorgeleges und der Tatzengleitlager:

Aufnahme in % der Aufnahme bei 1 h-Leistung	Verluste in % der Aufnahme
200	3,5
150	3,0
125	2,7
100	2,5
75	2,5
60	2,7
50	3,2
40	4,4
30	6,7
25	8,5

Die mit Hilfe dieser Tafel ermittelten Werte gelten nicht als Gewährleistungen.

Sollten jedoch bei Motoren nach Straßenbahnbauart die Wirkungsgrade einschließlich der Verluste der Zahnräder und der Vorgelegelager gemessen werden, so sind die zu gewährleistenden Wirkungsgrade für die Abgabe an der Ankerwelle unter Verwendung der vorstehenden Werte zu berücksichtigen.

§ 50.

Direkt gemessener Wirkungsgrad.

Der direkt gemessene Wirkungsgrad wird nach einem der folgenden Verfahren ermittelt:

1. Leistungsmeßverfahren. Abgabe und Aufnahme werden mit elektrischen Meßgeräten festgestellt;
2. Bremsverfahren. Die mechanische Leistung wird mit Bremse oder Dynamometer, die elektrische mit elektrischen Meßgeräten festgestellt;
3. Belastungsverfahren. Die mechanische Leistung wird mit einer geeichten Hilfsmaschine, die elektrische mit elektrischen Meßgeräten festgestellt.

Als geeichte Hilfsmaschine kann auch eine Maschine gleicher Bauart verwendet werden, die mechanisch gekuppelt wird. Als Wirkungsgrad einer Maschine darf dann der Wurzelwert aus dem Gesamtwirkungsgrad angenommen werden.

§ 51.

Indirekt gemessener Wirkungsgrad.

A. Rückarbeitsverfahren zur Messung des Gesamtverlustes. Zwei gleiche Maschinen werden mechanisch und elektrisch derart verbunden, daß sie — die eine als Generator, die andere als Motor — aufeinander arbeiten. Die zur Deckung der Verluste erforderliche Leistung kann elektrisch oder mechanisch oder teils elektrisch und teils mechanisch zugeführt werden. Die elektrische Zuführung kann entweder durch Zusatzspannung oder durch Zusatzstrom erfolgen. Die zugeführte Leistung dient nach angemessener Verteilung auf beide Maschinen zur Berechnung der Wirkungsgrade.

Dieses Verfahren ist bei Wechselstrom-Kommutatormaschinen nicht anzuwenden.

B. Einzelverlustverfahren. Hierbei werden unterschieden:

a) Verluste im Eisen, in anderen Metallteilen und in der Isolation bei Leerlauf (sog. Eisenverluste),
b) Verluste durch Eigenlüftung, Lager- und Bürstenreibung (Reibungsverluste),
c) Stromwärmeverluste in Nebenschluß- und fremderregten Erregerkreisen (siehe auch § 49, Ziffern 1 und 2),
d) Stromwärmeverluste in Anker- und Reihenschlußwicklungen, also einschließlich der Erregerverluste bei Reihenschlußmotoren,
e) Übergangsverluste an Kommutatoren und Schleifringen, die Laststrom führen,
f) Zusatzverluste, d. s. alle oben nicht genannten Verluste.

Als Gesamtverlust, der der Berechnung des Wirkungsgrades zugrunde gelegt wird, gilt die Summe aus den Verlusten a) bis f).

§ 52.

Eisen- und Reibungsverluste.

Die Eisen- und Reibungsverluste werden nach einem der folgenden Verfahren ermittelt:

A. Bei Gleichstrom-Reihenschlußmotoren

1. Motorverfahren: Die Maschine wird leerlaufend als Motor betrieben und zwar bei einer Ankerspannung, die der Nennspannung abzüglich des Ohmschen Spannungsabfalles entspricht, und derart fremd erregt, daß die Nenndrehzahl entsteht. Die Leistungsaufnahme an den Ankerklemmen abzüglich der Stromwärmeverluste ergibt die Eisen- und Reibungsverluste.
2. Generatorverfahren: Die Maschine wird im Leerlauf mit Nenndrehzahl durch einen geeichten Hilfsmotor angetrieben und auf Nennspannung abzüglich des Ohmschen Spannungsabfalles erregt. Ihre mechanische Leistungsaufnahme ergibt die Eisen- und Reibungsverluste.

B. Wechselstrom-Reihenschluß- (Kommutator-) Motoren werden ebenfalls im Leerlauf mit Nenndrehzahl und abgehobenen Bürsten durch einen geeichten Hilfsmotor angetrieben. Die Hauptfeldwicklung wird mit Nennfrequenz und der Spannung (Kraftfluß) erregt, die bei Nennleistung an dieser Wicklung gemessen wird. Die Summe der mechanischen Leistungsaufnahme und der elektrischen Leistungsaufnahme der Feldwicklung — abzüglich der Stromwärmeverluste in der Feldwicklung, jedoch zuzüglich der besonders zu messenden Bürstenreibungsverluste — ergibt die Eisen- und Reibungsverluste.

Digitized by Google

Die Stillstand-Eisenverluste ergeben sich bei stillstehendem Motor sinngemäß.

§ 53.

Erregungsverluste.

Die Stromwärmeverluste im Erregerstromkreise werden aus den mit Gleichstrom gemessenen Widerständen oder bei Gleichstrommaschinen auch aus dem Produkt von Erregerspannung und Erregerstrom berechnet.

§ 54.

Berechnung der Lastverluste.

1. Die Laststromwärmeverluste werden aus den mit Gleichstrom gemessenen Widerständen errechnet. Bei Asynchronmaschinen kann der Stromwärmeverlust in der Sekundärwicklung auch aus der Schlüpfung berechnet werden.
2. Die Übergangsverluste werden bei Kohle- und Graphitbürsten zu 2 V × Gesamtstrom berechnet.

§ 55.

Zusatzverluste.

Als Zusatzverluste werden die nachstehend zusammengestellten Annäherungswerte eingesetzt. Die Prozentwerte beziehen sich bei Generatoren auf die Abgabe, bei Motoren auf die Aufnahme. Angenommen wird, daß bei Reihenschlußmotoren die Prozentwerte bei der Nennspannung unabhängig von der Belastung, bei den übrigen Maschinen proportional dem Quadrat der Stromstärke sind:

1. Kompensierte Gleichstrommaschinen mit 0,5 %;
2. nichtkompensierte Gleichstrommaschinen mit oder ohne Wendepole mit 1 %;
3. Wechselstrom-Kommutatormotoren mit 1 %;
4. Asynchronmaschinen mit 0,5 %.

§ 56.

Verluste von Transformatoren.

1. Leerlaufverlust. Leerlaufverlust ist die Aufnahme bei Nenn-Primärspannung, Nennfrequenz und offener Sekundärwicklung. Er besteht aus Eisenverlusten, Verlusten im Dielektrikum und Stromwärmeverlusten des Leerlaufstromes. Bei Transformatoren mit Anzapfungen ist die der benutzten Nennspannung entsprechende Stufe zu wählen.

2. Wicklungsverlust. Wicklungsverlust ist die gesamte Stromwärmeleistung bei Nennstrom und Nennfrequenz, die in allen Wicklungen und Ableitungen (also zwischen den Klemmen) im betriebswarmen Zustande verbraucht wird. Wenn der betriebswarme Zustand nicht festgestellt ist, ist der dem Gleichstromwiderstand entsprechende Teil der Verluste auf 75 ° umzurechnen; dieser Betrag ist um den im kalten Zustand bestimmten Wert der Wirbelstromverluste zu erhöhen.

Der Wicklungsverlust wird ermittelt, indem bei kurzgeschlossener Sekundärwicklung dem Transformator der Nennstrom zugeführt wird. Etwa vorhandene zusätzliche Verluste durch Wirbelströme sind hierbei im Wicklungsverlust enthalten.

Wenn das Verhältnis Sekundärspannung zu Sekundärstrom sehr klein ist, z. B. bei Transformatoren für hohe Stromstärken, kann der gemessene Verlust durch den Kurzschlußbügel wesentlich vergrößert werden. In solchen Fällen ist eine entsprechende Korrektur vorzunehmen, um den wirklichen Wicklungsverlust zu ermitteln.

§ 56a.

Leistungsaufnahme von Hilfsgeräten.

Die Leistungsaufnahme von Lüftern bei Fremdlüftung und von Umlaufpumpen für Öl ist getrennt anzugeben.

G. Spannung.

§ 56b.

Spannungsbereich.

Gleichstrommotoren sollen bei der Nennleistung mit folgenden Überspannungen praktisch funkenfrei betrieben werden können.

Tafel XIII.

Überspannungen bei Gleichstrommotoren:

Nennspannung V	Überspannung V
220	265
550	660
750	900
1100	1320
1500	1800
3000	3600

Die Erwärmungsgrenzen nach § 36 brauchen hierbei nicht eingehalten zu werden.

Bestimmungen über Überspannungen bei elektrischer Bremsung bleiben besonderen Vereinbarungen vorbehalten.

H. Mechanische Festigkeit.

§ 57.

Schleuderprobe.

Nachstehende Tafel XIV enthält die Schleuderdrehzahl für die Schleuderprobe; diese Drehzahl soll während 2 min aufrechterhalten werden.

Die Schleuderprobe gilt als bestanden, wenn sich keine schädlichen Formänderungen zeigen und die Spannungsprobe nach § 43 nachträglich ausgehalten wird.

Tafel XIV.

Schleuderdrehzahl:

	I Maschinengattung	II Schleuderdrehzahl
1	Fahrzeug-Antriebsmotoren*	1,25 × höchster Betriebsdrehzahl
2	Hilfsmaschinen mit Nebenschlußverhalten	1,2 × Leerlaufdrehzahl
3	Hilfsmaschinen mit Reihenschlußverhalten	1,5 × Nenndrehzahl

* Anmerkung zu 1: Fahrzeug-Antriebsmotoren bis 100 kW Stundenleistung, für die die höchste Betriebsdrehzahl (z. B. Straßenbahnmotoren) nicht bekannt oder unsicher ist, sind mindestens mit 2,5 × Stundendrehzahl zu prüfen.

I. Ursprungzeichen und Schilder.

§ 58.

Hersteller und Firmenzeichen.

Die Maschinen und Transformatoren müssen den Namen des Herstellers oder dessen Firmenzeichen tragen. Diese Angaben können auch auf dem Leistungschild angebracht werden.

§ 59.

Leistungschild.

Jede Maschine (jeder Transformator) muß ein Leistungschild tragen; dieses soll so befestigt werden, daß es auch im Betriebe bequem gelesen werden kann.

Auf dem Leistungschild sind deutlich und haltbar folgende Angaben anzubringen:

A. Für alle Maschinen und Transformatoren:
   1. Modellbezeichnung oder Listennummer,
   2. Fertigungsnummer,
   3. Nennleistung,
   4. Betriebsart.

B. Ferner für sämtliche

Maschinen:	Transformatoren:
5. Verwendungsart,	5. Nenn-Frequenz,
6. Nenndrehzahl,	6. Kühlungsart,

sowie die in

Tafel XV bzw. Tafel XVI

aufgeführten zusätzlichen Angaben.

Die Schilder der hier nicht genannten Maschinen (Transformatoren) müssen solche Angaben enthalten, daß ohne Nachmessung erkannt werden kann, ob sie für ein bestimmtes Netz oder eine bestimmte Arbeitsleistung geeignet sind.

§ 60.

Bemerkungen zu den Leistungschildangaben.

Zu 3. Unter Nennleistung ist anzugeben:

A. Abgabe in kW bei
   sämtlichen Motoren,
   ferner bei
   Gleichstromgeneratoren.

B. Scheinleistung in kVA bei
   sämtlichen Transformatoren.

Zu 4. Die Betriebsart wird in folgender Weise gekennzeichnet:

A. Dauerbetrieb:
   kein Vermerk,

B. kurzzeitiger Betrieb:
   KB und vereinbarte Betriebzeit,

Digitized by Google

für Maschinen

Zu 5. Als Verwendungsart müssen Stromart und Arbeitsweise angegeben werden, wobei folgende Abkürzungen zulässig sind:

A. Stromart:
Gleichstrom G,
Einphasenstrom E,
Drehstrom D,
Sechsphasenstrom S.

B. Arbeitsweise:
Generator Gen,
Motor Mot.

Tafel XV.

Zusätzliche Angaben für Maschinen:

	I	II	III
	Gleichstrommaschinen	Asynchronmaschinen	Wechselstrom-Kommutatormaschinen
7	Nennspannung	Nennspannung Läuferspannung	Nennspannung
8	Nennstrom	Nennstrom Läuferstrom	Nennstrom
9	—	Nennfrequenz	Nennfrequenz
10	—	Nennleistungsfaktor	Nenn-Leistungsfaktor
11	Bei Eigen- und Fremderregung: Nenn-Erregerspannung	—	—
12	Bei Reihenschlußerregung, wenn von 100 % abweichend: Nennerregung	—	—
13	—	Schaltart der Ständerwicklung	—
14	—	Schaltart der Läuferwicklung	—

Tafel XVI.

Zusätzliche Angaben für Transformatoren:

	I	II
	Transformatoren	Hilfstransformatoren
7	—	Höchste Spannung gegen Erde
8	Nenn-Primärspannung	Nenn-Primärspannung
9	Nenn-Sekundärspannung	Nenn-Sekundärspannung
10	Nenn-Sekundärstrom	Nenn-Sekundärstrom
11	Schaltart	—

Zu 6. Angaben über die Drehzahl von Gleichstrom- und Asynchronmotoren sind als angenähert zu betrachten (siehe § 14).

Bei Maschinen, die nur in einer Drehrichtung benutzt werden sollen und bei denen eine Änderung der Drehrichtung nur durch konstruktive Änderungen oder Änderung der inneren Maschinenschaltung möglich ist,
ist der Drehzahlangabe
ein Pfeil → mit Spitze nach rechts für Rechtslauf,
ein Pfeil ← mit Spitze nach links für Linkslauf
hinzuzufügen.

Umsetzen der Bürstenhalter ist als konstruktive Änderung anzusehen, nicht aber die Verschiebung der Bürsten.

Empfohlen wird, den Drehrichtungspfeil auch noch auf der Stirn des freien Wellenstumpfes anzubringen.

Zu 8. Stromangaben können abgerundet werden (da sie nicht zur Bewertung der Maschine dienen). Angaben über den Strom von Motoren sind als angenähert zu betrachten.

Die Abrundung kann betragen:
bei kleineren Motoren etwa 2 ... 3 %,
bei größeren Maschinen höchstens 1 %.

Zu 10. Die Leistungsfaktorangaben von Asynchronmaschinen und Kommutatormotoren sind als angenähert zu betrachten.

Zu 13. Zur Kennzeichnung der Schaltart von Wechselstromwicklungen sollen die Schaltzeichen nach DIN VDE 710 (siehe Tafel XVII) verwendet werden.

Zu 14. Bei Dreiphasenläufern bleibt der Vermerk fort.

für Transformatoren

Zu 11. Zur Kennzeichnung der Schaltart von Wechselstromwicklungen sollen die Schaltzeichen nach DIN VDE 710 (siehe Tafel XVII) verwendet werden.

Bei Einphasentransformatoren ist die Schaltgruppe durch Hinzufügung des Buchstabens E anzugeben.

Tafel XVII.

Schaltzeichen nach DIN VDE 710:

	Benennung	II Schaltzeichen
1	Einphasen-System m. 2 Leitern bzw. Klemmen	
2	Einphasen-System mit Hilfsphase . . .	
3	Dreiphasen-System in Dreieck-Schaltung . .	
4	Dreiphasen-System in Stern-Schaltung . . .	
5	Sechsphasen-System in Doppeldreieck-Schaltung	
6	Dreiphasen-System offen	
7	Dreiphasen-System in Sternschaltung mit Nullpunktklemme bzw. 4 Leitern . . .	
8	n-Phasen-System offen	
9	Durchmesserspannung	

§ 61.

Fremdlüftung.

Bei Maschinen (Transformatoren) mit Fremdlüftung ist ein Schild mit folgenden Angaben anzubringen:

1. erforderliche Luftmenge bei Nennbetrieb und zwar in $\frac{m^3}{s}$;
2. erforderliche Luftpressung in mm-Wassersäule an der Maschine oder dem Transformator.

§ 62.

Ölumlauf.

Bei Transformatoren mit Ölumlauf ist ein Schild mit Angabe der umlaufenden Ölmenge in $\frac{l}{min}$ anzubringen.

§ 63.

Mehrfache Stempelungen.

Bei Maschinen (Transformatoren), die für zwei oder mehrere Nennbetriebe bestimmt sind, sind für alle Nennbetriebe entsprechende Angaben zu machen, nötigenfalls auf mehreren Schildern.

Bei Fahrzeugantriebsmotoren kann das Leistungsschild für kurzzeitige und Dauerleistung gestempelt werden. Die Spannung bei Dauerleistung braucht nicht mit der Nennspannung bei Zeitleistung übereinzustimmen.

§ 64.

Umwicklungen.

Wird die Wicklung einer Maschine (eines Transformators) von einem anderen als dem Hersteller geändert (teilweise oder vollständige Umwicklung, Umschaltung oder Ersatz), so muß die ändernde Firma neben dem Ursprungschild ein weiteres Schild anbringen, das den Namen der Firma, die neuen Angaben der Maschine (des Transformators) nach §§ 60 u. ff. und die Jahreszahl der Änderung enthält.

Digitized by Google

K. Toleranzen.

§ 65.

Zulässige Abweichungen.

Toleranz ist die höchstzulässige Abweichung des festgestellten Wertes von dem nach den Bestimmungen dieser Regeln gewährleisteten Werte. Sie soll die unvermeidlichen ungleichmäßigen Beschaffenheiten der Rohstoffe, Ungenauigkeiten der Fertigung und Meßfehler decken.

Tafel XVIII.

Toleranzen:

	I	II
	Gewährleistungen für	zulässige Abweichungen
1	Drehzahl von Reihenschlußmotoren	bei Nennleistung über 1,1 kW bis 11 kW: ± 10 %; über 11 kW: ± 7 %
2	Drehzahl von Asynchronmotoren	± 20 % der Sollschlüpfung
3	Wirkungsgrad η von Maschinen	$\frac{1-\eta}{10}$ aufgerundet auf $\frac{1}{1000}$, mindestens 0,005
4	Leistungsfaktor $\cos\varphi$ von Maschinen	$\frac{1-\cos\varphi}{6}$ aufgerundet auf $\frac{1}{100}$, mindestens 0,02, höchstens 0,06.
5	Leerlaufverlust von Transformatoren nach § 56	10 %
6	Wicklungsverlust von Transformatoren nach § 56	15 %

VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929.

Das VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929 der XXXIV. Jahresversammlung des VDE in Aachen ist soeben erschienen. Der Inhalt des Heftes gibt die auf der XXXIV. Jahresversammlung des VDE am 8. und 9. Juli 1929 in der Technischen Hochschule Aachen gehaltenen Fachberichte nebst den anschließenden Besprechungen wieder. Die Preise sind:

Für Mitglieder geheftet	5,— RM,
„ „ gebunden . . .	6,— „
für Nichtmitglieder geheftet . .	9,— „
„ „ gebunden . .	10,— „
Versandkosten	0,50 „

Bestellungen bitten wir umgehend an die Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu richten. Der Versand erfolgt sofort.

Bekanntmachung

Wir machen unsere Mitglieder darauf aufmerksam, daß seitens des „Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen (Datsch)", Berlin W 35, Potsdamer Str. 119 b, eine Broschüre über die Hochschultagung Dresden 1928 (10 Seiten) herausgegeben worden ist, die interessante Abhandlungen und Berichte über technisches Schulwesen enthält. Preis: brosch. 1,60 RM, Ganzleinen 2.60 RM.

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Der Generalsekretär.
P. Schirp.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins aus Anlaß seines 50jährigen Bestehens.

Der Elektrotechnische Verein, der am 20. Dezember 1879 von Dr. Werner v. Siemens und dem damaligen Staatssekretär des Reichs-Postamts Dr. Heinrich von Stephan gegründet worden ist, feiert sein 50jähriges Bestehen. Aus diesem Anlaß werden in der Zeit vom 24. bis 28. Januar 1930 folgende Veranstaltungen stattfinden:

Freitag, den 24. Januar 1930.

a) 2 Uhr nachmittags Festsitzung in Krolls Großem Festsaal, Berlin NW 40, Platz der Republik 7.
   1. Eröffnungsansprache des Vorsitzenden.
   2. Begrüßungen und Glückwünsche.
   3. Ehrungen.

b) 8 Uhr abends Festessen mit Ball in Krolls sämtlichen Sälen.

Sonnabend, den 25. Januar 1930.

a) Technisch-wissenschaftliche Tagung im Langenbeck-Virchow-Haus (Großer Saal), Berlin NW 6, Luisenstraße 58/59, wobei die nachstehenden Vorträge gehalten werden. Diskussion findet nicht statt.

I. Vormittags, Beginn 9¾ Uhr.

10 Uhr Herr Professor Dr.-Ing. W. Petersen (Berlin) über das Thema: „Die Entwicklung der Kraftübertragung in Deutschland von den ersten Anfängen bis zum Ausblick in die Zukunft."

10.45 Uhr Herr Professor Dr. sc. techn. h. c. René Thury (Genf) über das Thema: „Aus der Geschichte der Kraftübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom.

11.30 Uhr Herr Geheimrat Professor Dr. Orlich (Berlin) über das Thema: „Gleichrichtung großer Wechselstromleistungen."

12.15 Uhr Herr Geheimrat Professor Dr.-Ing. W. Reichel (Berlin) über das Thema: „Elektrische Bahnen, von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn."

II. Nachmittags, Beginn 14¾ Uhr.

15 Uhr Herr Dr.-Ing. E. h. Feyerabend, Staatssekretär im Reichspostministerium (Berlin), über das Thema: „Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs."

15.45 Uhr Herr Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E. h. Lüschen, Direktor und stellv. Vorstandsmitglied der Siemens & Halske AG. (Berlin-Siemensstadt), über das Thema: „Die Mehrfachausnutzung der Leitungen".

16.30 Uhr Herr Dr. phil. h. c. Graf v. Arco (Berlin) über das Thema: „Kurzwellen-Phänomene und ihr Einfluß auf die drahtlose Nachrichtenübermittelung."

b) Abends ist ab 20 Uhr an einem noch bekanntzugebenden Orte den auswärtigen Festteilnehmern Gelegenheit geboten, sich untereinander und mit ihren Berliner Freunden und Bekannten zwanglos zu treffen.

Sonntag, den 26. Januar 1930.

Besuch Berliner Museen unter sachkundiger Führung, insbesondere

des Reichspostmuseums, Berlin W 68, Leipziger Straße Ecke Mauerstraße,
des Verkehrs- und Baumuseums, Berlin N, Invalidenstraße 50/51,
des Kaiser-Friedrich-Museums, Berlin N 24, Monbijoustraße,
der Nationalgalerie, Berlin C 2, Museumstraße 1—3,

und anderer Museen und Sammlungen.

Die Einzelheiten über Besuchszeit, Anmeldung usw. werden seitens der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins noch bekanntgegeben werden.

Montag, den 27. Januar, und Dienstag, den 28. Januar 1930.

Besichtigungen von technischen Betrieben und wissenschaftlichen Instituten.

Neben anderen sind folgende Besichtigungen in Aussicht genommen:

Des Schaltwerks der Siemens-Schuckertwerke AG. in Berlin-Siemensstadt,
der Fabriken der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft AG., Berlin N, Brunnenstraße 107 a,

Digitized by Google

des Neuen Westwerks der Berliner Städtischen Elektrizitätsgesellschaft AG. in Berlin-Charlottenburg.

des Reichspostzentralamts, Berlin-Tempelhof, Schöneberger Straße 11/15,

der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin-Charlottenburg, Marchstraße 25,

des Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung, Berlin NW 87, Franklinstr. 1.

Die Einzelheiten über Besuchszeit, Anmeldung usw. werden seitens der Geschäftstelle des Vereins noch bekanntgegeben werden.

Der Preis für die Teilnehmerkarte beträgt 10 RM; hierin ist das trockene Gedeck zu 9 RM inbegriffen. Für diejenigen, die ein Exemplar der aus Anlaß des 50jährigen Jubiläums herausgegebenen Festschrift (vgl. besondere Bekanntmachung) zum Vorzugspreise von 10 RM wünschen, kostet die Teilnehmerkarte 20 RM; diese Karte enthält einen Gutschein zum Empfang der Festschrift. Die vorgenannten Teilnehmerkarten berechtigen zum Zutritt zu sämtlichen Veranstaltungen. Zu der Festsitzung am 24. Januar nachmittags sowie zu den Sitzungen am 25. Januar vormittags und nachmittags kann jedes Mitglied, das nicht am Festessen teilzunehmen wünscht, bei Vorausbestellung von der Geschäftstelle kostenlos eine Eintrittskarte beziehen, soweit noch Platz vorhanden ist.

Eine große Reihe von elektrotechnischen Vereinen, wissenschaftlichen Gesellschaften und Instituten des In- und Auslandes, darunter auch solche aus überseeischen Ländern, werden sich an unserem Goldenen Jubiläum durch Vertreter beteiligen; zahlreiche bekannte und angesehene Fachgenossen aus dem Reiche und im Auslande haben bereits ihre Teilnahme zugesagt. Der Vorstand darf daher die Bitte und die Erwartung aussprechen, daß sich die Mitglieder — auch die früheren — mit ihren Angehörigen recht zahlreich an dem Goldenen Jubiläum des Vereins beteiligen möchten.

Festschrift des Elektrotechnischen Vereins aus Anlaß seines 50jährigen Bestehens.

Der Elektrotechnische Verein wird aus Anlaß seines Goldenen Jubiläums eine Festschrift herausgeben. Verfasser dieser Schrift ist unser Ehrenmitglied, Herr Geheimer Hofrat Professor Dr.-Ing. E. h. Görges. Er hat in mühevoller Arbeit ein ausgezeichnetes Werk geschaffen. Namhafte und sachkundige Mitglieder des Vereins, zum Teil Pioniere der Elektrotechnik, sowie zahlreiche leitende Persönlichkeiten elektrischer Betriebe haben den Verfasser durch Lieferung reichhaltigen Materials in dankenswerter Weite unterstützt.

Die Festschrift mit rd. 400 Seiten gliedert sich in zwei Hauptteile:

Der I. Hauptteil „Werden und Wirken des Elektrotechnischen Vereins" enthält die Geschichte der Gründung des Vereins und seine Entwicklung. Er gibt eine Darlegung seiner Ziele und seiner umfassenden Leistungen auf allen Gebieten der Elektrotechnik sowie einen Überblick über die Tätigkeit des Vereins zur Unterstützung wissenschaftlicher Bestrebungen und Einrichtungen, über seine Bemühungen um die fachwissenschaftliche Fortbildung der Berufsgenossen und manches andere mehr.

Der II. Hauptteil gibt unter dem Titel „Die Entwicklung der Elektrotechnik im Spiegel der Vereinssitzungen" einen ausgezeichneten Überblick über die Geschichte der Elektrotechnik. Die Gründung des Vereins fällt in die Zeit der ersten Anfänge der Elektrotechnik; der Verein hat sich von Anfang an die Mitarbeit der führenden Persönlichkeiten der deutschen Elektrotechnik und von zahlreichen hervorragenden ausländischen Fachmännern zu erfreuen gehabt, und so spiegeln sich denn in den im Verein gehaltenen Vorträgen, in den zugehörigen Diskussionen und in den Jahresberichten seiner Vorsitzenden alle Phasen der wissenschaftlichen, technischen, industriellen und wirtschaftlichen Entwicklung unseres Faches getreulich wider. In unserer Zeit weitgehender Spezialisierung hat der einzelne zwar oft den Wunsch, aber bisher kaum je die Möglichkeit gehabt, sich über die Entwicklung auf einem Nachbargebiet zu unterrichten. Diese Lücke wird von unserer Festschrift ausgefüllt. Die einzelnen Artikel des II. Hauptteils geben von hoher Warte eine Übersicht über das Werden und Wachsen des betreffenden Teilgebiets und darüber hinaus noch die Möglichkeit, sich an Hand der angegebenen Literatur in jede Phase der Entwicklung zu vertiefen. Schon aus diesem Grunde wird die Festschrift des Elektrotechnischen Vereins vielen unserer Mitglieder eine willkommene und wertvolle Gabe sein. Außer ihrem praktischen Zwecke dient die Festschrift der Erinnerung an die epochemachenden Entdeckungen und Erfindungen unseres Zeitalters, dem Gedächtnis an die Pioniere der Elektrotechnik und an ihre unvergänglichen Taten.

Das Buch ist mit den Bildern der Ehrenvorsitzenden, der Ehrenmitglieder, der Inhaber der Siemens-Stephan-Gedenkplatte, der Vorsitzenden, der Redakteure der ETZ und der Generalsekretäre in 34 schönen Tiefdruckblättern geschmückt. Im II. Hauptteil sind in 152 Abbildungen historische und neuzeitliche Ausführungsformen von elektrischen Apparaten, Maschinen usw. einander gegenübergestellt. Die bekannte Firma Meisenbach, Riffarth & Co. hat keine Mühe gescheut, dem Buch auch äußerlich eine würdige Ausstattung zu geben.

Die Festschrift wird bei Vorausbestellung zu einem erheblich ermäßigten Vorzugspreise abgegeben, der für die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins 10 RM, für Nichtmitglieder 20 RM beträgt, soweit der Vorrat reicht. Im Falle der Versendung (unter „Einschreiben") werden die Selbstkosten für Porto und Verpackung in Höhe von 1,20 RM berechnet.

Personen, die an dem Jubiläumsfest teilnehmen, erhalten die Festschrift für 10 RM. Ein entsprechender Gutschein wird in die Teilnehmerkarte aufgenommen (vgl. die Bekanntmachung über die Jubiläumsfeier).

Bestellungen auf die Festschrift sind an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a, zu richten. Hier liegt auch ein Exemplar der Festschrift zur Ansicht aus.

Elektrotechnischer Verein.
Der Vorsitzende.
K. W. Wagner.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118a II, Fernspr. Amt Kurfürst 9697.

Der AEF hat die folgenden Druckschriften und Tafeln herausgegeben, auf die er hiermit hinweist:

1. Die „Verhandlungen des AEF in den Jahren 1907 bis 1927" sind im Verlage von Julius Springer erschienen und durch den Buchhandel zu beziehen. 49 S. im Format A4, Preis 5 RM.

2. 3 Wandtafeln Formelzeichen und 2 Wandtafeln Einheitszeichen auf Steifpapier im Format A1: 59,4 × 84,1 cm² und mit Ösen zum Aufhängen. Sie sind zu beziehen von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, zum Preise von je 35 Pf. Für Verpackung und Versand sind für 1 bis 5 Tafeln 55 Pf beizufügen.

3. Taschenheftchen, 15 S. im Format A 6. Es enthält allgemeine Angaben über den AEF, alle Zeichenlisten und 4 Sätze (ohne Erläuterungen). Es ist ebenfalls von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins zu beziehen. Preis (Versand inbegriffen) 1 Stück 25 Pf, 2 Stück 40 Pf, 3 Stück 50 Pf, 4 und mehr Stück 15 Pf das Stück.

4. Die meisten Listen und Sätze des AEF sind auch in Form von Normblättern erschienen. Diese sind zu beziehen vom Beuth-Verlag G. m. b. H. in Berlin SW 19.

Strecker.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein, Düsseldorf. 4. I. 1930: Winterfest in den Räumen der Gesellschaft Verein.

Elektrotechn. Gesellschaft zu Frankfurt a. M. — Dienstag, den 7. I. 1930, abds. 8 h, Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Str. 47: Lichtbildervortrag Dir. K. Ripper „Über Aufbau und Eigenschaften der Kunstharz-Preßstoffe". — Der nächste Vortrag findet am Dienstag, d. 28. I. statt.

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein, Königsberg Pr. 6. I. 1930, abds. 8 h, Hörsaal des Physikal. Inst. d. Universität, Steindamm 6: Vortrag Dipl.-Ing. F. Mörtzsch, „Grundsätzliches zur Frage des elektrischen Kochens (Haushaltküche und Großküche)".

Digitized by Google

PERSÖNLICHES.

J. J. Dübendorfer †. — Am 19. XII. 1929 verschied nach einer Operation der Direktor der Vorarlberger Illwerke AG., Ing. J. Jakob Dübendorfer. Als der Ausbau der Wasserkräfte der Illwerke AG. in Angriff genommen worden war, hatte man Dübendorfer an die Spitze der Gesellschaft berufen. Er widmete sich den umfangreichen Arbeiten mit großer Tatkraft und durfte als die Seele des ganzen Unternehmens bezeichnet werden. Leider war es ihm nicht mehr vergönnt, die Vollendung des ersten Werkes mitzuerleben.

W. Heraeus. — Am 9. I. 1930 vollendet Dr. Wilhelm Heraeus, Seniorchef der Platinschmelze W. C. Heraeus

W. Heraeus.

G. m. b. H. in Hanau, sein 70. Lebensjahr. Seine Lebensarbeit galt der Entwicklung des Werkes, das 1851 im Anschluß an die seit 300 Jahren im Besitz der Familie Heraeus befindliche Einhornapotheke als erste deutsche Platinschmelze von seinem Vater gegründet worden war.

Wilhelm Heraeus studierte in Göttingen und Berlin, wo er auch nach Ablegung des Staatsexamens promovierte. Im Jahre 1889 übernahm er mit seinem Bruder Heinrich das väterliche Werk, das in wenigen Jahren aus einer kleinen Platinschmelze zu einem industriellen Weltunternehmen emporwuchs. Auf ihn ist die 1923 erfolgte Gründung der Heraeus Vacuumschmelze AG. zurückzuführen, die sich mit der Herstellung von gasfreien Präzisionsmetallen und -legierungen nach dem in der Stammfirma W. C. Heraeus ausgebildeten Schmelzverfahren im Hochvakuum beschäftigt und damit ein technisch ganz neues Arbeitsfeld erschloß.

Auszeichnungen. — Der Chefelektriker der AEG-Transformatorenfabrik Dir. J. Biermanns wurde in Anerkennung seiner Verdienste um die Entwicklung des Hochleistungsschalters, des Überspannungsschutzes und des Selektivschutzes von der T. H. Darmstadt zum Dr.-Ing. E. h. ernannt.

LITERATUR.

Besprechungen.

Einführung in die komplexe Behandlung von Wechselstromaufgaben. Von Dr.-Ing. L. Casper. Mit 42 Textabb., V. u. 121 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis kart. 6,60 RM.

Das Büchlein unterrichtet in elementarer Weise über die komplexe Rechnung, soweit sie zur Behandlung sinusförmiger Vorgänge in Betracht kommt. Nach einer geometrischen und rechnerischen Erläuterung der Zeitvektoren[1] werden als Beispiele Wechselstromaufgaben behandelt, z. B. Widerstandskombinationen, Ersatzschaltung der langen Leitung, Meßbrücke. Dann folgt eine Besprechung der Ortskurven in Wechselstromdiagrammen, im besonderen des Heylandkreises nebst seinen Mittelpunktkoordinaten, und schließlich ein längeres Kapitel über Kettenleiter. Anhangsweise werden weitere Aufgaben größtenteils mit ihren Lösungen mitgeteilt.

Die Begründung der komplexen Rechnung geschieht auf geometrischer Grundlage. Mit Absicht ist die Exponentialfunktion vermieden, die der Verfasser für den gedachten Leserkreis für zu schwierig hält. Wer aber bis zur theoretischen Behandlung der Siebketten und des (im Anhang behandelten) kompensierten Repulsionsmotors vorgeschritten ist, dem wird auf seinem Wege jene Funktion sicher schon begegnet sein. Ist dies aber nicht der Fall gewesen, so ist es doch wohl richtiger und einfacher, erst diesen Stützpunkt zu erobern, der die komplexe Ebene beherrscht. O. Löbl.

[1] Die komplexe Rechnung reicht weiter; vielleicht empfiehlt sich das Wort Schwingvektor (F. Emde) oder Sinusvektor.

Rationalisierung der Fabrikation und optimale Losgröße. Von Dr.-Ing. K. Andler. Mit VI u. 149 S. in gr. 8°. Verlag R. Oldenbourg, München 1929. Preis geh. 8 RM.

Der Verfasser geht in seinem Buch von der Erkenntnis aus, daß die Rationalisierung des Betriebes ohne die vorherige scharfe Erfassung der Grundlagen der Fabrikation zwecklos ist. Typisierung, Normalisierung und fabrikatorische Zusammenschlüsse müssen erst durch Hebung der Fabrikationstechnik ergänzt werden, soll ein voller Erfolg erreicht werden. Der Verfasser lehnt die Ansicht, daß die Verbesserung der Fabrikation nur vom Praktiker ausgeht, als Aberglauben ab und hofft, durch das Buch zu der Erkenntnis beizusteuern, daß eine weitere Entwicklung der fabrikationstechnischen Probleme nur durch die wissenschaftliche Untersuchung genügend gefördert werden könne.

Der Inhalt ist in drei Hauptabschnitte mit einem Anhang gegliedert. Teil 1 untersucht in 14 Unterabschnitten in systematischer Folge den Einfluß der Fabrikationsfaktoren auf die Komponenten der Herstellungskosten. In 6 Abschnitten wird der Einfluß des Werkstückes auf Werkstoff, Maschine und Bearbeitungsverfahren, in 5 Abschnitten der Einfluß des Arbeiters, der Maschine und der Vorrichtungen auf die Einrichtezeit und Losgröße sowie auf Grundzeit und Verlustzeit behandelt. In den letzten 3 Abschnitten beleuchtet der Verfasser die Auswirkung der Organisation auf die Bearbeitungszeit. Durch die Arbeiten der Refa, des AWF und des Normenausschusses sind für den Betriebsingenieur die Zusammenhänge der einzelnen Faktoren schon ziemlich weit geklärt. Was die oft unzureichende Abstimmung der einzelnen Faktoren untereinander anbelangt, so fehlt es in der Praxis des Betriebes meist weniger an deren Erkenntnis als an Wagemut und Energie zur restlosen Durchführung der wertvollen Anregungen, die von allen Seiten reichlich gespendet werden.

Teil 2 befaßt sich in 4 Unterabschnitten mit fertigungstechnischen und Kostenvergleichen sowie mit einer mathematischen Bestimmung der optimalen Serienstückzahl. So wertvoll die Überlegungen des Verfassers auch sind, so werden doch gerade bei der mathematischen Bestimmung der optimalen Serienstückzahl die schwankende Konjunktur und der gar nicht vorauszuschende Käuferwille stets eine unbestimmbare Größe bleiben. Deshalb wird man nie das praktische Gefühl des erfahrenen Werkleiters entbehren können.

Teil 3 gibt durch ein Musterbeispiel einer durchgeführten Rationalisierung einer Sonderfertigung gewisse Anhaltspunkte an, um in ähnlichen Fällen zum Erfolg zu kommen. Unbedingt ist zuzugeben, daß der Verfasser bei dieser Rationalisierung ganz zielbewußt vorgegangen ist. Anscheinend hat ihm der vorhergehende Stand der Fertigungstechnik des betreffenden Werkes die Erfolgsmöglichkeit auch in erheblichem Maße geboten. So ist z. B. auf S. 73 bemerkt, daß bei weichem Gußeisen bis dahin mit 5 ... 6 m Schnittgeschwindigkeit gearbeitet wurde und es dann durch die Rationalisierung gelang, diese auf 12 bis 17 m zu steigern. Heute arbeitet man mit Hartmetallstählen bereits mit den dreifachen Schnittleistungen auch auf Werkzeugmaschinen der Schnellstahlklasse. Schon diese Vergleiche der Schnittleistungen zeigen, wie nützlich in jedem Betriebe die Rationalisierung auf der ganzen Front ist; wie der Verfasser auch in einem Musterbeispiel nachweist.

In der abschließenden Zusammenfassung gibt er eine Reihe von Gesichtspunkten wieder, die allgemein als richtig anzusehen sind. Einzelne dieser Punkte (z. B. Punkt 3 auf S. 106) hätten unbedenklich schärfer zum Ausdruck gebracht werden können.

Das Buch stellt als Ganzes eine mit großem Fleiß durchgeführte Arbeit dar, die im ersten Teil nicht so umfassend zu sein braucht. Auch aus wissenschaftlichen Formeln vermag der Betriebsingenieur die goldenen Früchte des Erfolges hervorzuholen. In diesem Sinne kann man dem Verfasser nur den Erfolg wünschen, daß sein Buch, dessen Druck und Ausstattung gut sind, eine weitere Verbreitung findet. Drescher.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der Aufschluß des kanadischen Marktes[1]. — Ein Umschwung in der Belieferung des kanadischen Marktes mit elektrotechnischen Erzeugnissen dürfte für England (und andere Länder!) wahrscheinlich infolge der neuen Maßnahmen eintreten, die z. Z. ihrer endgültigen Gestaltung und Vollendung entgegensehen. Eine eigene kanadische Versuchsanstalt soll errichtet und eigene Verbandsvorschriften sollen für verbindlich erklärt werden. Während des Kriegs wurde die Canadian Engineering Standards Association gegründet, um das Kriegsmaterial zu prüfen. Dieser Verband gab elektrische Vorschriften heraus. Von diesen erwartete man, daß sie die Vorschriften der National Fire Protection Association der V. S. Amerika ersetzen würden, die in den meisten Fällen für Kanada maßgebend waren. Nach zweijähriger Erfahrung hat kürzlich der genannte Verband die 2. Auflage seiner Vorschriften veröffentlicht, und man nimmt an, daß sie in ganz Kanada als Norm für elektrische Anlagen jeder Art eingeführt wird. In gewissen Teilen Kanadas wird sie bereits heute gebraucht. Auch die Gründung des kanadischen Versuchslaboratoriums in Ottawa für elektrotechnische Erzeugnisse hat einen deutlichen Fortschritt gemacht; sie ist vor das Unterhaus gelangt, und der Wirtschaftsminister hat sein Einverständnis mit dem Projekt erklärt. Die Versuchsanstalt würde unter dem kanadischen National Research Council stehen, welcher vor einigen Jahren ins Leben gerufen wurde. Zur Zeit verlangen die meisten kommunalen Elektrizitätswerke und andere maßgebende Verwaltungen den Stempel der National Fire Protection der V. S. Amerika oder die Zustimmung der Chicago Underwriters Laboratories bzw. die Genehmigung der Ontario Hydro-Electric Power Commission für elektrische Neuanlagen. Derartige Genehmigungen waren aber immer sowohl für kanadische als auch für englische Fabrikanten schwer einzuholen. In vieler Beziehung war die Chicagoer Anstalt recht nützlich. Sie wehrte sich immer stark gegen den Verdacht, den man oft hörte, daß sie amerikanische Fabrikanten etwas gegen ausländische bevorzuge. Trotzdem konnte man sich des Verdachtes, daß eine solche Differenzierung der Heimatländer elektrotechnischer Erzeugnisse — ob nun beabsichtigt oder unbeabsichtigt — vorliege, nicht ganz erwehren. Mit der Einführung kanadischer elektrischer Verbandsvorschriften ist die Lage mit einem Schlage für die englischen Elektrofabrikanten (und wohl auch für die aller anderen Länder) gebessert. Die kanadische Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse betrug für das mit dem März 1929 abgeschlossene Geschäftsjahr aus den V. S. Amerika 100 Mill RM, während aus England nur für 7,7 Mill RM importiert wurden. A. G. Arnold.

Die Entwicklung des französischen Elektroaußenhandels. — In der auf S. 23 genannten Arbeit J. H. Adams behandelt der Verfasser auch kurz den Außenhandel, bezüglich dessen zunächst festzustellen ist, daß die Stabilisierung des französischen Franken auf das Volumen der Ausfuhr keine ungünstige Wirkung ausgeübt hat, der Export des Jahres 1928 war in der Tat ein Rekord von 31 456 t. Anderseits ist eine starke Zunahme der Einfuhr zu verzeichnen, so daß, wie aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich, der Überschuß der Ausfuhr leicht abgenommen hat:

	Einfuhr t	Ausfuhr t	Ausfuhrüberschuß t
1925 . . .	7 843	20 628	12 785
1926 . . .	5 871	25 911	20 040
1927 . . .	7 499	27 473	19 974
1928 . . .	15 798	31 456	15 658

Anders dagegen verhält es sich mit dem Exportwert, da aus dem kommerziellen Überschuß der letzten Jahre ein leichtes Defizit geworden ist:

	Einfuhr Mill Fr	Ausfuhr Mill Fr	Ausfuhrüberschuß Mill Fr
1925 . . .	196	404	208
1926 . . .	244	706	462
1927 . . .	228	375	147
1928 . . .	422	420	— 2

Geht man bis 1924 zurück, so ist ein Ausfuhrüberschuß wie 1928, u. zw. dem Gewicht nach in der Höhe von rd. 15 000 t und ein Wertüberschuß von 228 Mill Fr festzustellen, der sich 1928 in das erwähnte Defizit von 2 Mill. Fr umgewandelt hat. Es ist dies damit zu erklären, daß der Goldwert der nach der Stabilisierung exportierten Tonne ständig fiel. Im Jahr 1928 stellte die eingeführte Tonne für Frankreich eine Ausgabe von im Mittel 5427 Goldfr dar, die von ihm ausgeführte aber nur einen Wert von 2712 Goldfr. Das Urteil Adams über diesen Wandel lautet folgendermaßen: „Wir haben also die exportierte Tonne zweimal billiger verkauft, als wir die importierte bezahlten, und so fährt unsere ausführende Industrie mit der Praxis einer Art von unfreiwilligem Dumping fort... Unsere finanzielle Gesundung hat den „Substanzverlust" unserer Industrie nicht aufgehalten, und die Lage der elektrotechnischen Fabrikationsgesellschaften bleibt schwierig." Am Schluß einer anderen Veröffentlichung bemerkt A. Pawlowski in dieser Beziehung: „Unsere fabrizierende Elektroindustrie muß eine weitere Anstrengung machen, um die gewonnenen Positionen zu behaupten und ihre Gestehungskosten zu verringern, auch darf ihr nicht die Hilfe des Staates verweigert werden. Eine Gefahr liegt für diese Industrie nicht vor, aber der Horizont hat sich verdunkelt, die Stabilisierung hat die ephemeren Illusionen verscheucht."

Dr. Ue.

Aus der spanischen Glühlampenindustrie. — Die bedeutendsten Glühlampenerzeuger Spaniens, deren Werke unter Überproduktion leiden, hatten nach der Ind. Handelszg. im letzten Sommer mit Rücksicht auf die neueren Bestrebungen zur Industrieförderung die Regierung um ein Eingreifen ersucht; vor allem sollten keine weiteren Fabriken zugelassen werden. Vom Wirtschaftsministerium ist daraufhin eine technische Inspektion der bestehenden Glühlampenwerke vorgenommen und eine Leistungsfähigkeit von etwa 36 Mill Glühlampen jährlich errechnet worden, die durch Modernisierung älterer Betriebe sogar auf 50 Mill gebracht werden könnte, während der Verbrauch im Inland nur 16 Mill Glühlampen beträgt. Die Erzeuger haben sich nun verpflichtet, im jetzt beginnenden Jahr 1 Mill Glühlampen und jedes folgende Jahr 1 Mill mehr auszuführen. Die gesamte Glühlampenfabrikation Spaniens untersteht nunmehr der staatlichen Aufsicht, die das Wirtschaftsministerium durch die Dirección General de Industria ausübt. Die Erzeuger müssen sich unter Angabe der Produktionsmittel, Arbeiterzahl, Betriebsvorschriften usw. in das Industrieregister ihrer Provinz eintragen lassen. Der Preis der Lampen kann nur mit Genehmigung des Ministers erhöht werden.

Vorgänge im Ausland. — Die Ganz & Comp.-Danubius AG. und die Ganz'Elektrizitäts AG., Budapest, haben ihre Fusion beschlossen, durch die letztere in der ersteren aufgeht, die ihr Aktienkapital von 11,7 auf 12,25 Mill Pengö erhöht. — Die Allmänna Svenska Elektriska A. B., Västerås, hat nach dem Berl. Börs.-Cour. die Aktienmehrheit der finnländischen A. B. Gottfried Strömberg, Helsingfors, erworben.

Aus der Geschäftswelt. — In das Handelsregister wurden eingetragen: „Astrapa" Abel-Strapto-Apparate G. m. b. H., Leipzig (75 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrischer Reklameapparate und Maschinen für die elektrostroboskopische Licht- und Bewegungsreklame nach den Erfindungen des Gesellschafters A. Abel; „Indeska" Interessengemeinschaft Deutscher Spezial-Kabelfabriken G. m. b. H., Berlin (0,5 Mill RM): Bildung und Förderung gemeinsamer geschäftlicher Interessen der Gesellschafter als deutscher Spezialkabelfabriken, besonders auch die Errichtung oder der Erwerb von Draht- und Kabelwerken, elektrotechnischen und damit verwandten Unternehmungen, Telegraphen- und Telephonunternehmungen im In- und Ausland; Gesellschaft für elektrische Apparate m. b. H., Köln (20 000 RM): Vertrieb und Herstellung elektrischer Apparate; Rheinkraftwerk Albbruck-Dogern A. G., Waldshut (14 Mill RM): Bau und Betrieb der Wasserkraftanlage am Rhein bei Albbruck-Dogern zur ausschließlichen Versorgung der Bevölkerung mit elektrischer Energie; Neochrom Lichtgesellschaft m. b. H., Berlin (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb von elektrischen Beleuchtungsanlagen und Erzeugnissen verwandter Gebiete der Elektrotechnik, besonders unter Verwendung von farbenwechselndem Neonlicht.

[1] Aus The Commercial des Manchester Guardian vom 14. XI. 1929. Vgl. auch ETZ 1929, S. 1868.

[1] 1929, Nr. 23, S. 46.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 1: Wer stellt Rollenpreßspan und Preßspanbänder her?

Abschluß des Heftes: 27. Dezember 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 500 Expl.

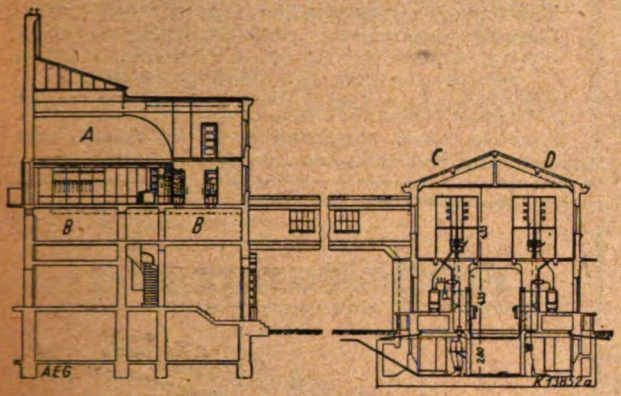
Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Neue Kraftwerks-Schaltanlage des Städtischen Elektr.-Werkes Mainz.*)

Mitteilung der AEG.

Obschon die Kraftwerks-Schaltanlage des Städtischen Elektrizitätswerkes Mainz verschiedentlich erneuert und erweitert wurde, bestand dennoch in den letzten Jahren die Gefahr, daß sie den in Aussicht stehenden Abschaltleistungen nicht mehr genügen würde.



A = Kommandoraum, *B* = Kabelboden, *C* = Schnitt durch Generatorfeld, *D* = Schnitt durch abgehendes Kabelfeld.

Abb. 1. Querschnitt durch die Schaltanlage.

Auf Grund der ausgearbeiteten Projekte erhielt im Mai 1927 die AEG den Auftrag auf Erstellung einer neuen Hochspannungs-Schaltanlage für 5,5 und 20 kV sowie der zugehörigen Warte (Abb. 1). Für die Aufstellung des neuen, getrennten Schalthauses für 5,5 und 20 kV in der Länge von 84 m und 9 m Breite war auf dem Vorland am Rhein-Ufer ein Landstreifen verfügbar. Bei der Aufstellung wurde bereits darauf Rücksicht genommen, daß späterhin in Verbindung mit diesem neuen Schalthaus eine 100- oder 220 kV-Station errichtet werden kann. Die Generatoren arbeiten direkt auf die 5,5 kV-Sammelschienen, von denen z. Z. 17 Speisekabel abgehen. An den Doppel-Sammelschienen selbst liegen noch unmittelbar die Felder für Erdschlußkontrolle, der Überspannungsschutz und ein Sammelschienen-Kupplungsschalter.

Weiterhin erfolgt eine Transformierung von 5,5 auf 20 kV über drei Transformatorenfelder. Von den 20 kV-Doppelsammelschienen geht wieder eine Anzahl Speisekabel ab.

Das getrennt aufgestellte neue Schalthaus steht 12 m vom Rhein-Ufer entfernt. Im Obergeschoß sind zweireihig die Doppel-Sammelschienen mit zugehörigen dreipoligen Trennschaltern untergebracht. Die Trennschalter werden vom Ölschalter-Bedienungsgang aus im Erdgeschoß bedient. Die Trennung der Stromkreise erfolgt durchweg durch gemauerte Wände bzw. im Sammelschienenraum durch feuerfeste Duroplatten, die einen größeren Schutz beim Arbeiten an einem Stromkreis gewährleisten als Drahtgeflecht- oder Streckmetall-Verkleidungen. Alle ölführenden Apparate, wie Ölschalter und Spannungswandler, befinden sich in feuerfesten Zellen, die unmittelbar ins Freie münden.

Im mittleren Ölschalter-Bedienungsgang des Erdgeschosses sitzen auf den gemauerten, mit Fliesen verkleideten Schaltwänden außer den Handantrieben für die Trennschalter an den Sammelschienen und Speisekabeln im Erdgeschoß auch die magnetischen Fernantriebe für die Ölschalter. Von hier aus können die im Obergeschoß sitzenden Trennschalter hinsichtlich ihrer Schaltstellung beobachtet werden. Alle Schaltvorgänge werden hinreichend signalisiert. In einem durchlaufenden Sockel unterhalb der Fernantriebe befinden sich alle Meßklemmen für die Signal-, Meß- und Betätigungsleitungen.

Bemerkenswert ist noch, daß sämtliche Trennschalter eines Stromkreises mit dem zugehörigen Ölschalter mechanisch verriegelt sind. Auch die Außentüren an den Ölschalterzellen sind durch einen Magneten so verriegelt, daß sie bei eingeschaltetem Ölschalter normalerweise nicht geöffnet werden können. Diese Verriegelung kann nur durch einen Spezialschlüssel aufgehoben werden, sobald eine Untersuchung einer in Betrieb befindlichen Ölschalterzelle trotzdem wünschenswert erscheint.

Alle Hochleistungsölschalter sind mit Löschkammern ausgerüstet und genügen einer Abschaltleistung von über 300 000 kVA. Auch für die kleinsten Abzweige sind keine Ölschalter unter 600 Amp. zur Verwendung gekommen, so daß man die Schaltanlage in ihrem elektrischen Aufbau als hochgesichert bezeichnen muß.

Die neu geschaffene Warte ist mit dem neuen Hochspannungs-Schalthaus durch eine Brücke über Hafenbahn und Straße verbunden. Diese Brücke stellt den unmittelbaren Verbindungsweg zwischen Maschinenhaus, Warte und Schalthaus dar und dient zugleich zur Überführung der zahlreichen Meß- und Betätigungskabel nach dem aus dem Schnitt ersichtlichen Kabelboden.

Die Haupt-Bedienungsschalttafel ist halbellipsenförmig aufgestellt. In der Mitte befinden sich neun Felder für die Generatoren, für die Schnellregler und das Kupplungsfeld. Rechts und links davon liegen die Felder für die Kabelabzweige und Transformatoren. Sämtliche für die Generatoren in Frage kommenden Bedienungs- und Schaltapparate sind gesondert auf einer Reihe von Schaltpulten untergebracht. Auf zwei seitlichen, schmalen Abschlußpulten befinden sich, drehbar angeordnet, die Synchronisier-Instrumente. In gleicher Weise wie die Hauptschalttafel ist halbellipsenförmig hinter dieser die Nebenschalttafel für die Relais, Zähler und registrierenden Instrumente, sowie für die Hilfsapparate des Generatorschutzes aufgestellt. Die Hauptbedienungsschalttafel ist vollständig eingebaut, d. h. von ihrer oberen Gesimsleiste aus wölbt sich eine Kuppel zu dem großen Oberlicht. Damit ist die Zuführung von natürlichem Tageslicht für die Warte besonders günstig gelöst und eine Spiegelung an den Instrumenten vermieden.

Zur Verwendung kam für die Schalttafeln dunkelblauer, mattpolierter Marmor, der nicht spiegelt und dem Raum eine besondere Wärme gibt.

Abb. 2 zeigt die Gesamtanlage des Städtischen Elektrizitätswerkes Mainz, vom Flugzeug aus aufgenommen. Im Vordergrund sieht man den Rhein und das neue Hochspannungsschalthaus mit der in der Mitte befindlichen turmartigen Werkstatt.

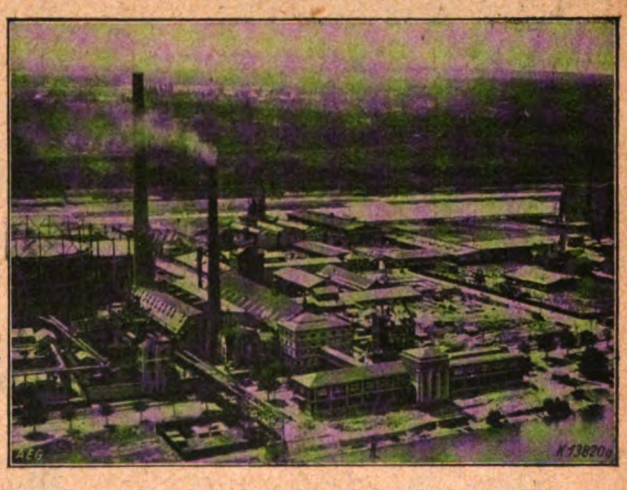


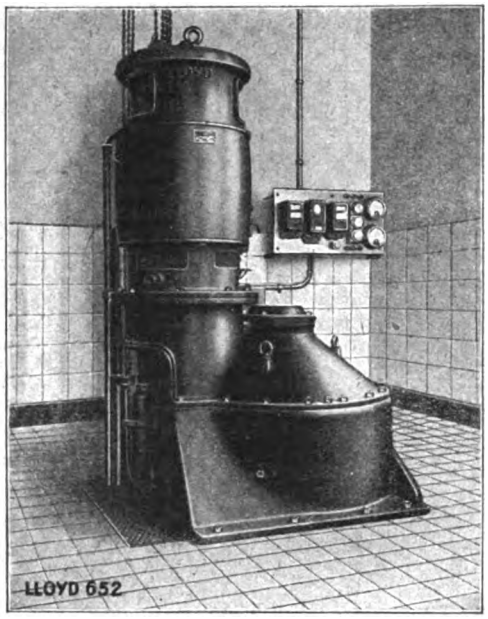
Abb. 2. Luftbild des Städtischen Elektrizitätswerkes Mainz.

Die Überschaltung und die Inbetriebnahme der neuen Hochspannungsanlage sowie der Warte erfolgten ohne jede Störung; die Anlage befindet sich seit einem Jahre in Betrieb, ohne daß sich bisher irgendwelche Anstände ergeben haben.

*) Nach einem Aufsatz von Stadtbaurat Dipl.-Ing. J. Goldmann in AEG-Mitteilungen 1929 Heft 7.

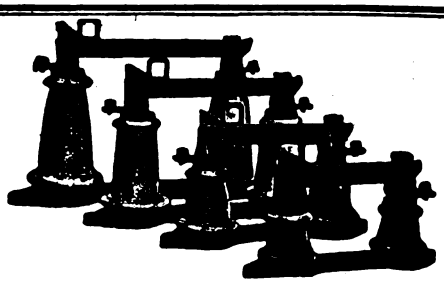
Digitized by Google

LLOYD SPEZIAL-MOTOREN



Drehstrom-Vertikalmotor 70 PS, 380 Volt, 1000 UpM zum Antrieb eines Schraubenschaufiers

LLOYD DYNAMOWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BREMEN.



Trennerdungsschalter, Trennumschalter, Gestängeantriebe mit Steigbügel und Handradbetätigung. Drosselspulen, Sicherungen. Kurzfristig lieferbar

PÖSCHMANN & CO G.M.B.H. DRESDEN
Büro Berlin: P. Keue, SO 16, Brückenstr. 5 a, Ruf: Jannowitz 0241

Freileitungseile
Leitungsdrähte
Kupferfeindrähte
Antennenlitzen
Trolleydraht

Berg- Heckmann- Selve
Akt.-Ges., Altena in Westfalen

WEILO

TRANSFORMATOREN
für jeden Verwendungszweck

Kurze Lieferzeiten!

H. Weiland, Berlin SO 36
Reichenberger Straße 79-80

R. ABRAHAMSOHN
BERLIN-STEGLITZ, LUISEN-STR. 6

BALLASTWIDERSTÄNDE
CA

Digitized by Google

Engineering Library

JAN 30

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Über die Wirtschaftlichkeit des Einbezuges der im Kraft-Heizbetrieb erzeugten elektr. Arbeit in die Großkraft-Fernversorgung. Von H. Schulze. 41
Neue elektr. Uhren. Von J. Baltzer. 45
Die neuzeitl. elektr. Automobil-Scheinwerf. Von B. Duschnitz. 47
Die Stromversorgungsanlage und die elektr. Einrichtungen des Reichspostzentralamts (Schluß). Von H. Stübler. 50
Ein neuartiger Spannungsteiler für Hochspannung. Von H. Schaefer. 55
Stromwirtschaft in kleinen Stadt- u. Landgemeinden. Von R. Haas u. W. Braun. 56
Die elektrotechn. Industrie in der preußischen Lehrlingsstatistik von 1925. Von G. Puttkammer. 57

Rundschau:

Hochspannungsmaschinen f. Luftschiffe. 59
Dauerversuche an Mehrrohr-Durchführungen. 59
Spannungswandler in Kaskadenschalt. f. höchste Spann. 60
Messungen an eisengeschloss. elektrodynam. Wechselstrom-Leistungsmessern nach der Kompensationsmethode. 61
Der Stand des Beleuchtungswesens im Seeverkehr. 61
Asphalt-Tauchkessel „Falcon". 62
Die Entwicklung der Kraftfahrlinien im Personenverkehr nordamerikan. Großstädte. 63
Stand der Mechanisier. im Kohlenbergbau der V. S. Amerika. 63
Der neue Groß-Rundfunksender Rom. 64
Schaltung zur Abhalt. von Sammelferngesprächen. 64
Magnet. Messungen an Eisenviel- und -einkristallen mit einem neuart. magnet. Spannungsmesser. 65
Beitr. z. Theorie flächenhafter Wirbelströme. 66
Energiewirtschaft. 66
Vereinsnachrichten. 67. **Bekanntmachung des VDE.** 69
Sitzungskalender. 70
Persönliches. W. M. Leser, M. Weger. 70
Literatur. E. Kosack, R. Salinger, M. Seiliger, O. Kienzle, O. Winkler, Neue Zeitschr., Eingeg. Doktordiss. 70
Geschäftliche Mitteilungen. 72

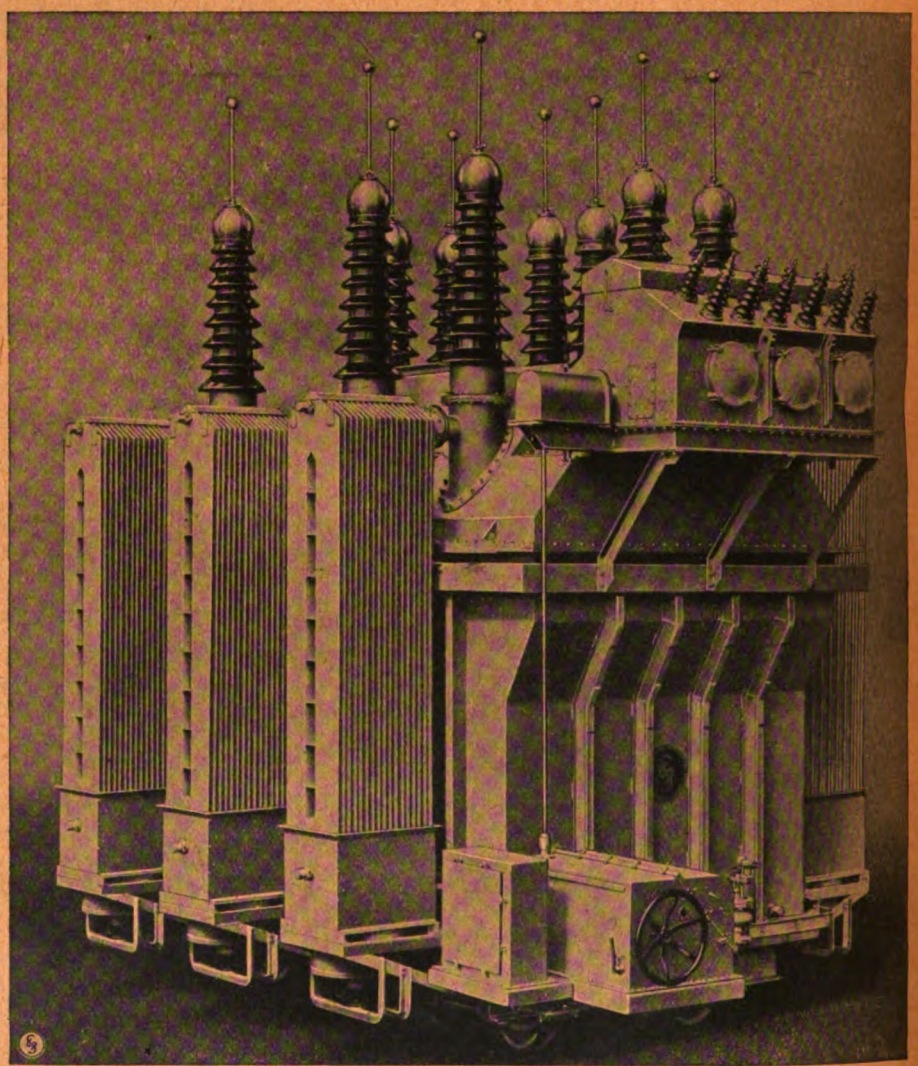
2. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(41-72) 9. JANUAR 1930

Das ETZ-MESSEHEFT erscheint am 27. Februar 1930

Digitized by Google

REGEL-TRANSFORMATOREN

SSW-Regeltransformatoren für über 1¼ Mill. kVA u. für Betriebsspannungen bis 110 000 Volt ausgeführt



Regeltransformator für 60 000 kVA Durchgangsleistung, Betriebsspannung 110000 Volt, ± 10% in ± 8 Stufen unter Last regelbar, für automatische Steuerung, Fern- und Handbetätigung, umschaltbar auf 63 500 Volt, 55 000 Volt oder 31 750 Volt, bei gleichem Regelbereich und gleicher Durchgangsleistung. 12 Stück dieser Ausführung werden z. Z. geliefert.

SIEMENS-SCHUCKERT

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 9. Januar 1930 | Heft 2

Über die Wirtschaftlichkeit des Einbezuges der im Kraft-Heizbetrieb erzeugten elektrischen Arbeit in die Großkraft-Fernversorgung.

Von Hermann Schulze, Auma.

Übersicht. Der Einbezug der aus der Vorwärme von Heizdampf erzeugbaren elektrischen Arbeit in die Großkraft-Fernversorgung ist nur noch für kleinere Heizbetriebe unwirtschaftlich. Durch die neuzeitliche Entwicklung des Dampfkessel- und Kraftmaschinenbaues im Sinne des Höchstdruckes fallen bei Gegendruck-Heizbetrieben schon mittleren Umfanges Leistungen in solcher Größe und zu solchen Ausbaukosten an, welche die mit einem Wärmeaufwand von nur etwa 25 % heutiger Großkraftwerks-Erzeugung anzulastende elektrische Arbeit selbst über größere Zubringerentfernungen in die Landessammelschienen einbezugsfähig machen. Die wirtschaftliche Einbezugsweite wird für das praktische Beispiel der aus einem Heizbetrieb von 160 t stündlicher Dampfmenge erzeugbaren elektrischen Arbeit graphisch ermittelt.

Nachdem Dampfkessel und -kraftmaschinen für hohe und höchste Drücke unstreitig zu der Betriebsicherheit entwickelt worden sind, die vom Standpunkt des öffentlichen Elektrizitätsverbrauches gefordert werden muß, gewinnt der Höchstdruck-Gegendruck-Betrieb[1] zum Zwecke der Krafterzeugung aus der Vorwärme des Heizdampfes in größerem, den Leistungsbedarf des Betriebes übersteigendem Ausmaß Bedeutung. Hinzu kommt, daß zwischenzeitlich auch die Fernmeßeinrichtungen zu so betriebstüchtigen und wohlfeilen Betriebsmitteln entwickelt worden sind, daß selbst gegen einen Einbezugsbetrieb auf größere Entfernungen sich Bedenken vom betrieblichen Standpunkt aus nicht mehr vorbringen lassen. Für die wirtschaftliche Bedeutung des Problems maßgebend sind:

1. Die durch Drucksteigerung erzielbare Nutzleistung,
2. der Wärmeaufwand für die Arbeitseinheit der Mehrleistung und
3. vor allem die durch die Drucksteigerung bedingten zusätzlichen Anlagekosten.

Zu 1. möge an dieser Stelle lediglich auf die Ergebnisse der vorjährigen Hochdrucktagung der Vereinigung der Großkesselbesitzer in Mannheim verwiesen werden; sie bewies von neuem, daß die Mehrleistung, bezogen auf die verhältnismäßige Drucksteigerung, linear bis zu etwa 130 ata Eintrittsdruck ansteigt, daß die absolute Mehrleistung durch Drucksteigerung unabhängig vom Gegendruck der Kraftmaschine ist, die Mehrleistung verhältnismäßig um so mehr steigt, je höher der Gegendruck ist und daß deshalb vom Standpunkt der Leistungsteigerung aus unbedingt ein Eintrittsdruck von 130 ata anzustreben ist. Als Wärmeaufwand für die Einheit der aus der Mehrleistung erzeugbaren Arbeit kann mit im Mittel 1200 WE/kWh gerechnet werden, unter Berücksichtigung dessen, daß der durch den Unterschied zwischen theoretischem und indiziertem Wirkungsgrad der Kraftmaschine bedingte Wärmeverlust dem Heizdampf als Reibungswärme usw. erhalten bleibt und demzufolge die Umsetzung von Wärme in Kraft im Gegendruckbetrieb nur mit den Leitungs- und Strahlungsverlusten der Dampfleitungen, den Abstrahlungs- und Triebwerksverlusten der Turbine sowie den Verlusten des Generators, außerdem von dem erhöhten Speisepumpen- und Umlaufpumpen-Kraftbedarf nur mit dem sich nicht in Reibungs- und Druckenergie umsetzenden Teil zu belasten ist. Die Bewertung der der Drucksteigerung und damit der erzeugbaren Mehrleistung zuzuschreibenden Anlagekosten wird je nach den örtlichen Verhältnissen im allgemeinen nur nach voneinander abweichenden Richtlinien durchführbar sein. Um der nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsberechnung trotzdem Anspruch wenn auch nicht auf absolute so doch zum mindesten auf relative Richtigkeit zu sichern, werden nach dem Vorgehen von P. Gilli[2] der Gegendruck-Krafterzeugung die unterschiedlichen Anlagekosten zwischen einem Betrieb mit reiner Heizung und einem Betrieb mit Kraftheizung zugeschrieben.

Die im Vergleich zum Großkraftwerks- (Kondensations-) Betrieb im allgemeinen niedrigeren spezifischen Anlagekosten für 1 kW des Heizkraftwerkes sichern neben dem geringeren Wärmeaufwand der Gegendruck-Krafterzeugung stets wirtschaftliche Überlegenheit, wenn die dabei erzeugbare elektrische Arbeit am Ort der Erzeugung selbst (Industrie-Heizkraftwerke) verwendbar oder der Heizbetrieb in einem Verbrauchsgebiete elektrischer Arbeit gelegen ist und demzufolge keinerlei besondere Einbezugsanlagen erforderlich sind. Die Untersuchung über die Einbezugswürdigkeit der aus der Vorwärme des Heizdampfes erzeugbaren elektrischen Arbeit in die Landessammelschienen der nach den Grundsätzen niedrigster Gestehungskosten frei Verbraucher entstandenen Großkraft-Fernversorgung braucht sich demzufolge lediglich auf die in Abb. 1 grundsätzlich dargestellten Fälle von abseits der Verbrauchsgebiete gelegenen Heizkraftwerken zu erstrecken; die zur Ermittlung der Gestehungskosten elektrischer Arbeit im Verbrauchsgebiet zweckmäßig jeweils anzuwendenden graphischen Vergleichsmethoden[3] sind unter den Lageplänen a) ... c) der Abb. 1 angedeutet. Den ungünstigsten Fall für die Verwertung der elektrischen Arbeit aus einem Heizkraftwerk stellt der Fall c) dar. Da in einem solchen Fall der betreffende Großverbraucher in der Regel zufolge eigener Überlegungen (z. B. getrennt vorliegender Stromlieferungsangebote) sich für eine der beiden Strombeschaffungsmöglichkeiten entscheiden wird, sei die zahlenmäßige Untersuchung nachstehend jedoch für einen der beiden anderen Fälle, u. zw. Fall b) durchgeführt. Dem praktischen Beispiel sei ein abseits der Grube liegender Heizbetrieb (Fall b) von 160 t stündlicher Dampfmenge mit 6 ata Heizdruck und 175 ° zugrunde gelegt, der seinen Brennstoff einmal in Form von Braunkohlen-Industriebriketts (4500 WE, 14,00 RM/t ab Grube) und zum anderen als Braunkohlen-Schwelkoks (5800 WE, 9.20 RM/t ab Grube) auf dem Bahnwege (Kohlenausnahmetarif der Reichsbahn vom 1. X. 1928) von der Grube bezieht. Das im Rahmen der bestehenden Großkraft-Fernversorgung auf der Grube vorhandene Großkraftwerk verfeuere wie üblich Rohbraunkohle (2300 WE, 3,37 RM/t) und brauche für die nutzbar an den Generatorklemmen abgegebene Kilowattstunde einen Wärmeaufwand von 4500 WE/kWh. Für die Heizanlage soll der gleichzeitige Ausbau zu einem Heizkraftwerk auf einen Gegendruckbetrieb von entweder 33 auf 6 ata oder von 130 auf 6 ata auf seine Wirtschaftlichkeit, gemessen an gleichen Gestehungskosten der elektrischen Arbeit mit der Großkraftwerkserzeugung auf der Grube, untersucht werden.

Entsprechend den mit wachsender Entfernung des Heizkraftwerkes von der Grube und damit auch von dem Verbrauchsgebiet [Abb. 1, Fall b)] steigenden Gestehungskosten der elektrischen Arbeit frei Verbrauchsgebiet lautet

[1] Vgl. a. Die Wärme Bd. 52, Sonderheft „Heiz-Kraftanlagen".

[2] P. Gilli, Die Wärme Bd. 52, S. 324.

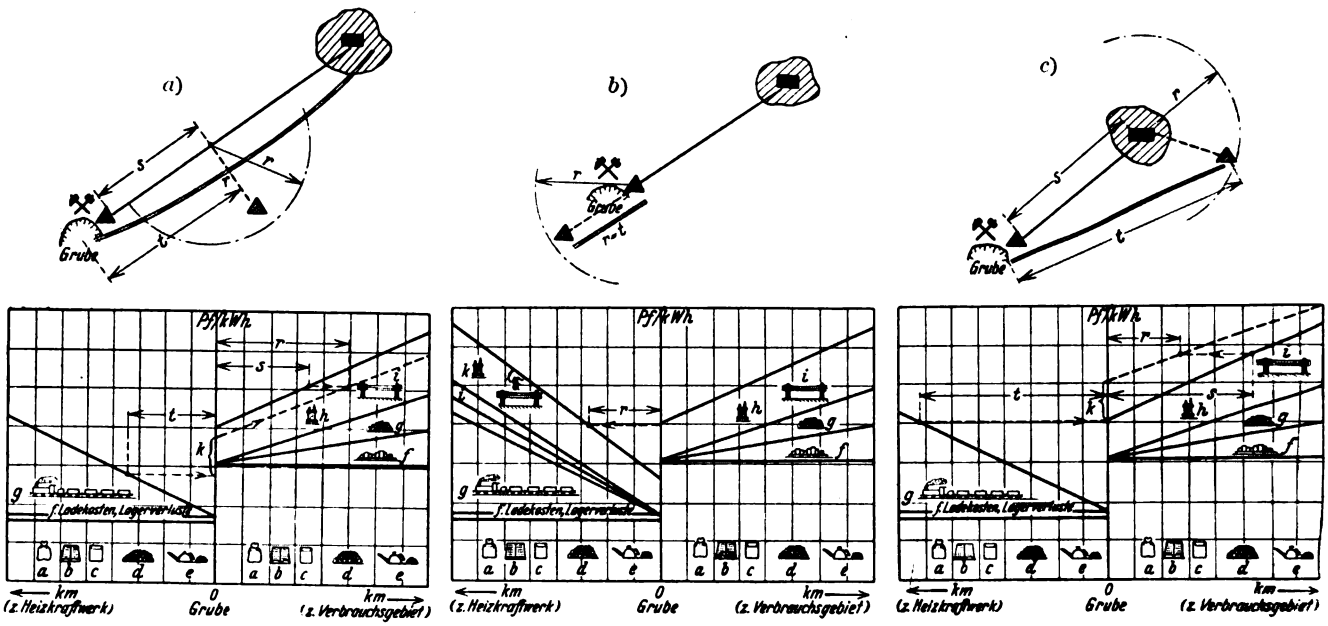
[3] Vgl. a. ETZ 1926, S. 296.

Digitized by Google

demzufolge die Fragestellung zusammengefaßt wie folgt: Bis zu welcher Entfernung (Einbezugsweite r) von der Grube und damit im Sinne des Falles b) vom Verbrauchsgebiet läßt sich ein Heizbetrieb von 6 ata Heizdruck, 175 ° und 160 t stündlicher Dampfmenge zur Gegendruck-Krafterzeugung von 33 auf 6 ata bzw. 130 auf 6 ata Ein- bzw. Austrittsdruck ausbauen, damit die aus der Vorwärme des Heizdampfes erzeugbare elektrische Arbeit gleiche Gestehungskosten ergibt wie die vorhandene Großkraft-Fernversorgung von der Grube?

zeugbaren elektrischen Arbeit werden für die graphische Untersuchung beispielsweise für eine Einbezugsentfernung von 200 km und einen mittleren cos φ der Übertragung von 0,8 ermittelt. Als Anlagekosten zu Lasten der Heizkraftwerks-Nutzleistungen (Bruttoleistungen) ergeben sich zufolge der von P. Gilli[4] angegebenen Verhältniszahlen:

I. Kraftheizung 33/6 ata . . . 180 RM/kW
II. Kraftheizung 130/6 ata . . . 153 RM/kW.



▲ Großkraftwerk (mit Kondensationsbetrieb)
▲ Heizkraftwerk
■ Umspannwerk im Verbrauchsgebiet der elektr. Arbeit
---- Hochspannungsleitung zum Transport der im Heizkraftwerk erzeugten elektr. Arbeit (Einbezugsleitung; wirtschaftliche Einbezugsweite = r)
Verbrauchsgebiet der elektr. Arbeit

	Heizkraftwerks-Erzeugung abseits der Grube	Großkraftwerks-Erzeugung auf der Grube
Erzeugungskosten je kWh	a Kapitalkosten zu Lasten der Mehrleistung durch Drucksteigerung b Verwaltungskosten c Löhne d Brennstoffaufwand e Kosten für Schmier- und Putzmaterial und Wasserhaltung	a Kapitalkosten des Kraftwerkes b Verwaltungskosten c Löhne d Brennstoffaufwand e Kosten für Schmier- und Putzmaterial und Wasserhaltung
Transportkosten je kWh	f Nebenkosten des mechanischen Transportes (Ladekosten, Lagerverlust usw.) g Frachtkosten für den Brennstofftransport h Kapitalkosten für Kraftwerks-Erweiterung entspr. den Verlusten i Brenn-toff-Mehraufwand entspr. den Verlusten k Kapitalkosten für das Umspannwerk l Kapitalkosten für die Fernleitung	f Kapitalkosten f. Kraftwerks-Erweiterung entspr. den Verlusten g Brennstoffaufwand entspr. den Verlusten h Kapitalkosten für das Umspannwerk i Kapitalkosten für die Fernleitung

Abb. 1. Schema für die Ermittlung der wirtschaftlichen Einbezugsweite abseits der Grube im Kraftheizbetrieb erzeugter elektrischer Arbeit in die Großkraft-Fernversorgung.

Aus der stündlichen Dampfmenge von 160 t lassen sich brutto, d. h. an den Generatorklemmen im Gegendruckbetrieb

von 33 auf 6 ata ungefähr 11 900 kW (≈ 13,4 kg Dpf./kWh)
„ 130 „ 6 „ „ 20 800 „ (≈ 7,7 „ „ „)

erzeugen; die auf die Einbezugstelle, d. h. die Abspannisolatoren des Umspannwerkes beim Großkraftwerk auf der Grube bezogenen Nettoleistungen, die Einbezugsleistungen, sind die um die Übertragungsverluste verminderten Bruttoleistungen. Zwecks Vereinfachung der Rechnung können die Koronaverluste der Fernleitung bei Ermittlung der Einbezugsleistungen vernachlässigt werden (Berücksichtigung nur der Stromwärmeverluste). Der Einbezug erfolgt bei der Kraftheizung 33/6 ata mittels 110 kV-Einfachleitung von 3 × 95 mm² Cu, bei der Kraftheizung 130/6 ata mittels 110 kV-Einfachleitung von 3 × 120 mm² Cu (wirtschaftlichste Übertragungsanlagen). Für Erzeugung und Fortleitung wird einheitlich eine Reserve von 25 % (Reservefaktor 1,25) vorgesehen. Die Gegendruckleistung fällt — dem Heizbetrieb, ohne Verwendung von Speichereinrichtungen entsprechend — mit einer jährlichen Benutzungsdauer von 2500 h an. Die Kosten für die Fortleitung (Bahnbezug des Brennstoffes und elektrischer Transport) der aus der Vorwärme des Heizdampfes er-

I. Kraftheizung 33/6 ata, 160 t Dampf/h.

Bruttoleistung $N_b = 11\,900$ kW,

Einbezugsleistung $N_n = N_b - \xi N_n$,

$$N_n = \frac{N_b}{1+\xi},$$

wobei ξ die Stromwärmeverluste bedeutet.

Bezeichnet man mit

ϱ den spez. Widerstand = $^1/_{57}$ Ω/mm²/m,
q den Querschnitt der Fernleitung = 95 mm² Cu,
l die Länge der Fernleitung = 200 km,
E die Übertragungspannung = 110 kV,

so ergibt sich

$$\xi = \frac{l N_n \varrho}{q E^2 \cos^2 \varphi} = \frac{l N_b \varrho}{q E^2 \cos^2 \varphi (1+\xi)};$$

daraus

$$\xi^2 + \xi = 0{,}054$$
$$\xi = -\tfrac{1}{2} \pm 0{,}554$$
$$\xi = 5{,}4\,\%, \quad N_n = \frac{11\,900}{1{,}054} = 11\,280 \text{ kW}.$$

[4] Wie Fußnote 2.

Digitized by Google

Maximaler Leistungsverlust (5,4 %) . . .	620 kW
Koronaverlust (0,7 kW/km)	140 „
Maximaler Übertragungsverlust	760 kW.

Anlagekosten der Fortleitungsanlagen (200 km):

1. 760 kW Zentralen-Zusatzleistung . . (180 · 1,25 = 225 RM/kW)	171 000 RM
2. 200 km 110 kV-Leitung 3 × 95 mm² Cu . (15 000 · 1,25 = 18 800 RM/km) *5	3 760 000 „
3. Umspannwerk für 15 000 kVA . . . . (60 · 1,25 = 75 RM/kVA)	1 125 000 „
Gesamtes Anlagekapital	5 056 000 RM.

Entsprechender Kapitaldienst:

16 % von 1.	27 400 RM/Jahr
12 % von 2. und 3. . . .	586 200 „
Gesamter Kapitaldienst	613 600 RM/Jahr,

d. h. bei (11 900 — 760) kW · 2500 h = 27,85 · 10⁶ kWh ≈ 2,205 Pf/kWh.

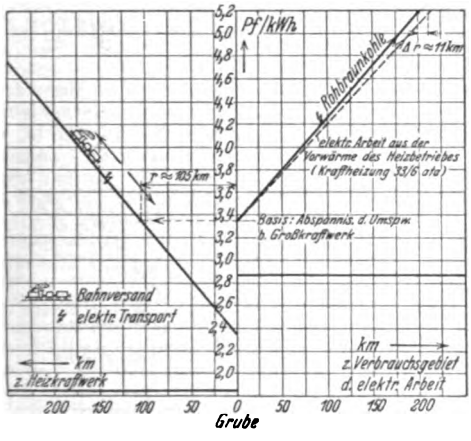


Abb. 2. Wirtschaftliche Einbezugsweite r eines zur Gegendruck-Krafterzeugung 33/6 ata ausgebauten, mit Braunkohlen-Industriebriketts betriebenen Heizwerkes von 160 t Dampf/h (6 ata, 175°) in die Großkraft-Fernversorgung.

Verluste:

Leerlaufverluste der Transformatoren

$$\frac{0{,}6 \cdot 15\,000 \cdot 6100}{100} \approx 550\,000 \text{ kWh}$$

Stromwärmeverluste der Transformatoren

$$\frac{0{,}6 \cdot 15000 \cdot 8760 \cdot 22}{100 \cdot 100} \approx 174\,000 \text{ „}$$

Koronaverluste der Fernleitung $140 \cdot 8760 \approx 1\,230\,000$ „

Stromwärmeverluste der Fernleitung

$$\frac{620 \cdot 8760 \cdot 22}{100} \approx 1\,196\,000 \text{ „}$$

Jährlicher Gesamtverlust ≈ 3 150 000 kWh.

a) Brennstoff: Braunkohlen-Industrie-briketts, 4500 WE/kg, 14 RM/t.

Erzeugungskosten für 1 kWh.

	Großkraftwerk a. d. Grube Rohbraunkohle 4500 WE/kWh	Heizkraftwerk abseits der Grube 1200 WE/kWh ≈ 0,27 kg/kWh
Wärmekosten .	$0{,}337 \cdot \frac{4500}{2300} \approx 0{,}66$ Pf/kWh	$1{,}4 \cdot \frac{1200}{4500} \approx 0{,}37$ Pf/kWh
Feste Kosten .	$\frac{275 \cdot 1{,}25 \cdot 16 \cdot 100}{10 \cdot 2500} \approx 2{,}20$ „	$\frac{180 \cdot 1{,}25 \cdot 16 \cdot 100}{100 \cdot 2500} \approx 1{,}44$ „
Gesamt .	2,86 Pf/kWh	1,81 Pf/kWh

Kosten der elektrischen Übertragung.

	Großkraftwerk a. d. Grube	Heizkraftwerk abseits der Grube
1. Kosten d. Verluste	$3{,}15 \cdot 10^6 \cdot 0{,}66 \cdot 10^{-2} = 20\,800$ RM	$3{,}15 \cdot 10^6 \cdot 0{,}37 \cdot 10^{-2} \approx 11\,660$ RM
2. Kapitaldienst . .	a) $760 \cdot 275 \cdot 1{,}25 \frac{16}{100} = 41\,800$ „	a) 27 400 „
	b) $4\,885\,000 \cdot 0{,}12 = 586\,200$ „	b) 586 200 „
Gesamt .	648 800 RM	625 260 RM
je kWh .	≈ 2,33 Pf/kWh	≈ 2,24 Pf/kWh

*5 Reservefaktor 1,25: 4. Phase.

Die Kosten der Übertragung zerfallen in:

	Großkraftwerk a. d. Grube	Heizkraftwerk abseits der Grube
Kapitaldienst f. d. Umspannwerk . .	0,484 Pf/kWh	0,484 Pf/kWh
Kapitaldienst f. d. Zentr.-Zus.-Leistg.	0,1505 „	0,0983 „
Kapitaldienst f. d. Fernleitung	1,618 „	1,618 „
Kosten der Verluste	0,0747 „	0,0418 „
Gesamt . . .	≈ 2,33 Pf/kWh	≈ 2,24 Pf/kWh

Kosten des Bahntransportes f. d. Braunkohlen-Ind.-Brik.

1 kWh bei 1200 WE/kWh = $\frac{1200}{4500} \approx 0{,}27$ kg/kWh

Nebenkosten d. mech. Transportes (2 %)	0,007 Pf/kWh
Frachtkosten für 200 km (1,02 · 0,27 kg)	0,212 „
Gesamte Transportkosten	0,219 Pf/kWh.

Das Transportlinienbild der Abb. 2 läßt erkennen, daß das Heizkraftwerk 33/6 ata in diesem Falle bis zu 105 km von der Grube entfernt sein kann.

b) Brennstoff: Braunkohlen-Schwelkoks 5800 WE/kg, 9,20 RM/t.

Erzeugungskosten je kWh.

	Großkraftwerk a. d. Grube, Rohbraunkohle, 4500 WE/kWh	Heizkraftwerk abseits d. Grube 1200 WE/kWh ≈ 0,207 kg/kWh
Wärmekosten .	wie a)	$0{,}92 \cdot \frac{1200}{5800} \approx 0{,}19$ Pf/kWh
Feste Kosten .		$\frac{180 \cdot 1{,}25 \cdot 16 \cdot 100}{100 \cdot 2500} \approx 1{,}44$ „
Gesamt..	2,86 Pf/kWh	1,63 Pf/kWh

Kosten der elektrischen Übertragung.

	Großkraftwerk a. d. Grube	Heizkraftwerk abseits d. Grube
1. Kosten d. Verluste	wie a)	$3{,}15 \cdot 10^6 \cdot 0{,}19 \cdot 10^{-2} = 5\,985$ RM
2. Kapitaldienst		a) 27 400 „
		b) 586 200 „
Gesamt ..	648 800 RM	619 585 RM
je kWh ..	≈ 2,33 Pf/kWh	≈ 2,22 Pf/kWh

Die Kosten der Übertragung zerfallen in:

	Großkraftwerk a. d. Grube	Heizkraftwerk abseits d. Grube
Kapitaldienst f. d. Umspannwerk . .	wie a)	0,484 Pf/kWh
Kapitaldienst f. d. Zentr.-Zus.-Leistg.		0,0983 „
Kapitaldienst f. d. Fernleitung.		1,618 „
Kosten d. Verluste		0,0215 „
Gesamt...	≈ 2,33 Pf/kWh	≈ 2,22 Pf/kWh

Kosten des Bahntransportes f. d. Braunkohlen-Schwelkoks

1 kWh bei 1200 WE/kWh = $\frac{1200}{5800} = 0{,}207$ kg/kWh

Nebenkosten d. mech. Transportes (2 %)	0,004 Pf/kWh
Frachtkosten für 200 km (1,02 · 0,207 kg)	0,162 „
Gesamte Transportkosten	0,166 Pf/kWh.

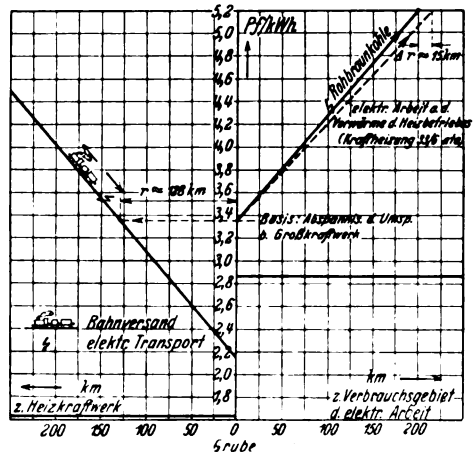


Abb. 3. Wirtschaftliche Einbezugsweite r eines zur Gegendruck-Krafterzeugung 33/6 ata ausgebauten, mit Braunkohlen-Schwelkoks betriebenen Heizwerkes von 160 t Dampf/h (6 ata, 175°) in die Großkraft-Fernversorgung.

Das Transportlinienbild der Abb. 3 weist die wirtschaftliche Einbezugsweite für das mit Braunkohlen-Schwelkoks betriebene Heizkraftwerk 33/6 ata zu 128 km von der Grube aus.

Digitized by Google

II. Kraftheizung 130/6 ata, 160 t Dampf/h.

Bruttoleistung $N_b = 20\,800$ kW,
Einbezugsleistung $N_n = N_b - \xi N_n$,

$$N_n = \frac{N_b}{1+\xi},$$

wobei ξ die Stromwärmeverluste bedeutet.
Analog I. ergibt sich für $q = 120$ mm² Cu u. $l = 200$ km

$$\xi = \frac{l N_n \varrho}{q E^2 \cos^2\varphi} = \frac{l N_b \varrho}{q E^2 \cos^2\varphi (1+\xi)};$$

daraus

$$\xi^2 + \xi = 0{,}079$$
$$\xi = -\tfrac{1}{2} \pm 0{,}574$$
$$\xi = 7{,}4\,\%, \quad N_n = \frac{20\,800}{1{,}074} = 19\,350 \text{ kW}$$

Maximaler Leistungsverlust (7,4 %) . . .	1450 kW
Koronaverlust (0,6 kW/km)	120 „
Maximaler Übertragungsverlust	1570 kW.

Anlagekosten der Fortleitungsanlagen (200 km):

1. 1570 kW Zentralen-Zusatzleistung (153 · 1,25 = 192 RM/kW) . .	≈ 301 000 RM
2. 200 km 110 kV-Leitung 3 × 120 mm² Cu (18 000 · 1,25 = 22 500 RM/km)	4 500 000 „
3. Umspannwerk für 26 000 kVA . . . . (55 · 1,25 = 69 RM/kVA)	1 794 000 „
Gesamtes Anlagekapital	6 595 000 RM.

Entsprechender Kapitaldienst:

16 % von 1.	48 200 RM/Jahr
12 % von 2. + 3.	755 280 „
Gesamter Kapitaldienst	803 480 RM/Jahr,

d. h. bei (20 800 — 1570) kW · 2500 h = 48,1 · 10⁶ kWh/Jahr ≈ 1,674 Pf/kWh.

Verluste:

Leerlaufverluste der Transformatoren

$$\frac{0{,}6 \cdot 26\,000 \cdot 6100}{100} \approx 950\,000 \text{ kWh}$$

Stromwärmeverluste der Transformatoren

$$\frac{0{,}6 \cdot 26\,000 \cdot 8760 \cdot 22}{100 \cdot 100} \approx 300\,000 \text{ „}$$

Koronaverluste der Fernleitung $120 \cdot 8760 \approx 1\,050\,000$ „

Stromwärmeverluste der Fernleitung

$$\frac{1450 \cdot 8760 \cdot 22}{100} \approx 2\,800\,000 \text{ „}$$

Jährlicher Gesamtverlust ≈ 5 100 000 kWh.

a) Brennstoff: Braunkohlen-Industriebriketts, 4500 WE/kg, 14 RM/t.

Erzeugungskosten je kWh.

	Großkraftwerk a. d. Grube, Rohbraunkohle 4500 WE/kWh	Heizkraftwerk abseits d. Grube 1200 WE/kWh ≈ 0,27 kg/kWh
Wärmekosten	wie I a)	$1{,}4 \frac{1200}{4500} \approx 0{,}37$ Pf/kWh
Feste Kosten		$\frac{153 \cdot 1{,}25 \cdot 16 \cdot 100}{100 \cdot 2500} \approx 1{,}23$ „
Gesamt	2,86 Pf/kWh	1,60 Pf/kWh

Kosten der elektrischen Übertragung.

	Großkraftwerk a. d. Grube	Heizkraftwerk abseits der Grube
1. Kosten d. Verluste	$5{,}1 \cdot 10^6 \cdot 0{,}66 \cdot 10^{-2}$ = 33 700 RM	$5{,}1 \cdot 10^6 \cdot 0{,}37 \cdot 10^{-2} \approx 18\,900$ RM
2. Kapitaldienst ..	a) 1570 · 275 · 1,25 · 0,16 = 86 300 „	a) 48 200 „
	b) 6 294 000 · 0,12 = 755 280 „	b) 755 280 „
Gesamt .	875 280 RM	822 380 RM
je kWh .	≈ 1,82 Pf/kWh	≈ 1,71 Pf/kWh

Die Kosten der Übertragung zerfallen in:

	Großkraftwerk a. d. Grube	Heizkraftwerk abseits der Grube
Kapitaldienst f. d. Umspannwerk ..	0,448 Pf/kWh	0,448 Pf/kWh
Kapitaldienst f. d. Zentr.-Zus.-Leistg.	0,1796 „	0,1002 „
Kapitaldienst f. d. Fernleitung	1,125 „	1,125 „
Kosten f. d. Verluste	0,070 „	0,0398 „
Gesamt ...	≈ 1,82 Pf/kWh	≈ 1,71 Pf/kWh

Kosten des Bahntransportes für die Braunkohlen-Industriebriketts wie bei I a).

Das Transportlinienbild der Abb. 4 ergibt, daß das Heizkraftwerk 130/6 ata in diesem Falle bis zu 167 km von der Grube entfernt sein kann.

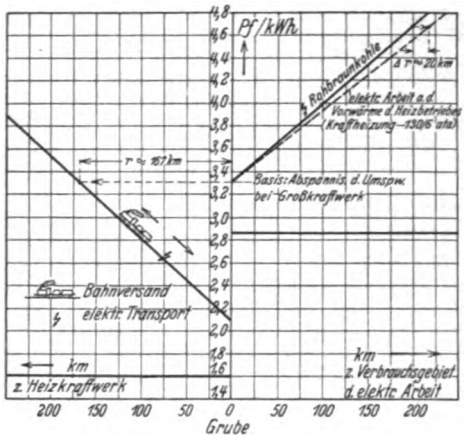


Abb. 4. Wirtschaftliche Einbezugsweite r eines zur Gegendruck-Krafterzeugung 130/6 ata ausgebauten, mit Braunkohlen-Industriebriketts betriebenen Heizwerkes von 160 t Dampf/h (6 ata, 175 °) in die Großkraft-Fernversorgung.

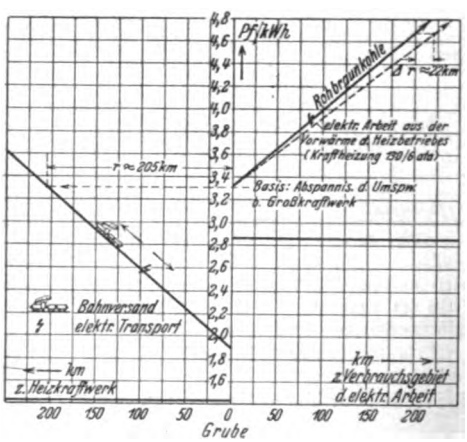


Abb. 5. Wirtschaftliche Einbezugsweite r eines zur Gegendruck-Krafterzeugung 130/6 ata ausgebauten, mit Braunkohlen-Schwelkoks betriebenen Heizwerkes von 160 t Dampf/h (6 ata, 175 °) in die Großkraft-Fernversorgung.

b) Brennstoff: Braunkohlen-Schwelkoks 5800 WE/kg, 9,20 RM/t.

Erzeugungskosten je kWh.

	Großkraftwerk a. d. Grube, Rohbraunkohle 4500 WE/kWh	Heizkraftwerk abseits d. Grube 1200 WE/kWh ≈ 0,207 kg/kWh
Wärmekosten	wie I a)	$0{,}92 \cdot \frac{1200}{5800} \approx 0{,}19$ Pf/kWh
Feste Kosten		$\frac{153 \cdot 1{,}25 \cdot 16 \cdot 100}{100 \cdot 2500} \approx 1{,}23$ „
Gesamt	≈ 2,86 Pf/kWh	≈ 1,42 Pf/kWh

Kosten der elektrischen Übertragung.

	Großkraftwerk a. d. Grube	Heizkraftwerk abseits d. Grube
1. Kosten d. Verluste	wie a)	$5{,}1 \cdot 10^6 \cdot 0{,}19 \cdot 10^{-2} \approx 9\,700$ RM
2. Kapitaldienst		a) 48 200 „
		b) 755 280 „
Gesamt ..	875 280 RM	813 180 RM
je kWh ..	≈ 1,82 Pf/kWh	≈ 1,69 Pf/kWh

Die Kosten der Übertragung zerfallen in:

	Großkraftwerk a. d. Grube	Heizkraftwerk abseits d. Grube
Kapitaldienst f. d. Umspannwerk ...	wie a)	0,448 Pf/kWh
Kapitaldienst f. d. Zentr.-Zus.-Leistg.		0,1002 „
Kapitaldienst f. d. Fernleitung		1,125 „
Kosten f. d. Verluste		0,0202 „
Gesamt ...	≈ 1,82 Pf/kWh	≈ 1,69 Pf/kWh

Digitized by Google

Kosten des Bahntransportes für den Braunkohlen-Schwelkoks wie bei I b).

Abb. 5 weist die wirtschaftliche Einbezugsweite für das Braunkohlen-Schwelkoks verfeuernde Heizkraftwerk 130/6 ata zu 205 km von der Grube aus.

Bei Weiterleitung der aus der Vorwärme des Heizbetriebes erzeugbaren elektrischen Arbeit von der Einbezugstelle, d. h. den Abspannisolatoren des bei dem Großkraftwerk auf der Grube vorhandenen Umspannwerkes nach dem Verbrauchsgebiet sichern die im Vergleich zur Großkraftwerks-Erzeugung geringeren Jahreskosten je Kilowatt und Wärmeaufwände je Kilowattstunde zusätzliche Einbezugsweiten, welche sich für eine Entfernung Verbrauchsgebiet—Grube von beispielsweise 200 km zu $\Delta r \approx 11$, 15, 20 bzw. 22 km ergeben. Dabei wird vorausgesetzt, daß der Heizbetrieb die Verlustleistung (Schema der Abb. 1) im Gegendruckbetrieb aufzubringen vermag. Für kleinere Heizdampfmengen und damit kleinere Leistungen der Heizkraftwerke ergeben Einbezugsleitungen niedrigerer Spannungen, z. B. 50 und 30 kV, ähnliche wirtschaftliche Einbezugsentfernungen.

Zusammengefaßt hat sich aus der vorstehenden Wirtschaftlichkeitsberechnung ergeben, daß der Einbezug aus der Vorwärme von Heizdampf erzeugbarer elektrischer Arbeit in der Mehrzahl aller Fälle wirtschaftlich sein wird, sofern die betreffenden Heizbetriebe nur groß genug sind, Leistungen zu erzeugen, für welche die Spannungen (30 ... 110 kV) der vorhandenen Großkraft-Übertragungsanlagen wirtschaftliche Fortleitung ermöglichen. Der Einbezug ist, entgegen vielfach bekannt gewordenen Ansichten[6], für die größeren Heizbetriebe bei der schon jetzt vorhandenen Dichte der deutschen Großkraft-Übertragungsnetze mit erheblichem volks- und privatwirtschaftlichen Nutzen[7] durchführbar.

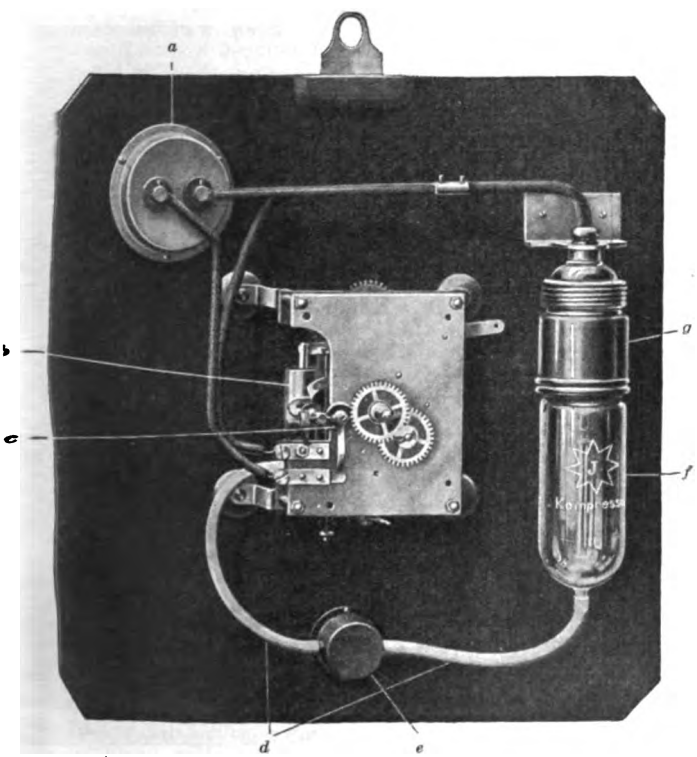
[6] Vgl. A. Peuker, ETZ 1929, S. 768.
[7] Vgl. auch Löffler, Energiewirtschaft und Hochdruckdampfbetrieb, Z. VDI 1929, Sonderheft Hochdruckdampf II.

Neue elektrische Uhren.

Von Dr.-Ing. **J. Baltzer**, Berlin.

Übersicht. **Es werden drei neue Konstruktionen elektrischer Uhren beschrieben und kritisch gewürdigt. Zwei davon sind Einzeluhren, während die dritte außerdem auch für kleine Zentral-Uhrenanlagen bis zu 12 Nebenuhren bestimmt ist. Der leitende Gedanke bei den Neukonstruktionen war, der elektrischen Uhr auch den Privathaushalt zu erobern.**

Es gibt wohl kaum ein Gebiet, auf dem sich in den letzten Jahren die Neuerungen so häufen wie bei den elektrischen Uhren. Es handelt sich dabei nicht um eine



a Anschlußdose
b Luftpumpe
c Kontakt
d Luftleitung
e Kondensdose
f Kompressorlampe
g Lampenfassung

Abb. 1. Werk einer Electronom-Einzeluhr.

direkte Konkurrenz gegen die altbewährten und vor allem für öffentliche Anlagen vorteilhaften Zentral-Uhrenanlagen mit eigenen Leitungen, sondern die ganze vielfältige Erfinder- und Konstrukteurtätigkeit geht dahin, der elektrischen Uhr den Privathaushalt zu erobern. Für den Eingeweihten zeigt sich diese Aufgabe viel schwieriger, als sie im ersten Augenschein sich darstellt. Neuerdings bemüht sich bekanntlich auch eine große Elektrizitätsgesellschaft um die Einführung vom Wechselstromnetz direkt betriebener Synchronmotoruhren, über deren Arbeitsweise und Sicherheit Voigt[1] hier früher kritisch berichtet hat. Es erscheint zweifelhaft, ob bereits eine genügende Sicherheit gegen Stromstörungen gewährleistet werden kann, so daß man vielleicht die Einführung jetzt als ein wenig verfrüht betrachten muß.

Bekanntlich zerfallen die elektrischen Uhren in drei Gruppen, erstens Zentraluhrenanlagen, zweitens Uhren mit elektrischem Selbstaufzug und drittens Uhren mit elektrischem Betrieb des Pendels.

1. Junghans-Electronom-System.

Eine Vereinigung der beiden erstgenannten Gruppen stellt ein sehr originelles und interessantes System der Firma Junghans AG. dar, das unter dem Namen Electronom-System vor kurzem auf den Markt gekommen ist. Eine ausführliche Beschreibung hat der Verfasser anderweitig gegeben[2]. Das System weist zweifellos große Vorzüge in Richtung auf die Einführung in Privathaushalten auf, dürfte aber sowohl in den Nebenuhren als auch in der elektrotechnischen Ausrüstung noch gründliche Durchkonstruktion erfordern, um die für elektrische Uhren besonders hohen Ansprüche zu erfüllen. Das Charakteristische dieses Systems besteht gewissermaßen in einem Zurückgreifen auf ein bereits im allgemeinen aufgegebenes Prinzip der Zeitverteilung, nämlich die pneumatische, wobei aber eine sehr geistreiche elektrothermisch-pneumatische Kombination gefunden ist. Interessant ist dabei vor allem die Verwendung absolut einheitlicher mechanischer und elektrischer Organe, sowohl für die Uhren einer Zeitverteilungsanlage als auch für selbständige Einzeluhren mit Selbstaufzug.

Ihrer Bestimmung für die Privatwohnung an sich genügend, sind die Zentraluhrenanlagen auf den Anschluß von höchstens 6 oder 12 Uhren eingestellt. Das Grundsätzliche des Systems liegt darin, daß ein vom Uhrwerk betätigter Minutenkontakt allminutlich eine direkt an das Starkstromnetz angeschlossene luftgefüllte Metalldrahtlampe erwärmt, genannt „Kompressorlampe", die in einer üblichen Lampenfassung sich befindet (Abb. 1). Gleichzeitig erwärmt sich auch die Luft in der Lampe und infolgedessen tritt eine Erhöhung des Luftdrucks ein, die sich über einen Gummischlauch den Steuerungsorganen der Zeigerwerke usw. mitteilt. Diese Steuerungsorgane bestehen in einer kleinen Luftpumpe, in der sich ein Kolben unter dem Luftdruck aufwärts bewegt und entweder durch Federdruck oder Eigengewicht wieder zurückgeholt wird. Um eine sichere Arbeitsweise zu gewährleisten, erscheint eine kräftige Rückholung durch eine Feder oder ein anderes Organ unbedingt notwendig, wie es auch bei einigen Uhrentypen dieses Systems vorteilhaft durchgeführt ist. Die Hauptuhren haben ebenfalls selbst eine solche Steuerungspumpe, die durch Betätigung des Federhauses die Uhrfeder ständig nachspannt, so daß also durch die Gleichmäßigkeit der Feder-

[1] H. Voigt, ETZ 1926, S. 996.
[2] J. Baltzer, Dt. Uhrmacher-Zg. Bd. 53, S. 211.

Digitized by Google

kraft vorteilhafte Antriebsverhältnisse wie bei den übrigen Selbstaufzug-Uhren erreicht werden. Ferner besteht die Möglichkeit, von einer an die Lampe angeschlossenen Kondensdose mit einer Abzweigung direkt Nebenuhren pneumatisch zu betreiben, u. zw. bis zu 6 auf höchstens 60 m Entfernung. Weitere 6 Nebenuhren können über Leitungen elektrisch betätigt werden mit Hilfe des Minutenkontaktes, wobei dann in die Nebenuhren außer dem Steuerungsorgan auch eine kleine Kompressorlampe eingebaut ist. Mit den pneumatischen Nebenuhren wird man sich wohl im allgemeinen nicht recht anfreunden können.

Der Wirkungsgrad des Systems ist selbstverständlich infolge der mehrfachen Energieumsetzung gering. Trotzdem ist absolut gemessen der Gesamtstromverbrauch natürlich bei nicht zu großen Anlagen ohne praktische Bedeutung. Der Kraftüberschuß ist jedoch nicht sehr groß und es erscheint notwendig, für die an Außenuhren gestellten Anforderungen der Betriebsicherheit größere Lampen und Steuerungsorgane zu verwenden, so daß hier also die Frage des Energieverbrauches wohl näher zu prüfen wäre.

2. Kienzle-Selbstaufzug-Uhr mit Schlagwerk.

Bei dieser Uhr handelt es sich um eine einheitliche Werktype einer Schwachstromuhr, die von einem 3 V-Motor viertelstündlich aufgezogen wird, der zugleich das Schlagwerk betätigt. Das Werk kann in die verschiedensten Gehäuse eingebaut werden. Die Uhr kann entweder von

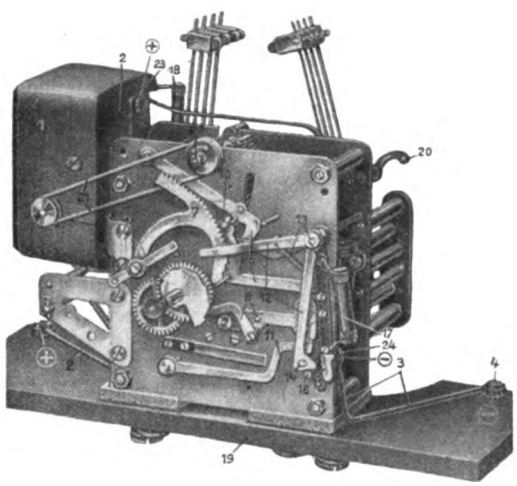


Abb. 2. Werk der Kienzle-Electric-Uhr.

einem eingebauten Trockenelement oder einer außerhalb der Uhr befindlichen Schwachstromquelle oder direkt vom Wechselstromnetz unter Zwischenschaltung eines Transformators und eines Trockengleichrichters gespeist werden. Bei Aussetzung der Stromzuführung, was im wesentlichen natürlich nur für den direkten Anschluß in Frage kommt, setzt auch der Schlag aus und ist evtl. so ein Signal für die Stromstörung. Die Uhr wird entweder mit Westminsterschlag oder mit Bim-Bam-Schlag ausgerüstet. Der kleine Motor macht im allgemeinen einen guten Eindruck und ist mit Doppelkommutatorbahnen versehen, deren Segmente gegeneinander versetzt sind, so daß der Motor in jeder Stellung anläuft. Um das Funken herabzusetzen, sind beim Überbrücken zweier aufeinanderfolgender Segmente Funkenlöschröhren vorgeschaltet. Der Kontakt wird ebenfalls von der Schlagwerksauslösung betätigt und ist in einen als kräftiger Reibungskontakt wirkenden Schließungskontakt und einen Unterbrechungskontakt unterteilt, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß beim Ausschalten dem Motor ein Widerstand vorgeschaltet wird, so daß der Motor langsamer ausläuft und die Funkengefahr herabgemindert ist. Wenn die Schläge auch nicht ganz das Geräusch des laufenden Motors verdecken, so ist bei genügender Schallisolierung die gefundene Lösung doch als geschickt zu bezeichnen. Die ganze Anordnung ist selbstverständlich sehr klangempfindlich und auch eine Schallisolierung des an das Gehäuse angebauten Gleichrichters erscheint wegen der Vermeidung des Summens des Transformators angebracht. Wie aus der Abb. 2 zu ersehen ist, treibt der Motor über eine elastische Kette und ein Rohhautrad das Aufzugs- und Schlagwerk an. Die Gangreserve beträgt 15 h, was günstige Federverhältnisse schafft; bei direktem Anschluß in solchen Starkstromnetzen, die häufigen und längeren Stromunterbrechungen unterworfen sind, erscheint die Reserve dagegen als etwas gering. Die Kadratur dient neben der Schlagwerksauslösung auch zur Betätigung der Kontaktvorrichtung. In der Abb. 2 sind *12, 14* die zuerst schließende Kontaktanordnung und *13, 15* die nach Beendigung des Schlages unterbrechende Vorrichtung. Der als Fallhebel ausgebildete Auslösehebel *8* der Kadratur erteilt beim Abfall von dem vom Werk angetriebenen Auslösestern einem Sperrhebel *11* eine kurze, kräftige Bewegung, wodurch der Kontaktschließungshebel ausgelöst wird und unter Federdruck und Reibwirkung den Kontakt schließt. Wie aus Abb. 2 ersichtlich ist, handelt es sich um ein Rechenschlagwerk, wobei der Rechen sowohl zur Steuerung der Viertel- als auch der Stundenschläge dient. Die Betätigung der Schlaghämmer erfolgt durch den umlaufenden Motor.

Der Stromverbrauch des Motors beträgt 60 mA bei 3 V. Im allgemeinen sind Elektromotoren in Uhren nicht nur wegen des Geräusches sondern auch wegen der hohen Beanspruchung, insbesondere der Kommutatoren, und wegen der mangelnden Pflege immer ein sehr gefährdeter Teil. Die vorliegende Uhr stellt eine Weiterentwicklung einer früheren Konstruktion des Ing. Schneider in Fulda dar, über die manch gute Urteile schon vor langer Zeit aus der Praxis vorliegen. Da wesentliche Vereinfachungen und Verbesserungen getroffen sind, wird man der Bewährung der Uhr in der Praxis mit Interesse entgegensehen.

3. Ato-Uhr mit Schlagwerk.

Die dritte, vor allem in Frankreich gebräuchliche Art der elektrischen Uhren besteht darin, von einem Element mit Hilfe einer Spule und eines am Pendel befindlichen Elektromagneten das Pendel durch sekundliche Stromstöße in ständigen Schwingungen mit konstanter Antriebskraft zu erhalten, wobei das Uhrwerk direkt vom Pendel betätigt wird. Solange die Elemente frisch sind und die Spannung verhältnismäßig konstant, können diese Uhren außerordentlich genaue Gangresultate erzielen, wenn auch die Beschaffenheit des Elementes, die bekanntlich mancherlei Einflüssen unterworfen ist, ausschlaggebend für die Ganggenauigkeit ist. Eines der Haupthindernisse dieser elektrischen Uhren war bei vielen Typen das fehlende oder nur mit teueren Konstruktionen zu erzielende Schlagwerk. Neuerdings hat die Firma Léon Hatot in Paris eine neue Uhrentype mit Schlagwerk herausgebracht, die von G. Malgorn beschrieben wird[3]. Die Abb. 3 und 4 zeigen schematisch die Ausführungen.

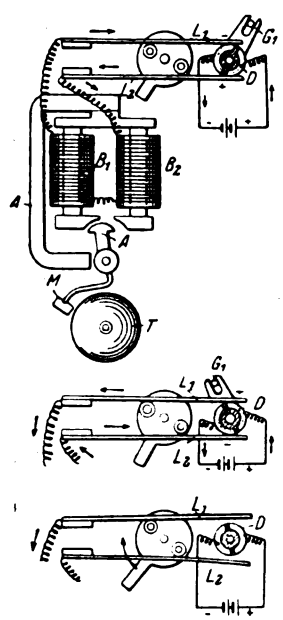


Abb. 3. Kontakteinrichtung der Ato-Uhr mit Schlagwerk.

ein Muster war leider zur Prüfung in Deutschland nicht erhältlich; die deutsche Lizenzfirma ist anscheinend noch mit der Umkonstruktion und vor allem auch der Anpassung im Gehäusebau an den deutschen Geschmack beschäftigt. Wie Abb. 3 zeigt, ist mit dem Pendel ein Anschlag G_1 verbunden, der bei den Pendelschwingungen regelmäßig eine Gabel von der einen Seite auf die andere legt. Dabei werden jeweils die Kontaktfedern L_1 und L_2 abwechselnd an die eine und die andere Seite eines durch Isolierung getrennten Schleifringes gelegt, so daß also wechselweise der Pluspol und der Minuspol des die Uhr speisenden Elementes an die Kontaktfahnen angeschlossen sind. Die Spulen des Schlagwerkmagneten arbeiten also ähnlich den polarisierten Nebenuhren mit Stromwechselbetrieb, wodurch gegenüber dem einfachen Gleichstrombetrieb bekanntlich eine höhere Betriebsicherheit erreicht wird. Je nach der Stromrichtung wird der Schlaghammer angezogen oder abgestoßen und so ein Schlag auf eine Weckerglocke oder auf einen Gong ausgeführt.

Während die Bewegung der Kontaktscheibe ständig erfolgt, sind die Kontaktbahnen L_1 und L_2 nur zur Zeit der Schlagwerkauslösung durch das Uhrwerk angelegt, während sie in normalem Zustand die ganz unten in der Abb. 3 gezeigte Stellung einnehmen. Abb. 4 zeigt die

[3] G. Malgorn, Génie civil Bd. 93, S. 431.

Digitized by Google

praktische Ausführung des Schlagwerks. Rechts am Pendel befindet sich die Sekunden-Kontaktvorrichtung, links der zur Betätigung der Gabel dienende Anschlagstift. Auf der sich in 1 h umdrehenden Scheibe O_2 befinden sich für die volle Stundenauslösung und für die Halbstunden-

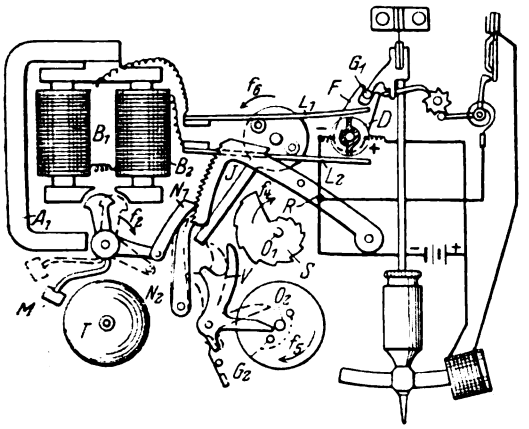


Abb. 4. Werk der Ato-Uhr mit Schlagwerk.

Auslösung je ein Stift G_2, welche die Auslöseklinke V durch Anheben betätigen und dann wieder fallen lassen. Die Kurvenscheibe O_1 dreht sich einmal in 12 h. Der Rechen R dient zur Unterbrechung des Stromschlusses nach jedem Stundenschlag. Auf seine Zahnung wirken der Sperrhebel N_2 und die Stoßklinke N_1; letztere ist mit dem Schlagwerkhammer verbunden. In der gezeichneten Stellung des vollgehobenen Rechens sind die Kontaktbahnen L_1 und L_2 durch die mit dem Rechen verbundene Spreizscheibe gesperrt. Bei Anheben der Klinken N_2 und N_1 durch die Steuerungsorgane werden beim Herabfallen des Rechens die Schleiffedern L_1 und L_2 freigegeben und durch die elektromagnetische Schlagwerkseinrichtung werden die entsprechenden Stundenschläge gegeben, wobei der Rechen durch die Klinke Zahn für Zahn wieder ansteigt. Wie gesagt, dient für die Auslösung der Halbstundenschläge eine zweite Klinke G_2 auf der Stundenscheibe O_2, aber durch eine nicht eingezeichnete Vorrichtung einer zweiten Stiftscheibe wird der Abfall des Rechens derart begrenzt, daß der Hammer jeweils nur einen Schlag ausführt. Ebenfalls ist eine Anordnung vorgesehen, um die Zeiger vor- und rückwärts drehen zu können. Der Stromverbrauch ist natürlich wesentlich höher als bei den Pendeluhren mit Elementbetrieb ohne Schlagwerk. Malgorn gibt ihn auf 1 Ah im Jahr an und glaubt, zwei Jahre Elementdauer gewährleisten zu können. Eine Kontrolle sowie eine eingehende kritische Besprechung erscheinen vorläufig schwierig, solange in Deutschland keine entsprechenden Muster zugänglich sind. Die Beanspruchung der Kontaktfedern erscheint hoch; ferner ist die zur Verfügung stehende Kraft offenbar nicht allzu groß, so daß man sich anscheinend bisher auf recht einfache Ausführungen des Schlagwerks beschränkt hat. Hier wird man erst die konstruktive Weiterentwicklung abwarten müssen. Offenbar ist auch die Beanspruchung des Werkes selbst durch die ständige Betätigung zweier Kontakte eine größere. Begrüßenswert erscheint die einfache Ausführung der ganzen Steuerung.

Die neuzeitlichen elektrischen Automobil-Scheinwerfer.

Von Ing. **B. Duschnitz**, Berlin.

Übersicht. Die im November 1928 in Berlin stattgefundene Internationale Automobil- und Motorrad-Ausstellung gab u. a. ein Bild über den Stand der Automobilbeleuchtung. Den wichtigsten Teil der Beleuchtungsanlage des neuzeitlichen Kraftwagens bilden die Scheinwerfer für die Fahrstraßenbeleuchtung, die hier näher beschrieben werden. Zur Verhütung der Blendgefahr und damit zugleich von Unfällen wurden viele Abblendsysteme geschaffen, von denen noch mehrere miteinander in Wettbewerb stehen.

Nachdem die Glühlampentechnik sich soweit entwickelt hatte, elektrische Glühlampen zu erzeugen, die die Öl- und Azetylenflammen in ihrer Wirkung übertrafen, mußten die mit letzteren betriebenen Laternen den elektrischen Glühlicht-Scheinwerfern Platz machen. Heute werden Automobile nur noch mit elektrischen Scheinwerfern ausgerüstet.

Die zweite der in Berlin stattgefundenen internationalen Automobilausstellungen, die in der Zeit vom 8. bis 18. XI. 1928 in den Ausstellungshallen am Kaiserdamm unter dem Namen „Internationale Automobil- und Motorrad-Ausstellung" abgehalten wurde[1], gab Gelegenheit, den Stand der Fahrzeugbeleuchtung kennenzulernen. Die neuzeitlichen Automobile besitzen eine ganze Reihe elektrischer Glühlampen, deren jede einen besonderen Zweck hat und die im heutigen regen Verkehrsbetrieb nicht mehr entbehrt werden können.

Auf dem Ausstellungstande der Osram-Gesellschaft wurde gezeigt, daß insgesamt etwa 20 Glühlampen für jeden Wagen empfehlenswert sind[2]. In jedem Fall sind die vorn am Wagen zur Wirkung gelangenden Scheinwerfer-Glühlampen unentbehrlich und man unterscheidet hierbei solche mit einem und mit zwei Leuchtsystemen. In Scheinwerfern, mit denen nur ein weitreichendes Fernlicht erzielt werden soll, werden Lampen mit nur einem Leuchtsystem verwendet. Mit diesem für die Sicherheit der Wagenführung bei hohen Geschwindigkeiten notwendigen weitreichenden Licht ist jedoch eine Gefahr für die anderen Wegbenutzer verbunden, da es starke Blendung verursacht und so Verkehrsunfälle zur Folge haben kann. Deshalb haben die Verkehrsbehörden vieler Länder Abblendvorschriften erlassen, die stark voneinander abweichen[3]. Die europäischen Vorschriften sehen zwei Lichtarten, ein Fernlicht und ein abgeblendetes Licht, vor; bezüglich der Stärke der beiden Lichter sind die Forderungen von Staat zu Staat verschieden und in manchen Staaten fehlen überhaupt Angaben über die Stärke der beiden Lichtarten. Dagegen sehen die amerikanischen Vorschriften ein einziges Licht vor, das auf Grund einer genau festgelegten Lichtverteilung gewissermaßen eine Kompromißstellung zwischen den beiden europäischen Forderungen einnimmt; doch strebt man dahin, statt dessen eine besondere Zweifadenlampe einzuführen[3].

In Deutschland sind die Verordnungen des Reichsverkehrsministers über den Verkehr mit Kraftfahrzeugen maßgebend, auf Grund deren führende Scheinwerferfabriken sorgfältige Einstellvorschriften für ihre Erzeugnisse ausgearbeitet haben[4]. Diese Verordnungen bestimmen, daß übermäßig stark wirkende Scheinwerfer überhaupt nicht verwendet werden dürfen, und schreiben vor, daß stark wirkende Scheinwerfer innerhalb beleuchteter Ortsteile, ferner da, wo die Sicherheit des Verkehrs es erfordert, insbesondere beim Begegnen mit anderen Fahrzeugen, abgeblendet werden müssen. Als übermäßig stark wirkende Scheinwerfer gelten: elektrische Scheinwerfer mit Glühlampen von mehr als 20 bis einschließlich 35 W, wenn weder die Glühlampen mattiert noch die Scheiben mattiert oder geriffelt noch ähnliche Dämpfungsmittel angewandt sind; elektrische Scheinwerfer mit Glühlampen von mehr als 35 W. Als stark wirkende Scheinwerfer gelten: elektrische Scheinwerfer mit Glühlampen von mehr als 10 bis einschließlich 20 W, wenn die Lichtkegelmitte die Fahrbahn in einer Entfernung von mehr als 30 m vor dem Fahrzeug trifft, sofern die Lichtstärke nicht auf ein Viertel oder weniger herabgesetzt ist; elektrische Scheinwerfer mit Glühlampen von mehr als 20 bis einschließlich 35 W, wenn die Lichtkegelmitte die Fahrbahn in einer Entfernung von a) mehr als 15 m, aber innerhalb 60 m vor dem Fahrzeug trifft, sofern die Lichtstärke nicht auf ein Viertel oder weniger herabgesetzt ist; b) mehr als 60 m vor dem Fahrzeug trifft, sofern die Lichtstärke nicht auf ein Neuntel oder weniger herabgesetzt ist, in beiden Fällen nur dann, wenn entweder die Glühlampen mattiert oder die Scheiben mattiert oder geriffelt oder ähnliche Dämpfungsmittel angewandt sind.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 86.
[2] Abhandlung Nr. 734 der Osram-Gesellschaft, Berlin, 1928.
[3] F. Born, Helios Bd. 35, S. 500; Licht u. Lampe Bd. 18, S. 99 u. 385; ETZ 1927, S. 978.
[4] Druckschrift D 6145—12 der Robert Bosch AG., Stuttgart 1928.

Digitized by Google

Um diesen Vorschriften zu genügen, wurden verschiedene Scheinwerferanlagen geschaffen, so z. B. mit zwei Scheinwerfern und Dunkelschaltung, mit je zwei Haupt- und Nebenscheinwerfern mit Umschaltung, mit zwei Leuchtsystemen in ein und derselben Glühlampe, mit mechanisch betätigten Abblendvorrichtungen u. a.

Die Firma Robert Bosch AG., Stuttgart, hat noch in ihren im Jahre 1927 erschienenen Druckschriften zwei Abblendsysteme empfohlen[5], u. zw. 1. die Bosch-Abblend-Umschaltung und 2. die Bosch-Lichtabblendung durch Scheinwerfer mit Zweifadenlampe. Bei der Bosch-Abblend-Umschaltung werden vier Scheinwerfer, u. zw. je zwei Fernlicht- und Abblendscheinwerfer verwendet, von denen je ein Paar über- oder nebeneinander, rechts- und linksseitig am Vorderteil des Wagens angeordnet wurde. Die Abblendscheinwerfer besaßen gewöhnliche Riffelscheiben und je eine Haupt- und Hilfslampe für das Abblend- bzw. Standlicht; sie mußten von vornherein am Wagen so geneigt angebracht werden, daß alle austretenden Lichtstrahlen unter Augenhöhe verlaufen und entgegenkommende Wagenführer oder Fußgänger nicht blenden, trotzdem aber die Fahrstraße ausreichend beleuchten. Ein Umschalter ermöglichte die wahlweise Einschaltung der Glühlampen der Fernscheinwerfer oder der Hauptlampen in den Abblendscheinwerfern. Dieses Vier-Scheinwerfer-System ist sehr verbreitet und wird von manchen Firmen, z. B. von der Westfälischen Metall-Industrie AG., Lippstadt, nach wie vor für Wagen von 8 PS an empfohlen. Dagegen wurde dasselbe von der Firma Bosch im Jahre 1928 gänzlich verlassen; diese Firma erzeugt nur noch Scheinwerfer nach dem Prinzip der oben genannten „Bosch-Lichtabblendung durch Scheinwerfer mit Zweifadenlampe". Als Zweifadenlampe dient hierbei die von der Osram-Gesellschaft seit 1926 auf den Markt gebrachte Bilux-Lampe[6].

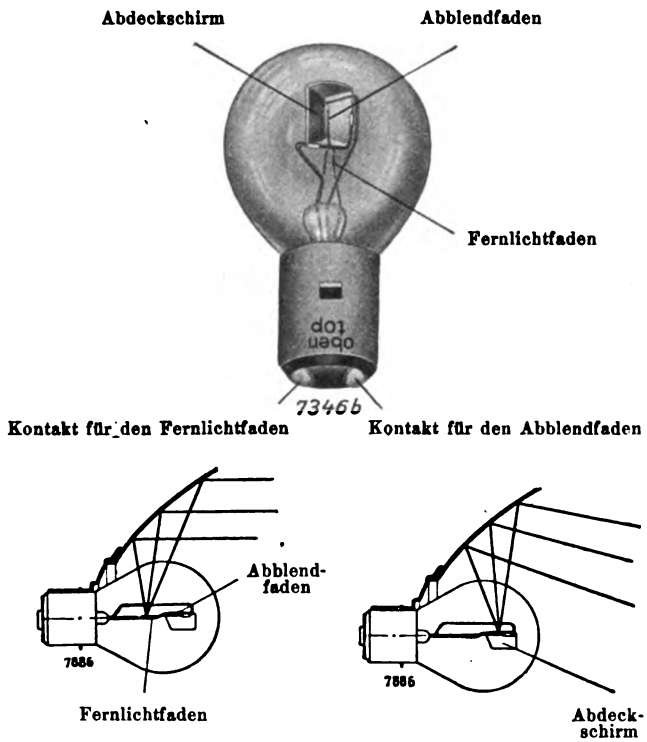


Abb. 1. Bilux-Lampe und ihre Wirkungsweise. Oben: Bilux-Lampe. Unten links: Fernlichtfaden eingeschaltet. Unten rechts: Abblendfaden eingeschaltet.

Die Osram-Bilux-Lampe[7] zeigt Abb. 1. Der V-förmige, gewendelte Fernlichtfaden und der geradlinige, ebenfalls gewendelte Abblendfaden sind mit drei Elektroden derart verbunden, daß sie abwechselnd zum Leuchten gebracht werden können. Zu diesem Zwecke führen zwei Elektroden zu den schlitzförmigen Fußkontakten, während die dritte Elektrode an den Mantelkontakt des Lampensockels angeschlossen ist. Die linke Elektrode trägt an ihrem in das Lampeninnere hineinragenden freien Ende den Abdeckschirm, welcher dem Abblendfaden zugleich als Elektrode (Stromzuführung) dient[8].

[5] Druckschrift D 6145—10, 1927.
[6] F. Born, Helios Bd. 33, S. 501.
[7] Vgl. a. ETZ 1927, S. 294.
[8] Die scheinbare Berührung der beiden Fäden laut Abb. 2 besteht in Wirklichkeit nicht.

Der Fernlichtfaden ist in der Bilux-Lampe so angeordnet, daß er sich nach dem Einsetzen der Lampe in den Scheinwerfer im Brennpunkt des Parabolspiegels befindet und zufolge der dann parallel aus dem Spiegel austretenden Strahlung das Fernlicht erzeugt. Der Abblendfaden ist etwas schwächer bemessen und steht schräg oben vor dem Brennpunkt; durch den Abdeckschirm ist das Licht dieses Fadens sowohl gegen die untere Hälfte des Scheinwerfers als auch gegen direkte Sicht abgedeckt. Abb. 1 zeigt unten die Wirkungsweise. Im linken Bild ist der Fernlichtfaden eingeschaltet, so daß die den Scheinwerfer allseits treffenden Strahlen parallel aus demselben austreten (Fernlicht). Im rechten Bild ist der Abblendfaden eingeschaltet, so daß der Abdeckschirm die Strahlung gegen die untere Scheinwerferhälfte verhindert und die gegen die obere Scheinwerferhälfte gerichtete Strahlung zufolge der oben gekennzeichneten Lage des Abblendfadens schräg abwärts aus dem Scheinwerfer geworfen wird (Abblendlicht).

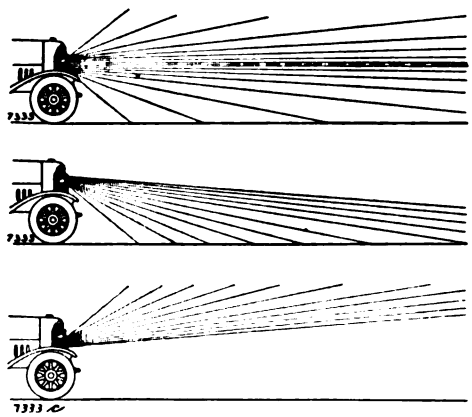


Abb. 2. Arbeitsweise des Bosch-Scheinwerfers mit Bilux-Lampe. Oben: Fernlichtfaden eingeschaltet. Mitte: Abblendfaden eingeschaltet, Strahlengang bei richtig eingesetzter Bilux-Lampe. Unten: Abblendfaden eingeschaltet, Strahlengang bei falsch eingesetzter Bilux-Lampe.

Bei dieser Wirkungsweise ist vorausgesetzt, daß die Bilux-Lampe richtig in den Scheinwerfer eingesetzt wird, u. zw. mit der Sockelaufschrift „oben top" laut Abb. 1 nach oben gerichtet, so daß der Abdeckschirm unterhalb der Scheinwerferachse liegt. Dann ist die Wirkungsweise so, wie sie in Abb. 2 oben für das Fernlicht und in der Mitte für das Abblendlicht dargestellt ist. Wird dagegen die Bilux-Lampe verkehrt eingesetzt, so verläuft das Licht des Abblendfadens gemäß Abb. 2 unten schräg nach oben (Blendlicht), blendet entgegenkommende Fahrer und Fußgänger und kann dadurch leicht Unglücksfälle hervorrufen. Um diesem Übelstand zu begegnen und um die richtige Lampenwirkung zu erzwingen, werden die Lappen des Auto-Normalsockels der Osram-Bilux-Lampe jetzt verschieden breit gemacht. Dementsprechend sind die neuesten Scheinwerfer mit ungleich breiten Führungschlitzen versehen, während bei älteren Scheinwerfern eine Umänderung vorzunehmen, jedenfalls aber auf das richtige Einsetzen der Bilux-Lampen zu achten ist.

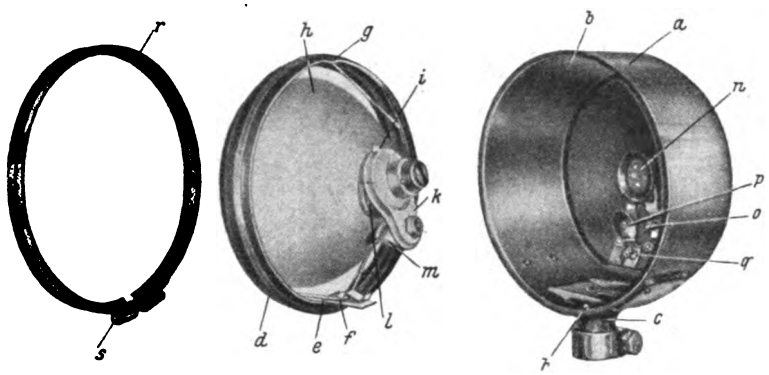
Abb. 3. Bosch-Scheinwerfer mit Streuscheibe.

Die Firma Robert Bosch AG. in Stuttgart erzeugt ihre Scheinwerfer mit Bilux-Lampe in zwei äußerlich voneinander abweichenden Formen, u. zw. paraboloidförmig (Type L) und trommelförmig (Type T). Einen Bosch-Scheinwerfer der Type L zeigt Abb. 3. Sämtliche Bosch-Scheinwerfer mit Bilux-Lampe kennzeichnen sich äußerlich durch die aus Abb. 3 ersichtliche, mit eigenartigen Riffeln versehene Abschlußscheibe. Diese Streuscheibe zieht das Strahlenbündel des Fernlichts und des Abblendlichts der Bilux-Lampe, die in den Bosch-Scheinwerfern ausschließlich in glasklarer, nicht mattierter Ausführung verwendet werden darf, in die Breite und etwas nach unten, ohne dabei die Fernwirkung wesentlich zu verringern. Die Streuscheibe bewirkt also bei Fern- und Abblendlicht eine gute Beleuchtung der Straßenränder und eine gleichmäßige Lichtverteilung auf die ganze Fahrbahn; die Sicherheit beim Durchfahren von Kurven ist durch die

Digitized by Google

vereinte Wirkung der Bilux-Lampe und der Streuscheibe deshalb erheblich.

Sämtliche Bosch-Scheinwerfer besitzen Metallspiegel mit Hochglanzpolitur. Wegen der leichten Verletzbarkeit der Spiegeloberfläche ist eine Reinigung derselben nicht ratsam; demzufolge muß der Spiegel gegen das Eindringen von Staub und Abgasen sorgfältig geschützt sein, was durch besondere konstruktive Durchbildung der Scheinwerfer angestrebt wird. Zu diesem Zwecke sind Streuscheibenfassung, Streuscheibe und Spiegel durch einen Sprengring zusammengehalten und als Ganzes in das Scheinwerfergehäuse eingesetzt. Abb. 4 zeigt einen



a Gehäuse	*g* Bajonettschlitz	*o* Kabelklemme für Hauptlampe
b Stift für Bajonettverschluß	*h* Spiegel	*p* Anschlußplatte für Hilfslampe
c Scheinwerferfuß	*i* Nase f. Fassungsteller	*q* Kabelklemme für Hilfslampe
d Scheibenfassung	*k* Fassungsteller	*r* Spannring
e Nase in der Scheibenfassung	*l* Hauptlampe	*s* Spannschraube
f Öse	*m* Hilfslampe	
	n Anschlußplatte für Hauptlampe	

Abb. 4. Bosch-Trommelscheinwerfer, geöffnet zum Auswechseln einer Glühlampe.

Bosch-Trommelscheinwerfer geöffnet, wie dies zum Auswechseln einer Glühlampe erforderlich ist; auch hierbei bleibt der vorgenannte Zusammenhalt gewahrt und wird lediglich beim Auswechseln der Streuscheibe aufgehoben; zwischen Streuscheibe und Spiegel liegt eine Gummiringdichtung, die das Eindringen von Staub und Spritzwasser zum Spiegel verhindert. Der Lampenwechsel erfolgt rückseitig.

Sämtliche „Bosch-Scheinwerfer mit Bilux-Lampe" haben außer der in der Spiegelmitte sitzenden Bilux-Lampe eine Hilfslampe mit geringerem Wattverbrauch (Standlampe), die unterhalb der Bilux-Lampe im Scheinwerfer sitzt, so daß durch sie das Abblendlicht der Bilux-Lampe nicht beeinträchtigt werden kann. Um ein Beispiel zu nennen, sei erwähnt, daß in dem größten Bosch-Scheinwerfer von 200 mm Spiegeldurchmesser eine Bilux-Lampe für 35/20 W oder 25/20 W und eine Hilfslampe für 5 W verwendet werden[9]. Bei dem Scheinwerfer von 110 mm Spiegeldurchmesser empfiehlt dagegen die Firma Bosch die Verwendung einer Bilux-Lampe für 20/15 W und einer Hilfslampe für 5 W. Die Bosch-Scheinwerfer werden mit 110, 150, 170 oder 200 mm Spiegeldurchmesser hergestellt; wegen weiterer Einzelheiten sei auf Abb. 4 verwiesen[10]; alle Typen haben die gleiche Bauart.

Ganz eigenartige Trommelscheinwerfer zeigte auf der Ausstellung die Firma Herm. Riemann, Chemnitz-Gablenz. Ein Vorzug dieser Konstruktion besteht darin, daß kein Glasring vorhanden und der Scheinwerfer vorn ganz abgeschlossen ist. Nur der hintere, gut abgedichtete und unter Federdruck stehende Verschlußdeckel kann, u. zw. durch Lösen einer einzigen Schraube, abgenommen werden. Das durch Gummieinlage abgedichtete Glas, der versilberte Messingreflektor mit je einer Auto-Normalfassung für Bilux- und Standlicht und den daran befindlichen Kontaktklemmen werden also von rückwärts eingesetzt und durch Sprengring befestigt. Dadurch werden bequemster Kabelanschluß und leichtes Fokusieren der Glühlampe erzielt; auch wird erreicht, daß eine Glühlampe beim Auswechseln der Lampen oder Lösung der Kabel immer im Reflektor verbleiben kann, so daß vorn am Wagen immer zwei leuchtende Scheinwerfer für das vorgeschriebene Standlicht zu sehen sind. Außerdem erzeugt die Firma Riemann auch Parabol-Scheinwerfer, die in neuester Zeit wieder stark bevorzugt werden; hierbei muß man jedoch auf die obigen Vorteile verzichten, denn das Öffnen des Scheinwerfers kann zufolge der parabolischen Form nur von vorn geschehen. Die Riemann-Scheinwerfer werden in Trommelform mit 180 oder 220 mm Glasdurchmesser, in Parabolform mit 180, 200 und 240 mm Glasdurchmesser für Bilux- und Standlicht erzeugt; die parabolische Form mit 120 mm Glasdurchmesser wird auch für Einfadenlampen hergestellt. Außerdem liefert die Firma Riemann eine größere Anzahl Scheinwerfer von nur 90 mm Dmr., die, als Seitenscheinwerfer (Bullaugen) verwendet, die seitliche Begrenzung des Fahrzeuges anzeigen; sie werden normal mit Röhrenformlampen für 5 W ausgerüstet.

Ebenfalls eine größere Auswahl von Automobilscheinwerfern war auf dem Ausstellungsstande der Westfälischen Metall-Industrie AG., Lippstadt, zu sehen. Diese unter dem Namen „Hella" bekannten Erzeugnisse haben Trommel- oder Parabolform. Die Hella-Trommelscheinwerfer werden mit 150 und 200 mm Lichtaustritt für Bilux-Licht hergestellt. Die für Bilux-Licht bestimmten Hella-Parabolscheinwerfer werden dagegen mit 120, 140, 170 und 200 mm Lichtaustritt erzeugt; die beiden ersten Typen erhalten eine glatte, die beiden letzten Typen ebenso wie die Trommelscheinwerfer eine Lichtstreu-Abschlußscheibe. Außer den Scheinwerfern für Bilux-Lampen erzeugt die Westfälische Metallindustrie AG. auch noch eine Vier-Scheinwerfer-Garnitur für Einfadenlampen, die für Wagen von 8 PS an empfohlen wird. Die oberen Hauptscheinwerfer mit 240 mm Glasdurchmesser geben ein Fernlicht mit breiter Seitenstreuung, wozu die Schliffgläser beitragen. Die unteren kleineren Scheinwerfer mit 140 mm Glasdurchmesser sind, um die Blendwirkung zu mindern, in leicht nach vorn geneigter Stellung, 2 ... 5 ° zur Vertikalen, angebracht, mit Riffelgläsern versehen und besitzen eine Hauptlampe für Stadtlicht (als Ersatz für das Bilux-Abblendlicht) und eine Hilfslampe für Standlicht. Außerdem erzeugt dieselbe Firma zahlreiche kleinere Scheinwerfertypen für Einfadenlampen. Sämtliche Riemann- und Hella-Scheinwerfer besitzen Metallspiegel.

Die Firma Carl Zeiß, Jena, zeigte auf ihrem Ausstellungsstand eine Reihe von Scheinwerfern, die sich in zwei Hauptgruppen einteilen lassen: 1. mit Gelblichtabblendung, 2. mit Doppelfadenabblendung. Bei der Gelblichtabblendung erfolgt die Abblendung durch mechanisches Einschieben eines kelchförmigen Gelbglasfilters zwischen Lampe und Scheinwerferspiegel, u. zw. mit Hilfe von Hebelzügen, die gleichzeitig die Abblendung in beiden Scheinwerfern des Wagens ermöglichen. Durch dieses Vorschieben eines rötlichgelben Glasfilters über die Glühlampe wird das blendend weiße Scheinwerferlicht in ein dem Auge angenehmes gelbliches Licht verwandelt, welches jede Blendwirkung ausschließt. Besonders vorteilhaft erweist sich dieses Gelblicht bei Regen und Nebelwetter, da die rötlichgelben Lichtstrahlen Dunst und Nebel besser durchdringen als weißes Licht. Aus den von der Firma Zeiß vorgelegten Versuchsberichten geht ferner hervor, daß dem Gelblicht des Zeiß-Scheinwerfers auch beim nächtlichen Befahren staubreicher Straßen der Vorzug zu geben ist[11]. Einen Zeiß-Scheinwerfer mit Gelblichtabblendung, Type Zesap 250 für Gabelbefestigung, zeigt Abb. 5, links; die Type Zesaps 160 ... 200 für Stutzenbefestigung veranschaulicht Abb. 5, rechts. Hinter der eigenartigen Zeiß-Streuscheibe sind die Umrisse des kelchförmigen Gelbglasfilters gut sichtbar. Der hintere Rohransatz deutet ebenfalls auf die Gelblichtabblendung mittels Hebelzuges, der an sich in Abb. 5 nicht ersichtlich ist. Bei diesem System wird also das Fern- und Abblendlicht von einer einzigen Einfadenlampe geliefert; wird die rötlichgelbe Kalotte mittels des Hebelzuges vom Führerstand aus nach vorwärts geschoben, so daß sie die Glühlampe rückseitig zur Hälfte überdeckt, wie dies Abb. 5 zeigt, so erhält man Abblendlicht; wird die Kalotte (Filter) nach rückwärts in den Scheinwerfer zurückgezogen, so daß sie aus dem Spiegel verschwindet und die Glühlampe ganz freigibt, so erhält man Fernlicht. Auch Zwischenstellungen sind möglich.

Bei der Doppelfadenabblendung fallen die Hebelzüge sowie die Gelblichtkalotte fort und eine Osram-Bilux-Lampe besonderer Ausführung, u. zw. mit Ringverspiegelung gelangt zur Verwendung, die mittels eines Umschalters in bereits beschriebener Weise auf Fern- oder Abblendlicht geschaltet wird.

Sämtliche Typen mit Gelblichtabblendung haben eingebaute Positionslampen, ebenso die Typen Zesdops. Die

[9] Die Typenbezeichnung 35/20 W, 25/20 W usw. besagt, daß das Fernlicht 35 bzw. 25, das Abblendlicht 20 W benötigt.

[10] Die Abb. 1 ... 3 wurden der Druckschrift D 9312—3, 1928, der Firma Bosch entnommen.

[11] Druckschrift Auto 106 der Firma Carl Zeiß, Jena 1928.

Digitized by Google

Positionslampe dient, wie bei allen Fabrikaten der übrigen Firmen, lediglich zur Standortkennzeichnung beim Halten des Wagens auf Grund behördlicher Vorschriften, benötigt wesentlich weniger Energie als die eigentliche Scheinwerferlampe und wird daher beim längeren Halten an deren Stelle eingeschaltet (Standlampe).

Das optische System aller Zeiß-Scheinwerfer besteht aus einem Haupt- und einem Hilfsreflektor. Als Hauptreflektor dient ein tiefer Parabolspiegel aus geschliffenem Kristallglas mit möglichst großem Durchmesser, um für jeden Typ die maximale Lichtstärke zu erzielen. Als Hilfsreflektor dient die auf der vorderen Kugelhälfte der Glühlampe angebrachte Ringverspiegelung. Dieser ringförmige Silberniederschlag ist so bemessen, daß alle nicht unmittelbar auf den Hauptspiegel fallenden Lichtstrahlen auf diesen zurückgeworfen werden, wodurch die Intensität des Scheinwerferlichtes erhöht wird. Bei den Scheinwerfern mit Gelblichtabblendung gelangen ringverspiegelte Einfadenlampen, bei denjenigen mit Doppelfadenabblendung ringverspiegelte Osram-Bilux-Lampen zur Verwendung.

Die Firma Zeiß ist die einzige Automobilscheinwerfer-Fabrik, die in ihre Erzeugnisse Kristallglasspiegel einbaut. Diese Spiegel sind zwar wesentlich teurer als Metallspiegel, ihre Reflexionsfähigkeit ist aber dafür bedeutend größer und läßt mit der Zeit nicht nach, so daß sie sich überall dort, wo auf ein weitreichendes Fernlicht auf die Dauer Wert gelegt wird, am besten eignen; das ist der Fall bei Fernfahrten. Die rückseitige, durch mehrere Kupfer- und Lackschichten geschützte Verspiegelung der Zeiß-Spiegel besteht aus einem Silberniederschlag und ist so unempfindlich gegen Feuchtigkeit, Verbrennungsgase usw. gemacht. Während Metallspiegel nicht gereinigt werden dürfen, so daß äußerste Sorgfalt bei der Herstellung des Scheinwerferabschlusses anzuwenden ist, können die Kristallglasspiegel jederzeit unbesorgt mit feuchtem Leder oder Leinen gereinigt werden, da ja die Verspiegelung nicht verletzt werden kann und somit unerwünschte Streuung verursachende Kratzer oder Risse nicht zu befürchten sind; deshalb ist es der Firma Zeiß auch möglich geworden, ihre Scheinwerfer mit Scharniertüren zu versehen (Abb. 5), die zwar auch gut abgedichtet sein müssen, aber eine vorderseitige Bedienung zulassen.

Die Abschlußgläser der Zeiß-Scheinwerfer stehen unter Spannringverschluß und besitzen einen besonderen Rillenschliff (Abb. 5), welcher für das helle, breitstrahlende Licht vor und neben dem Wagen sorgt; durch diesen Schliff wird eine Streuung bis fast 180° unmittelbar vor dem Wagen erzielt.

Die Firma Thaddäus Maier, Berlin, führte auf der Ausstellung ihre „Lucas-Patent-Kippscheinwerfer" vor, die eine Konstruktion des englischen Automobilzubehörwerks Lucas darstellen. Der Lucas-Scheinwerfer enthält einen kippbaren Reflektor. Das Kippen wird bewirkt durch Betätigung einer kleinen Luftpumpe, die vor dem Führersitz im Wagen angebracht ist. Die Pumpe ist durch eine Kupferluftleitung mit einem kleinen Luftzylinder im Scheinwerfer verbunden, dessen Kolben mit der Rückseite des kippbaren Spiegels gekuppelt ist. Der Spiegel wird sowohl in der Ruhestellung als auch in der Kippstellung unabhängig von der Aufrechterhaltung des Luftdruckes bzw. des Vakuums in der Pumpe durch eine besondere Feder festgehalten, wodurch sich lediglich zwei Stellungen ergeben: Kipp- oder Ruhestellung. Durch Betätigung der Luftpumpe wird der Reflektor gekippt und dadurch der Lichtkegel schräg abwärts geneigt. Das auf diese Weise

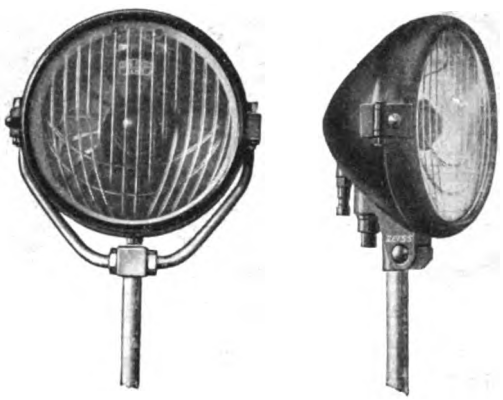


Abb. 5. Zeiß-Scheinwerfer mit Gelblichtabblendung und Zeiß-Streuscheibe, links für Gabelbefestigung, rechts für Stutzenbefestigung.

erzeugte Abblendlicht beleuchtet die Straße auf eine Strecke von 40 ... 60 m. Da jedoch der Spiegel so gelagert ist, daß seine Öffnung beim Kippen der rechten Straßenseite zugewandt ist, wird der Lichtkegel schräg abwärts gegen die rechte Straßenseite gelenkt, wodurch jede Blendgefahr für entgegenkommende Fahrer oder Fußgänger ausgeschaltet und der gefahrenbergende Straßenrand intensiv beleuchtet wird. Durch abermalige Betätigung der Luftpumpe gelangt der Spiegel in die Ruhestellung, wobei seine Achse in der Horizontalebene liegt, so daß er Fernlicht entsendet. Demzufolge liefert der Lucas-Kippscheinwerfer mit einer Einfadenlampe Abblend- und Fernlicht gleicher Stärke. Besondere Streuscheiben sorgen für die nötige Seitenstreuung und gleichmäßige Beleuchtung der Fahrbahn. Der Lucas-Kippscheinwerfer wird in den Größen von 195, 225 und 255 mm Dmr. mit oder ohne eingebautes Standlicht erzeugt.

Die Stromversorgungsanlage und die elektrischen Einrichtungen des Reichspostzentralamts.

(Mitteilung aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt.)

Von Dipl.-Ing. **H. Stübler**, Postdirektor im Reichspostzentralamt, Berlin.

(Schluß von S. 17.)

Die Unterverteiler im Hauptgebäude sind gleichartig und ähnlich wie die beiden Hauptverteiler der Hauptschalttafel aufgebaut. Sie bestehen aus sechs Kreuzschienenfeldern, zwei Buchsen- und zwei Meßfeldern (Abb. 7). Die von den senkrechten Schienen der Kreuzschienenfelder abgehenden Leitungen sind über Streifensicherungen und einpolige Hebelschalter als Panzerkabel und die von den Buchsenfeldern abgehenden Leitungen mit schwächerem Querschnitt über Stöpselsicherungen als messingummantelte, leicht verdrallte, zweiadrige Rohrdrähte mit 6 mm² Querschnitt auf leichten Gerüsten bis zu den Abnahmestellen verlegt. Am Schienenverteiler liegen primär 11 Doppeladern für wählbare Spannungen und fünf Doppeladern mit festen Spannungen beschaltet, von denen zwei Spannungen normal fest an den Abnahmetafeln angelegt sind, während sekundär 120 Adern als Wahlleitungen nach 24 Abnahmetafeln geschaltet werden können. Am Buchsenverteiler endigen dagegen 20 Doppeladern für wählbare Spannungen und noch einige mit festen Spannungen beschaltete Leitungen, während 72 Doppeladern abgehen. Demnach ist das Verhältnis der ankommenden zu den abgehenden wählbaren Leitungen bei voller Beschaltung der Unterverteiler, d. h. wenn 24 Abnahmetafeln an jedem Unterverteiler angeschlossen sind, für die Schienenverteiler 4,3 : 1 und für die Buchsenverteiler ungefähr 3,6 : 1. Das größere Verhältnis bei den schwächeren Querschnitten wurde deshalb gewählt, weil diese Leitungen weit mehr und in verschiedenartiger Weise, z. B. als Erreger- und Steuerleitungen abgehend, mitbenutzt werden. Die Spannungen werden nur ankommend an den beiden Meßfeldern jedes Unterverteilers gemessen. In ähnlicher Weise sind die beiden Unterverteiler in den Nebengebäuden, im Maschinenprüffeld und in der Prüf- und Abnahmestelle ausgeführt.

Die Abnahmestellen erhielten mit Rücksicht auf die Austauschmöglichkeit der Laboratorien durchweg einheitliche Abnahmetafeln (Abb. 8 und 9). Diese wurden je mit zwei Spannungen fest beschaltet und außerdem enden darauf je fünf starke und sechs schwächere abschaltbare Wahlleitungen. Jede Abnahmetafel ist noch durch je eine doppelpolige, starkdrähtige Querverbindung als Aushilfsleitungen mit der nächstliegenden Abnahmetafel desselben Geschosses nach rechts und links verbunden. Eine schwächere, eisenummantelte, doppeladrige Verbindung nach dem zugehörigen Unterverteiler ist noch zur beliebigen Verwendung, jedoch ohne Hebelschalter vorhanden.

Digitized by Google

Eine Erdverbindung mit genügend starkem Querschnitt ist an jede Abnahmetafel besonders abgezweigt. Mit dieser normalen Beschaltung ist der Anschluß von 24 Abnahmetafeln an jeden Unterverteiler im Hauptgebäude möglich, eine geringe Reserve an Buchsen ist noch an den Unterverteilern vorgesehen, so daß bei späterer Erweiterung

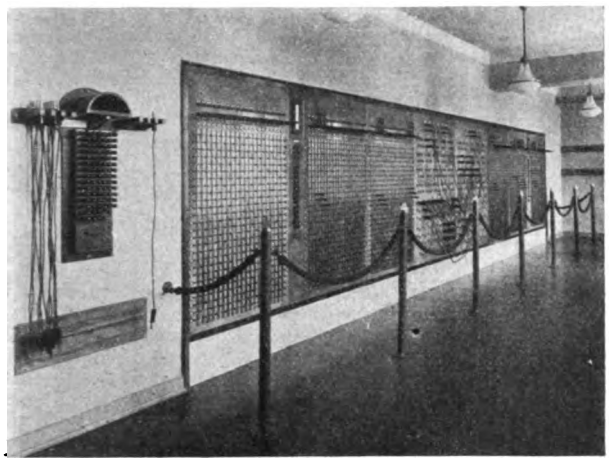
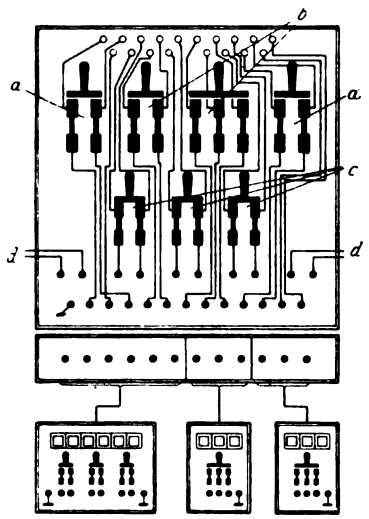


Abb. 7. Unterverteiler im Hauptgebäude.

nur Leitungen bis zum Unterverteiler gezogen werden brauchen. Unterhalb der Abnahmetafeln, die zum größten Teil an der Flurwand in den Laboratorien angebracht wurden, sind eine oder zwei Verteilerleisten angeordnet, deren Klemmen fest mit den Polen kleiner Platztafeln verbunden sind. Als Verbindungsleitung dafür wurde zwei- und dreiadriger Rohrdraht mit 6 mm² und geerdetem Messingmantel mit besonders eingewalzter blanker Erdleitung (Nulphadraht) verlegt. Die Klemmen der Verteilerleisten können mit jeder beliebigen Leitung der Abnahmetafel durch lose Drähte verbunden werden. Die Platztafeln in 2-, 3-, 5- und 6poliger Ausführung sind unmittelbar über den Arbeitsplätzen meist an der Fensterseite montiert und dienen vor allem zum Anschluß der Leitungen für die Versuchsaufbauten, weshalb sie auch mit kleinen Hebelschaltern und Stöpselsicherungen bis 25 A ausgestattet sind. Nur für einige Laboratorien wurden Sondertafeln ausgeführt, z. B. für Telegraphie Abnahmetafeln mit den üblichen Telegraphier-Spannungsstufen von 20 zu 20 V bis ± 120 V,

Abb. 9. Höchstspannungs- und Niederspannungs-Abnahmetafel mit Zimmerverteiler.

Anoden- und Heizspannungen für Wechselstromtelegraphie und den Ferndruckerspannungen, weiter Tafeln für Selbstanschlußtechnik, an denen zur Prüfung von Schaltungen die Grenzspannungen 58 und 62 V, Rufstrom, Summerstrom und die verschiedenen gebräuchlichen Signale abgenommen werden können.



a Pole mit fester Spannung
b 5 Wahlpole vom Kreuzschienenverteiler (max. 35 A)
c 6 Wahlpole vom Buchsenverteiler (max. 15 A)
d Querverbindung zur nächsten Tafel nach rechts und links

Abb. 8. Abnahmetafel mit einem Zimmerverteiler und drei Platztafeln (unten).

Hochspannungsanlagen.

Für viele Versuche in den Laboratorien des RPZ wird Gleichstrom-Hochspannung gebraucht, vor allem in der Abteilung Funkwesen für Sendezwecke. Um die Anlage für die Verteilung der Hochspannung nach den vielen verstreut liegenden Abnahmestellen nicht zu teuer und bei größtmöglicher Sicherheit doch einfach zu gestalten, wurde unterteilt in eine Anlage mit Abnahmestellen zur Entnahme von Spannungen bis 2500 V und eine solche bis zur höchst verfügbaren Gleichspannung von 20 000 V.

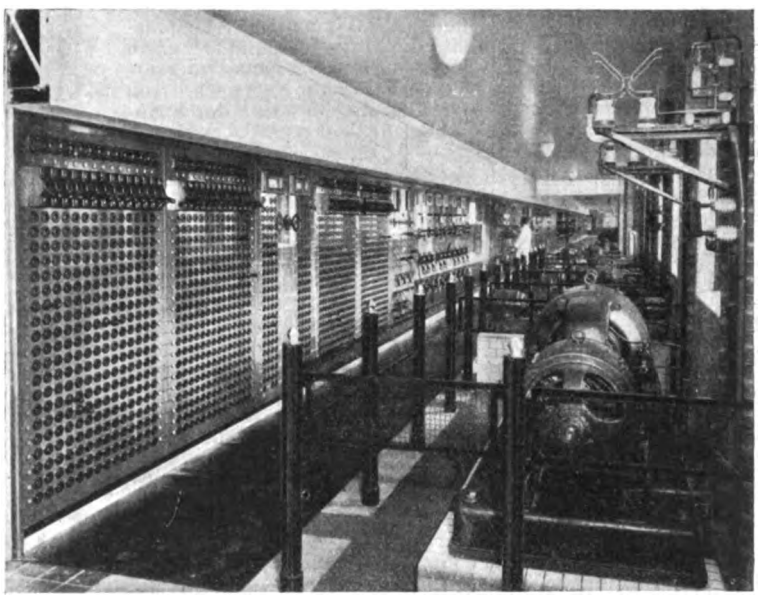


Abb. 10. Hochspannungs-Kreuzschienenverteiler für Spannungen bis 2,5 kV.

Die Schaltfelder der Verteiler für Spannungen bis 2500 V (Abb. 10) und die zugehörigen Maschinenbedienungsfelder wurden, wie bereits oben erwähnt, in Verlängerung der Hauptschalttafel im Maschinenraum aufgebaut. Neben den Maschinenspannungen kommen auch Spannungen aus einer Hochspannungsbatterie von 24 Ah (Abb. 11) zur Verteilung. Um diese Batterie möglichst vielseitig auszunutzen, wurde sie in Spannungsgruppen unterteilt, die beliebig zusammengeschaltet werden können. Für die Entladung sind die einzelnen Gruppen so gewählt, daß sie in Reihenschaltung die gebräuchlichen Spannungen von 300 V, 450 V, 600 V, 800 V, 1000 V, 1200 V, 1500 V und 2000 V, u. zw. die unteren Spannungen mög-

Digitized by Google

lichst mehrfach ergeben. Für die Ladung sind Spannungsgruppen bis 300 V unterteilt, die erforderlichenfalls parallel geschaltet werden können. Als Verteiler wurden Kreuzschienenfelder mit großen Schienenabständen und mit vorgebauter Abdeckplatte aufgestellt, deren einzelne Stöpsellöcher mit Erdungsringen versehen sind, so daß eine Berührung spannungführender Teile auch beim Einstecken der Stöpsel ausgeschlossen ist. Außerdem wurde bei diesen hohen Spannungen die Plus-Seite von der Minus-Seite ge-

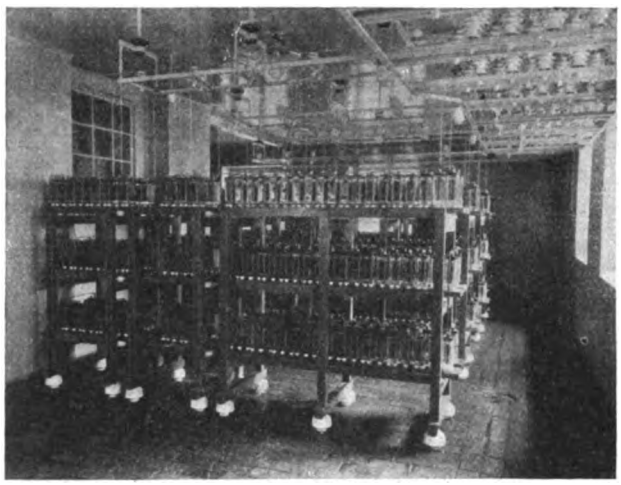


Abb. 11. Hochspannungs-Sammlerraum.

trennt, d. h. die gleichen Pole der Batteriegruppen und der Maschinen wurden je auf eine Verteilerhälfte gelegt. Durch gegenseitige Signalisierung an den getrennt liegenden Polen der abgedeckten einpoligen Hebelschalter für die abgehenden Leitungen werden Fehlschaltungen vermieden. Der Grundsatz, nur einen Stöpsel in eine senkrechte, abgehende Schiene zu stecken, wurde auch für diesen Kreuzschienenverteiler nicht durchbrochen. Denn bei dieser besonders vorsichtig zu bedienenden Anlage mit 27 Abnahmestellen auf vier Feldern mußte die einfachste und sicherste Bedienungsweise gewählt werden. Die Strommessung erfolgt auch hier mittels Drehumschalter an Nebenschlüssen an der Primärseite des Verteilers, die Messung der Spannung dagegen an zwei besonderen senkrechten Schienen mittels Stöpsel.

Die Hochspannungsleitungen sind doppelpolig unmittelbar vom Verteiler bis zur Abnahmestelle ohne Zwischenschaltung eines Unterverteilers durchgeführt. Das Anlegen der Spannung an die Leitungen wird zur Sicherheit durch Aufleuchten von zwei parallel geschalteten roten Lampen an der Abnahmestelle und am Verteiler signalisiert. Die zu den Hochspannungsmaschinen gehörigen Erregerleitungen sind über einen besonderen Erregerverteiler geführt, dessen abgehende Leitungen zusammen mit den Hochspannungsleitungen nach den Abnahmestellen verlegt sind. Außer den Drosselketten zum Schutz gegen eindringende Hochfrequenz in die Ankerwicklung der Hochspannungsmaschinen wurden noch Schalter und Sicherungen in die Hochspannungsleitungen am Bedienungsfeld eingebaut. Die einzelnen Gruppen der Hochspannungsbatterie wurden je durch besondere Sicherungen geschützt, zu deren Auswechslung die Leitungen durch Trennschalter spannungslos gemacht werden können. Die Hochspannungs-Abnahmetafeln für Spannungen bis 2500 V bestehen aus einem eisengekapselten, doppelpoligen Momenthebelschalter, offenen Anschlußklemmen und den beiden roten Signallampen. Außerdem ist eine Klemmleiste zum Anschluß der Regler an die Erregerleitungen und ein kleiner Strommesser zur Anzeige des Erregerstroms bei der Regelung der Hochspannungsmaschinen von der Abnahmestelle aus angebracht.

Am Höchstspannungsverteiler (Abb. 12) sind primär vier Stromquellen angeschlossen: eine Doppelmaschine mit 2×10 kV, in Reihenschaltung 20 kV, eine Maschine mit 6,2 kV, eine Maschine mit 4 kV und zwei in Reihe geschaltete Hochspannungsmaschinen mit $2 \times 2{,}5$ kV. Da die Höchstspannung auf 10 Abnahmestellen verteilt werden mußte, wählte man als einfachsten Verteiler vier große doppelpolige Drehumschalter für die maximale Spannung von 20 kV, die zwangsweise so gegeneinander verriegelt werden, daß auf eine Abnahmestelle nur eine Stromquelle geschaltet werden kann. Mit der Umschaltung der Höchstspannung wird gleichzeitig die betreffende Erregerleitung der Maschine auf ein besonderes Klemmbrett bei der Abnahmestelle zur Regelung der Generatorspannung vom Laboratorium aus durchgeschaltet, u. zw. mit gleichzeitiger Signalisierung durch zwei rote Lampen an der Abnahmestelle und am Verteiler. Die Generatorerregung der Gleichstrom-Höchstspannungsmaschine für 20 kV wird aus Sicherheitsgründen ferngesteuert, damit nicht bei einem auftretenden Überschlag der Hochspannung vom Anker auf die Erregerwicklung auch die Reglerleitungen unter die hohe Spannung gesetzt werden und dadurch das Personal, das die Regler im Laboratorium bedient, gefährdet wird. Als Abnahmetafeln (Abb. 9) sind einfache, offene, doppelpolige Hochspannungs-Trennschalter für 35 kV mit Gestängeantrieb und Flügelmutterklemmen gewählt worden. Sicherungen sind auch in dieser Anlage nur im betreffenden Maschinenbedienungsfeld vorhanden.

Einrichtung der Arbeitsräume.

Laboratorien.

Unter dem Abschnitt „Niederspannungsanlagen bis 500 V" wurde die allgemeine elektrische Ausrüstung der Laboratorien mit den normalen Abnahmetafeln und den meist an der Fensterseite unmittelbar über den Arbeitsplätzen angebrachten Platztafeln beschrieben sowie einige Sondertafeln für Spezialzwecke. Bei den verschiedenartigen Versuchsaufbauten in den Laboratorien des RPZ muß auch die Möglichkeit bestehen, auf einfache und schnelle Weise eine größere Zahl von Leitungen, hauptsächlich Schwachstromleitungen, zeitweilig von einem Laboratorium nach einem anderen oder nach dem Hauptverteiler der Fernsprechzentrale verlegen zu können, ohne die Architektur der Flure und Treppen durch wilde Leitungsführung zu beeinträchtigen. Dafür wurden in den Fluren, die an Laboratorien grenzen, längs der Wände besonders geformte, vollständig eisengekapselte und leicht zugängliche Kästen angebracht, die jeweils Auslässe mit Klemmleisten nach den Laboratoriumsräumen erhielten. Zur Ver-

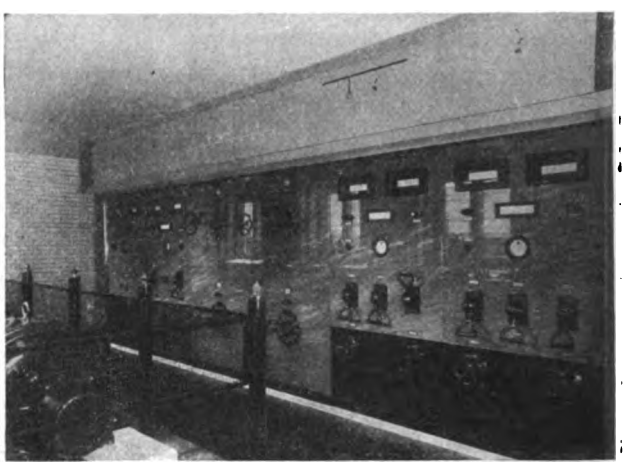


Abb. 12. Höchstspannungs-Verteileranlage für Spannungen bis 20 kV.

bindung dieser Kanäle unter den einzelnen Stockwerken wurden an verschiedenen Stellen des Gebäudes noch senkrechte, ebenfalls eisengekapselte Steigekanäle eingebaut. Die Kanäle sind je nach der Zahl der angrenzenden Laboratorien ein-, zwei- und dreiteilig ausgeführt, damit elektrisch störende Leitungen, wie Summerleitungen, von empfindlicheren Meßleitungen getrennt und in einigem Abstand verlegt werden können. Um nun zwischen Stellen, wo ein häufiger Gebrauch dieser Kanäle vorauszusehen war, eine zu starke Belegung oder gar Verstopfung zu vermeiden, z. B. von Gebäudeteilen mit vielen Laboratorien nach dem Hauptverteiler, wurde eine kleine Verteileranlage mit 10paarigen Bleikabeln geschaffen, deren Leitungen an Klemmleisten enden (Abb. 13). Auch eine einfache, geordnete und übersichtliche Leitungsführung dieser sog. fliegenden Leitungen innerhalb der Laboratorien wurde dadurch erreicht, daß in den Decken der Laboratorien Haken in Abständen von ungefähr 1 ... 1,5 m angebracht wurden, die auch gleichzeitig zum Aufhängen von irgendwelchen Apparaturen dienen können.

An baulichen Einrichtungen der Laboratorien wurde noch für die verschiedenen und häufig wechselnden Versuchsaufbauten eine einfache Befestigungsmöglichkeit für

Digitized by Google

Apparate, Instrumente, Leitungen u. dgl. geschaffen, ohne die Wände zu beschädigen, indem ringsherum an den Laboratoriumswänden zwei 15 cm breite Holzleisten in geringer Höhe über den Tischen befestigt wurden, die nach Bedarf wieder erneuert werden können (Abb. 14). Die sonstigen Einrichtungen in den Laboratorien sind so ver-

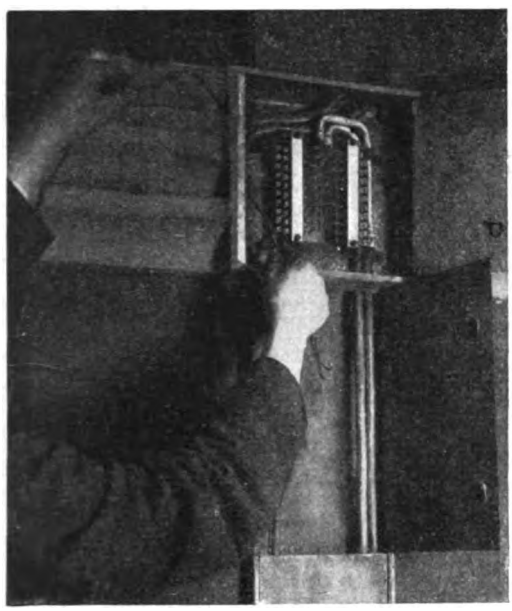


Abb. 13. Verteiler für fliegende Leitungen in einer besonderen Kanalanlage auf den Fluren.

schiedenartig und mußten so den jeweiligen Bedürfnissen angepaßt werden, daß eine gleichartige Ausführung nicht zweckmäßig erschien. Die Beleuchtung der Laboratorien erfolgt fast ausschließlich durch Luzetten.

Abb. 14. Laboratorium für Funkwesen.

Prüf- und Abnahmewerkstätten.

Die Prüf- und Abnahmestellen des RPZ wurden mit einfachen Schaltbrettern ausgestattet, an denen über leicht auswechselbare Steatitsicherungen und einfache Schalter die normalen Spannungen von — 12, — 24, — 60, ± 110, + 220 V Gleichstrom und 3 × 220 V Drehstrom und außerdem noch einige Wahlspannungen abgenommen werden können. Einige Stellen erhielten noch die oben beschriebenen Sondertafeln, um oft gebrauchte Spannungen und Signale jederzeit und unmittelbar an den Arbeitsplätzen abnehmen zu können, z. B. die Abnahmestellen für Amtsbauteile und Nebenstellenapparate Rufstrom und sämtliche in der Selbstanschlußtechnik gebräuchlichen Signale, die Abnahmestellen für Apparate der Verstärkertechnik die gebräuchlichen Heiz-, Gitter- und Anodenspannungen, die Stellen zur Abnahme und Prüfung von Telegraphenapparaten die üblichen Telegraphierspannungen und die Spannungen für Ferndrucker und Springschreiber und die Abnahmestellen von Apparaten des Funkwesens die nötigen Spannungen zur Prüfung der Sende- und Empfängerröhren. Die Leitungen für diese Spannungen wurden bis auf den Arbeitsplatz fest verlegt und Verbindungen durch Litzenschnüre vermieden, da sich besonders in den Prüfwerkstätten derartige Stromzuleitungen als sehr störungsanfällig erwiesen hatten. Auf jedem Arbeitsplatz befinden sich ein Galvanoskop und ein Schnarrwecker mit handlichen Prüfschnüren zur Durchprüfung von Stromkreisen. Außerdem sind einige Sprechstromkreise durch die Arbeitsplätze geschleift, um leicht Sprechverbindungen mit

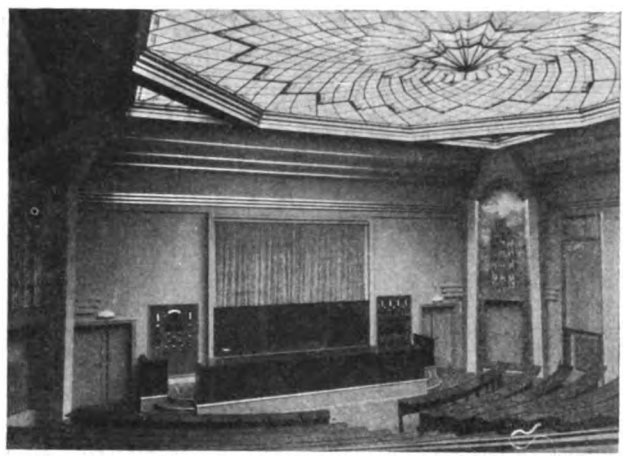


Abb. 15. Großer Hörsaal.

den zu prüfenden Apparaten herstellen zu können. Die Licht- und Kraftversorgung sämtlicher Abnahme- und Prüfwerkstätten sowie der sonstigen Werkstätten und Hilfsbetriebe, wie Tischlerei, Schlosserei und Schmiede in den verschiedenen Nebengebäuden, erfolgt mit 3 × 220 V Drehstrom. Die Beleuchtung ist halbindirekt und nur wenige Maschinen sind mit Sonderbeleuchtung ausgestattet.

Hörsäle.

Die Unterrichtsabteilung des RPZ besitzt mehrere größere Unterrichtsräume, die mit normalen Abnahmetafeln und Verteilerleisten ausgerüstet sind, worüber feste und wählbare Spannungen aus dem Maschinenraum oder den Laboratorien auf Klemmen an der Vorderseite des Experimentiertisches geschaltet werden können. Außerdem ist noch ein großer Hörsaal (Abb. 15) vorhanden, der mit einer besonderen Experimentierschalttafel mit verschiedenen Meßinstrumenten und Regelwiderständen ausgestattet ist. Auch hier können an Abnahmeklemmen an der Vorderseite des Experimentiertisches, zu beiden Seiten des Podiums und im mittleren und hinteren Teil des Hörsaales bei den Projektionseinrichtungen (Diaskop, Episkop und Kino) beliebige Experimentierspannungen von der Tafel aus mittels Steckerschnüren mit Einfach-Preßkontaktstöpseln geschaltet werden. An einer zweiten Tafel befinden sich die notwendigen Schalter und Steuerorgane für eine elektrisch angetriebene Verdunkelungseinrichtung und für die Oberlichtbeleuchtung, die sich oberhalb einer Buntglasdecke befindet und aus einer größeren Zahl Flach- und Tiefstrahler besteht. Die Oberlichtbeleuchtung und die Verdunkelung können außerdem vom Podium des Vortragenden und von den Projektionseinrichtungen aus gesteuert werden. Auf derselben Tafel befinden sich noch Schalter für die Entlüftung und die Projektionseinrichtungen, ein großes Demonstrations-Milliamperemeter mit Meßbereich 6, 60 und 600 mA und ein mehrstufiger Kraftverstärker für größere Leistung zu beliebigen Zwecken. Zwischen beiden Schalttafeln sind drei Schreibtafeln angeordnet, die ebenfalls elektrisch gesteuert werden. Hinter ihnen befindet sich durch einen Vorhang geschützt die neigbare Projektionsfläche. Im Experimentiertisch ist noch außer den üblichen Anschlüssen für Gas und Wasser eine Hochspannungsabnahme für 2500 V mit Schalter, Signalisierung und Erregerabnahmeklemmen zur Regelung der Maschinenspannungen vom Hörsaal aus eingebaut. Im anschließenden Vorbereitungszimmer befindet sich noch ein Höchstspannungsanschluß für Spannungen bis 20 000 V. Versuchsaufbauten werden auf beweglichen niederen Tischen zusammengestellt und können so erforderlichenfalls längere Zeit vorher aufgebaut werden oder dort

Digitized by Google

stehen bleiben. Für Funkversuche ist noch eine Antenne in das Vorbereitungszimmer mit Durchführung nach dem Hörsaal eingeführt. Auch ein Auslaß aus dem Kanalsystem zum Heranführen von fliegenden Leitungen aus den Laboratorien oder vom Hauptverteiler der Fernsprechzentrale ist vorhanden.

Maschinenprüffeld.

Die Durchprüfung und Abnahme von Niederspannungs- und Hochspannungsmaschinen, meist Umformer (Motorgeneratoren) kleinerer und mittlerer Leistung, wird zusammen mit ihren Schaltapparaten und sonstigen technischen Einrichtungen in einem besonderen Maschinenprüffeld vorgenommen (Abb. 16), das in einen Teil

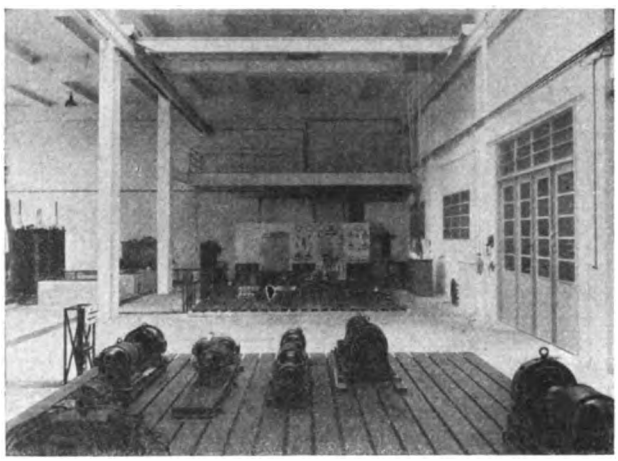


Abb. 16. Maschinenprüffeld.

eines massiven Lagerschuppens eingebaut wurde. Zur Aufstellung der zu prüfenden Maschinen sind zwei größere Bodenroste und sechs kleinere Roste auf Fundamenten verlegt worden, an deren Seiten an Klemmtafeln Anschlüsse für die gebräuchlichen Spannungen zum Antrieb und für die Erregung der Generatoren angebracht wurden. Bei einigen Rosten wurde noch ein Anschluß zu einem Hochspannungs-Belastungswiderstand für Spannungen bis 20 kV und für eine Leistung von ungefähr 20 kW vorgesehen, der fest eingebaut werden soll, wodurch sich der Aufbau für die Prüfung von Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen wesentlich vereinfacht und auch das Prüfpersonal besser gesichert wird. Die Klemmtafeln sind an einen Unterverteiler angeschlossen, der aus einem Kreuzschienenfeld für starke Ströme und einem Buchsenfeld für schwächere Ströme zu Erreger- und Meßzwecken besteht und unmittelbar vom Maschinenraum aus gespeist wird. An einer Seite des Raumes ist noch Platz für den späteren Aufbau eines Bremsstandes, für die Aufstellung von Wirbelstrombremsen u. a. m. vorhanden. Ein Elektrokran von 5 t Tragkraft bestreicht den größten Teil des Maschinenprüffeldes und des daran anschließenden Maschinenlagers in einer Breite von 8 m und einer Länge von 23 m. Der Teil für Hochspannungsprüfungen ist besonders abgegittert. Der Aufbau der erforderlichen Schalt- und Meßgeräte erfolgt in der üblichen Weise auf leicht beweglichen Prüftischen mit Rückbau.

Nur durch Schiebetüren getrennt liegen unmittelbar neben dem Prüffeld ein Röhren- und Senderprüfraum und ein Montageraum zum Aufbau von Sendern, die so im Zusammenhang mit dem maschinellen Teil der Sender geprüft werden können, bevor sie in einer Station eingebaut werden. Die notwendigen elektrischen Anschlüsse für Nieder- und Hochspannung von dem Unterverteiler im Maschinenprüffeld und die sonstigen technischen Einrichtungen für die Prüfung wassergekühlter Großsenderöhren sind darin zweckentsprechend angeordnet.

Sonderanlagen für die Laboratorien und Abnahmebetriebe.

Einige Sonderanlagen verdienen hier kurz beschrieben zu werden, die mit Rücksicht auf ihren Umfang und ihre Eigenart teilweise etwas abweichend von der üblichen Ausführung hergestellt wurden.

Erdungsanlage.

Bei der großen Ausdehnung der Stromversorgungs- und Laboratoriumsanlage einschließlich der Antennenanlage mußte die Erdung als vermaschtes Netz und sehr sorgfältig ausgeführt werden, besonders weil die Erdungsverhältnisse auf dem Grundstück wegen des Untergrundbahnbaues der Nord-Südbahn äußerst ungünstig sind und der Grundwasserspiegel sich auf 15 ... 20 m gesenkt hatte. Rings um das Hauptgebäude wurde deshalb eine starke Ringleitung ungefähr 50 cm unter Erde verlegt, die durchschnittlich alle 20 m entweder mit einer Erdplatte oder mit einem Wasser- oder Gasleitungsrohr verbunden wurde (Abb. 17). Die Erdplatten können durch Klemmverbindun-

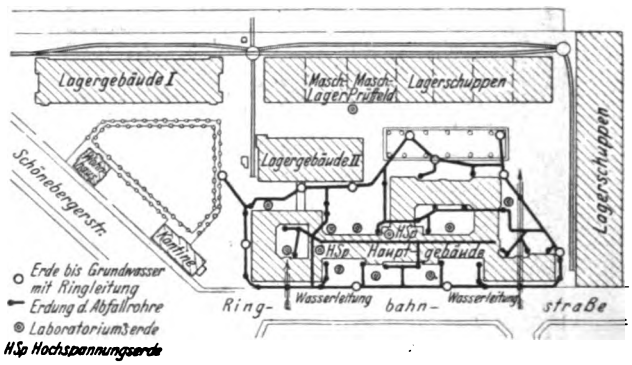


Abb. 17. Lageplan mit Erdungsnetz.

gen in kleinen Senkkästen von dieser Ringleitung zwecks Nachprüfung auf ihren Widerstand leicht gelöst werden. An diese Ringleitung sind die allgemeine Erdleitung der Maschinenanlage und der Mittelleiter des Gleichstromnetzes mehrmals auf kürzestem Wege angeschlossen. Die Erdleitung ist als starkes blankes Kupferseil von 150 mm² hinter der Hauptschalttafel im Maschinenraum verlegt und von ihr zweigen die Leitungen der zu erdenden Batterien und die allgemeinen Laboratoriums-Erdleitungen ab, die bis zu jeder Abnahmetafel blank und mit einem Kupferquerschnitt von 25 mm² geführt sind. Die Eisenträgerkonstruktion des Gebäudes, die Gas-, Wasser-, Heizleitungen und die Fahrstuhl- und Kabelgerüste mit den blanken Kabelbewehrungen sind innerhalb des Gebäudes mit dieser Erdleitung mehrfach verbunden. Die Eisenträgerkonstruktion wurde im Rohbau in den Haupttragepfeilern senkrecht und im Keller- und Dachgeschoß waagerecht noch besonders verschweißt, um störende kapazitive Einflüsse größerer ungeerdeter Metallmassen bei Hochfrequenzversuchen, besonders mit kurzen Wellen, möglichst auszuschalten.

Eine Blitzableiteranlage wurde durch die zahlreichen Antennenstützpunkte entbehrlich, die alle eine unmittelbare Erdverbindung mit den Kupferabdeckungen des Daches durch die kupfernen Abfallrohre erhielten. Diese Abfallrohre haben im Erdboden außerhalb des Gebäudes mit der Ringleitung gute metallische Verbindung. Im Dachgeschoß sind alle Rohrleitungen innerhalb des Gebäudes mit der Eisenkonstruktion und außerhalb des Gebäudes mit den kupfernen Abdeckungen verbunden, so daß die Bildung irgendwelcher Potentialdifferenzen in den ausgedehnten Metallmassen ausgeschlossen ist.

Getrennte Erden erhielten entsprechend den VDE-Vorschriften die Hochspannungs-Transformatorenanlage im Transformatorenraum und die Gleichstrom-Hochspannungsanlagen im Maschinenraum. Der Mindestabstand dieser Erdplatten von den Erden der Ringleitung beträgt durchschnittlich 20 m. Um die Bildung stehender elektrischer Wellen in dem ganzen Erdsystem beim Betrieb größerer Sender zu vermeiden und auch besondere Versuche in den Laboratorien durchführen zu können, wurde noch eine Anzahl einzelner Erdplatten bis zum Grundwasser verlegt, die ebenfalls einen möglichst großen Abstand von der Ringleitung haben.

In einigen Laboratoriumsräumen der Funkabteilung im Dachgeschoß wurde im Fußboden ein dünnes Kupferblech ausgelegt, das als Gegengewicht für Sende- und Empfangsversuche und gleichzeitig als elektrische Abschirmung gegen die darunterliegenden Laboratorien und Maschinenräume dient. Der Einbau vollständig magnetisch und elektrisch gekapselter Räume für besondere Versuche ist noch vorgesehen.

Antennenanlage.

Für die zahlreichen Sende- und Empfangstellen auf dem Grundstück war eine ziemlich ausgedehnte Antennenanlage notwendig, die mit Rücksicht auf die nicht allzu große Entfernung des Berliner Zentralflughafens in Tempelhof in ihrer Gesamthöhe auf maximal 35 m über Erd-

Digitized by Google

boden beschränkt bleiben mußte, somit sich nur ungefähr 8 ... 10 m über das Dach des Hauptgebäudes und 10 ... 12 m über die Nebengebäude erhebt (Abb. 18). Als Antennenträger wurden auf dem Hauptgebäude Gittermaste und auf den Nebengebäuden abgespannte Rohrständer aufgestellt. Antennen für Sendezwecke wurden teilweise mehrdrähtig, diejenigen für Empfangszwecke nur eindrähtig ausgeführt. Die Ableitungen sind fast ausnahmslos durch die obere verstärkte Glasscheibe der Fenster in die Räume eingeführt, wodurch einerseits die Isolation auch mit klei-

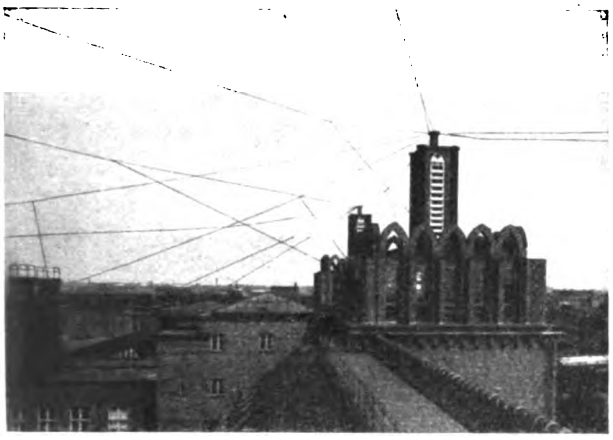


Abb. 18. Antennenanlage.

nen Porzellandurchführungen so erhöht wurde, daß die Durchführungen für Empfangsantennen auch notfalls für Sendezwecke mit mittlerer Leistung verwendet werden können und anderseits eine Umlegung der Durchführungen in ein anderes Laboratorium ohne wesentliche Kosten ermöglicht ist. Die Erdung der Sendeantennen erfolgt über Erdungsschalter mit Hörnerblitzschutz nach den getrennten Erden, die Erdung der Empfangsantennen über Luftleerblitzableiter und Erdungsschalter nach der nächstgelegenen Ableitung außerhalb des Gebäudes zur allgemeinen Ringerde.

Elektrische Nebenanlagen.

Sämtliche Leitungen für Licht- und Kraftanschlüsse wurden so verlegt, daß eine Gewähr dafür bestand, daß keine unzulässigen Störungen durch sie für die Laboratorien auch bei unsymmetrisch belastetem Drehstromnetz zu erwarten sind. Für das Hauptgebäude ist noch die Umschaltung der Lichtanlage auf Gleichstrom vorgesehen für den Fall, daß elektrische Störungen auftreten oder die Netzspannung aussetzt. Die Leitungen wurden in Nulleiterrohr verlegt, wodurch eine einwandfreie elektrische Verbindung sämtlicher Stoßstellen sichergestellt ist. An vielen Stellen innerhalb des Gebäudes wurde dieses Rohrsystem geerdet.

Außerdem wurden die Leitungen sämtlicher Schwachstromanlagen: der automatischen Fernsprechzentrale, Uhrenanlage, Klingel- und Signalanlage, Wächterkontroll- und Feuermeldeanlage und der Steueranlagen für die Aufzüge, Rohrpost u. a. m. in eisengekapselte, leicht zugängliche Kanäle längs der Außenwand in allen Stockwerken des Hauptgebäudes verlegt, wodurch gleichzeitig ermöglicht wurde, daß jederzeit Leitungen oder vieladrige Kabel neu verlegt oder ausgewechselt werden können. Die Kanäle sind durch eine Anzahl ebenfalls eisengekapselter Steigeschächte miteinander verbunden und das ganze Kanalsystem ist an mehreren Stellen geerdet. Durch diese allseitige Abschirmung der Störleitungen ist ein praktisch störungsfreier Empfang auf allen gebräuchlichen Wellenlängen in den dafür vorgesehenen Laboratorien mit Außenantennen gewährleistet. Auch lassen sich die im Laboratoriumsbetrieb häufig und vielseitig verwendeten Hochfrequenzverstärker bis zu höheren Verstärkungsgraden verwenden.

Besondere Betriebsmaßnahmen.

Bei dem großen Umfang der Stromversorgungs- und Verteileranlage waren noch besondere technische Maßnahmen notwendig. So verlangte z. B. die Feuerpolizei, daß auch nicht eingeweihtes Personal die Gesamtanlage im Notfalle außer Betrieb setzen kann. Dafür wurden an verschiedenen Stellen im Kellergeschoß Notschalter für die drehstrom-hochspannungseitige und gleichstrom-niederspannungseitige Abschaltung der Anlage angebracht, welche den Hauptölschalter im Transformatorenraum und den Hauptschalter in der Zuleitung zu den Gleichstrom-Sammelschienen auslösen.

Um dem Bedienungspersonal im Maschinenraum bei den oft nicht ganz einfachen Schaltungen eine Kontrolle über die Richtigkeit der hauptsächlichen Schaltoperationen zu geben, ist zwischen der Decke und der Hauptschalttafel in ihrer ganzen Länge ein schmales Leuchtschaltbild angeordnet, in welchem das Grundschaltbild der einzelnen Felder mit den Hauptschalterstellungen schon aus einiger Entfernung deutlich sichtbar ist. Zum Teil mußten die Signale von mehreren Schalterstellungen abhängig gemacht werden, um die Signalisierung der Schaltoperationen der Wirklichkeit entsprechend zu gestalten. Das Bedienungspersonal selbst war schon längere Zeit während des Aufbaus zur Einarbeitung in der Anlage tätig, so daß eine reibungslose Übernahme der Anlage mit der allmählichen Fertigstellung gewährleistet war. Die Inbetriebnahme wurde durch den Einzug der Laboratoriumsabteilungen nacheinander in das Hauptgebäude noch während der Bauzeit notwendig.

Ein einwandfreier Aufbau und ein zuverlässiger, störungsfreier Betrieb dieser ausgedehnten und in ihren Einzelheiten sehr verschiedenartigen Anlage wurde sichergestellt, indem der Gesamtaufbau einer Firma, der Firma Siemens & Halske AG., übertragen wurde, die auch mit ihren großen Erfahrungen im Bau solcher Experimentieranlagen die weitgehenden Forderungen in enger Zusammenarbeit mit der bauleitenden Dienststelle des RPZ erfüllen konnte. Die Montage aller Maschinen, Schalttafeln und Apparate und die Verlegung sämtlicher Leitungen bis zu den Abnahmestellen in den Laboratorien erfolgte entsprechend den Vorschriften des VDE, der örtlichen Polizei und des Elektrizitätswerks. Der Aufbau der Gesamtanlage konnte in Anlehnung an den Fortgang der baulichen Arbeiten der Hochbauleitung für das Hauptgebäude innerhalb 1¾ Jahren durchgeführt werden.

Ein neuartiger Spannungsteiler für Hochspannung.

(Mitteilung aus dem Universitäts-Institut für physikalische Grundlagen der Medizin: Prof. Dessauer.)

Von H. Schaefer, Frankfurt a. M.

Die Präzisionsmessung von Gleichstrom-Hochspannung bereitet außergewöhnliche Schwierigkeiten, da einerseits die bei Wechselspannung übliche Unterteilung mittels in Serie geschalteter Kondensatoren bei Gleichspannung nicht möglich ist, anderseits die Messung mittels direkter statischer Instrumente zu ungenau wird wegen der bei hohen Spannungen erforderlichen großen Abstände und damit geringen Anziehungskräfte. Es liegt nahe, hier Abhilfe zu schaffen durch Anwendung des Prinzips der Spannungsteilung durch Widerstände und Messung einer entsprechenden Teilspannung mit einem statischen Niederspannungs-Präzisionsinstrument. Die Herstellung von Flüssigkeitswiderständen in der für Hochspannung erforderlichen beträchtlichen Baulänge verursacht mancherlei Schwierigkeiten und Unbequemlichkeiten. Feste Widerstandsmaterialien anderseits (Silit usw.) besitzen nicht die für Präzisionsmessungen zu fordernde Konstanz. Dagegen gibt es für Niederspannung (einige hundert Volt) brauchbare, genügend hochohmige Widerstände (z. B. die in der Radiotechnik gebräuchlichen Widerstände „Dralowid-Konstant"). Schaltet man jedoch solche Niederspannungswiderstände in genügender Zahl in Serie, um einen Hochspannungswiderstand zu erhalten, so zeigt sich, daß die Konstanz, die die Elemente bei Einzelprüfung zeigen, verloren gegangen ist. Es liegt das daran, daß auf der Hochspannungsseite der Serienschaltung an den zahlreichen Metallverbindungen Glimmen und Sprühen auftritt, wodurch ein Nebenschluß geschaffen wird, der den Wider-

Digitized by Google

standswert der Serienschaltung in unkontrollierbarer Weise fälscht. Dieser Übelstand läßt sich dadurch vermeiden, daß man die in Serie geschalteten Widerstände in Umhüllungen aus Isolierstoffen einbettet. Es kann dann trotz der natürlich immer noch vorhandenen Metallkanten dennoch kein Glimmstrom mehr auftreten, da es sich ja um Gleichstrom handelt, und ein Gleichstrom vermag nicht durch Dielektrika zu fließen.

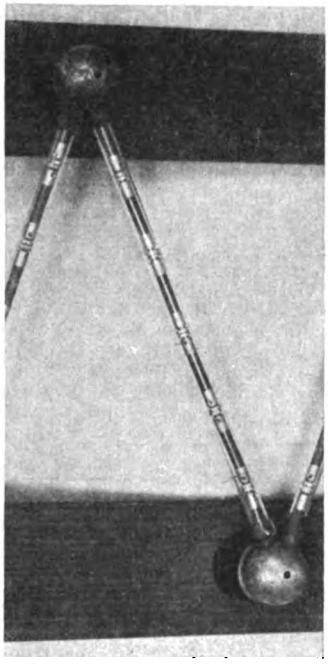


Abb. 1. Teilansicht eines Spannungsteilers.

Nach diesen Grundsätzen ist der in Abb. 1 und 2 abgebildete Spannungsteiler gebaut worden. Er besteht aus den bekannten Hochohmwiderständen „Dralowid-Konstant[1]". Diese hauptsächlich in der Radiotechnik verwandten Widerstände erweisen sich auf Grund ihrer ausgezeichneten elektrischen Eigenschaften für den vorliegenden Zweck als sehr brauchbar. Sie besitzen zwar eine geringe Spannungsabhängigkeit des Widerstandswertes (etwa 2 % Abnahme bei 500 V), diese Abhängigkeit ist jedoch nachwirkungsfrei und streng reproduzierbar, so daß für einen Spannungsteiler aus diesen Widerständen die Gewähr gegeben ist, daß das Teilungsverhältnis keine Änderung erfährt. Die zeitliche Konstanz der Widerstände ist eine ausgezeichnete. Die Schwankung liegt, wenn man mit der Belastung nicht zu hoch geht, unter 1,5 %. Außerdem können etwaige Änderungen durch von Zeit zu Zeit vorgenommene Nacheichungen festgestellt werden.

Der Aufbau des Spannungsteilers im einzelnen ist folgender: 60 Widerstände Dralowid-Konstant zu je 5 MΩ sind in Gruppen zu sechs in Serie geschaltet und in Glasröhren eingebettet, die ihrerseits wieder mittels Gummidichtungen in Metallkugeln eingeführt sind. Der Radius der Metallkugeln ist dabei so groß gewählt (3,5 cm), daß Glimmströme mit Sicherheit vermieden sind; der Spannungsteiler ist für eine Höchstspannung von 30 kV berechnet. Genaue Messungen ergaben, daß bei dieser Spannung eine Genauigkeit des Teilungsverhältnisses von 1,5 % zuverlässig eingehalten wird. Die erreichbare Meßgenauigkeit hängt natürlich von der Genauigkeit des zur Messung der Teilspannung benutzten Voltmeters ab. Man wird hierzu zweckmäßig ein Multizellular-Instrument verwenden. Die Genauigkeit dieser Instrumente reicht an die der Drehspul-Meßinstrumente heran, so daß also der weitere Fehler, der durch das Instrument hereinkommt, unter 1 ... 2 % gehalten werden kann.

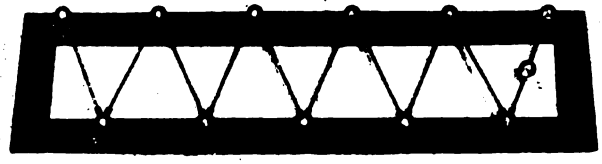


Abb. 2. Spannungsteiler für 30 kV Höchstspannung.

Die Anwendung des Spannungsteilers kommt für alle die Fälle im technischen oder physikalischen Meßlaboratorium in Frage, bei denen Präzisionsmessungen hoher Gleichspannungen vorzunehmen sind. Sein großer Vorteil liegt darin, daß er mit verhältnismäßig geringen Kosten den Meßbereich eines Multizellular-Instrumentes für Gleichspannung nach oben hin beliebig zu erweitern gestattet.

[1] Hersteller: Steatit-Magnesia AG., Berlin-Pankow, Gaillardstr. 38.

Stromwirtschaft in kleinen Stadt- und Landgemeinden.

Von Professor Dr. **R. Haas** und **W. Braun**, Kraftübertragungswerke Rheinfelden.

In der Entwicklung der Stromwirtschaft ist nach der Statistik Deutschland durch den Krieg und seine Folgen zum Schaden der gesamten Volkswirtschaft ohne Zweifel gegenüber anderen Ländern zurückgeblieben. Diesen für das Gesamtwohl nicht geringen Nachteil wieder zu beseitigen, ist eine wichtige Aufgabe der Elektrizitätswirtschaft. Die Gesamtwirtschaft strebt nach Rationalisierung mit dem Ziel, mit möglichst geringem Aufwand eine bessere Ausnutzung der Anlagen und dadurch eine Verbilligung der Erzeugnisse zu erreichen. Diesem Rationalisierungsdrang muß auch die Elektrowirtschaft folgen. Dieses Ziel zu erreichen ist nur möglich, wenn Elektrizitätswerke und Stromkundschaft aufs engste zusammenwirken. Dazu gehört vor allem eine straffe und wohlgeordnete Werbeorganisation, Erfahrungen und gut durchgebildetes Personal. Der Weg vom Stromerzeuger zum Stromverbraucher muß nach Möglichkeit abgekürzt und der Zwischenhandel ausgeschaltet werden. Die Vermehrung des Stromverbrauches wird durch die Verlängerung der Benutzungsdauer und die größere Erzeugung auch eine Verbilligung der Stromkosten zur Folge haben. Die Verbilligung des Stromes liegt in des Verbrauchers Hand, denn der Strompreis ist zu allererst abhängig von der Benutzungszeit der Einrichtungen des Elektrizitätswerkes. Je mehr nun die Ausnutzung der Anlagen den Strom verbilligt, die Stromkosten also niedriger werden, um so mehr wird auch wieder der Stromverbrauch steigen und um so billiger kann der Strom verkauft werden.

Diese Arbeit beschäftigt sich nur mit den Zuständen in den kleinen Gemeinden, wo die Verhältnisse durch den Zwischenhandel der Gemeinden und die kümmerliche Zwergwirtschaft in den Dörfern und kleineren Städten oft im argen liegen.

Bei der Stromversorgung der kleinen Stadt- und Landgemeinden kann man zwei Arten unterscheiden, die wir als A- und B-Stromverträge oder als A- und B-Gemeinden bezeichnen wollen.

„A"-Gemeinden sind Besitzer des Ortsnetzes, der Transformatorenstationen und der Zähler. Sie beziehen den Strom vom Elektrizitätswerk im ganzen und verteilen und verkaufen ihn selbst an ihre Einwohner. Die Gemeinden haben ihre Anlagen selbst zu unterhalten.

„B"-Gemeinden. In solchen Gemeinden erstellt das Elektrizitätswerk das Ortsnetz und die Transformatorenstationen selbst und bleibt deren Besitzer. Der Strom wird hier vom Elektrizitätswerk dem Einzelverbraucher zugeführt und berechnet. In diesen Gemeinden hat das Elektrizitätswerk den Unterhalt und die Instandhaltung der Anlagen selbst zu besorgen.

A-Gemeinden.

Die Entwicklung in den A-Gemeinden, besonders in den letzten Jahren, in denen ein gewaltiger Aufstieg in der Elektrizitätswirtschaft zu verzeichnen ist, hat gezeigt, daß hier die vorliegenden kleinen Verhältnisse auf den Stromverbrauch in jeder Hinsicht hemmend einwirken. Es ist einer Gemeinde meist nicht möglich, fachmännisch gebildetes Personal zu halten, denn das würde den Betrieb belasten. Sie muß also, wenn sie ihre Verteilungsanlagen technisch auf der Höhe halten will, gelegentlich Unternehmer heranziehen, was wiederum erhebliche Kosten mit

Digitized by Google

sich bringt und sich doch nur bei größeren Arbeiten lohnt. Die wenigsten A-Gemeinden können die notwendigen Rückstellungen für die Erneuerung und Vervollkommnung der Anlagen machen. Diese Mittel müssen aber schließlich einmal aufgebracht werden, und wenn sie aus der Strombewirtschaftung nicht zurückgestellt werden konnten, bleibt nichts übrig, als sie schließlich durch Gemeindeumlagen zu beschaffen; dann aber werden Kreise von versteckten Stromausgaben betroffen, an denen sie nicht in gleicher Weise beteiligt sind.

Die Tarifgestaltung ist in der Regel von Parteigrundsätzen oder dem Machtbedürfnis einzelner Personen oder vom Neid beeinflußt, und es wird deshalb kein Unterschied gemacht werden zwischen Landwirtschaft und Gewerbe und Industrie, geschweige denn zwischen Licht- und Wärmestrom. Unter solchen Umständen geht ein großer Teil der Vorteile, welche die Elektrizität dem menschlichen Leben zu bringen vermag, verloren, und es ist kaum ein Abnehmer in der Lage, sich die Elektrizität überall da zunutze zu machen, wo sie die menschliche Arbeit in erheblichem Maße ersetzen könnte. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß der Stromverbrauch je Einwohner in den A-Gemeinden meistens um etwa 50 % geringer ist als in den B-Gemeinden, in denen das Elektrizitätswerk den Strom dem Verbraucher zuführt. Es fehlt eben der Leitung an dem nötigen Verständnis und den Kenntnissen in der Werbung.

Aus diesen Erfahrungen dürfte hervorgehen, daß solche Zwergbetriebe in den Gemeinden und der Kettenhandel mit Elektrizität wirtschaftlich unberechtigt und unerwünscht sind und den Rationalisierungsbestrebungen in der Elektrizitätswirtschaft entgegenstehen. Bei genauer Betrachtung und richtiger Rechnungslegung dürfte auch feststehen, daß die Gemeinden nicht die Vorteile erzielen können, die sie erwartet hatten.

B-Gemeinden.

In den B-Gemeinden, in denen, wie oben umschrieben, das Elektrizitätswerk die Stromverteilung und den Verkauf betreibt, ist in erster Linie die Gewähr gegeben, daß die elektrischen Einrichtungen für die Fortleitung und Verteilung den Fortschritten der Technik entsprechend überwacht und unterhalten werden. Ebenso werden die Hausinstallationen des Kunden in den meisten Fällen dauernd — oft sogar kostenlos — überwacht. Der Dienst am Kunden ist heute die erste Pflicht des Stromlieferers. Durch einen solchen gutgeleiteten Kunden- und Werbedienst wird die Bevölkerung in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht aufgeklärt und beraten. Sie wird mit den mannigfachen Verwendungsmöglichkeiten der Elektrizität vertraut gemacht. Die Elektrizität wird hierdurch in immer größerem Maße zum Allgemeingut des Volkes und erleichtert Leben und Wirtschaft im Hause, in der Werkstatt und dem Stall. Die mannigfachen Ausgleichsmöglichkeiten, die dem Stromlieferer zur Verfügung stehen, ermöglichen es, die Tarife zweckmäßig zu gestalten, so daß die Verwendung der Elektrizität in allen Zweigen des menschlichen Lebens erleichtert wird und der Einwohnerschaft bedeutende Vorteile bringt.

In den meisten Fällen sind heute in den von den Elektrizitätswerken selbst bedienten Gebieten neben dem Zählertarif noch Grundgebührentarife eingeführt, die insbesondere die Verwendung der Elektrizität im Haushalt zu fördern imstande sind. So besteht z. B. bei unseren Kraftübertragungswerken Rheinfelden ein Raumtarif, nach welchem neben einer festen Raumgebühr von 50 Pf je Raum und Monat bis zu 6 Räumen und 1 RM je Raum und Monat für jeden weiteren Raum eine einheitliche Stromgebühr von 10 Pf/kWh berechnet wird. Dazu kommt ein sehr billiger Nachttarif für Heißwasserspeicher und dergleichen.

Die Gemeinden selbst erhalten für die Straßenbeleuchtung, für den Betrieb der Wasserwerke und für die Beleuchtung der öffentlichen Gebäude Sonderpreise und außerdem eine Abgabe von den Bruttoeinnahmen aus dem Stromverkauf. Durch die Einräumung dieser finanziellen Vorteile soll dem ja verständlichen Wunsche der Gemeinden, an der Stromwirtschaft in irgendeiner Weise beteiligt zu sein, Rechnung getragen werden.

Daß auch die Tarife für Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft ausgebaut sind, ist selbstverständlich.

Die meisten Elektrizitätswerke erleichtern der Kundschaft die Beschaffung elektrischer Geräte, indem sie hierfür bequeme Teilzahlungen einräumen. Dadurch sind fast alle Stromabnehmer in der Lage, sich elektrische Geräte anzuschaffen und auch Installationen einrichten zu lassen, ohne hierfür sogleich größere Geldmittel aufwenden zu müssen.

Schlußwort.

Zusammenfassend darf gesagt werden, daß die Gemeindeverwaltung wie auch die Einwohner in B-Gemeinden bei direkter Stromversorgung durch die Elektrizitätswerke Vorteile genießen, die sie bei Selbstbewirtschaftung durch die Gemeinde nie erreichen können. Die Gemeinden sind von den Lasten des Unterhaltes und der Instandhaltung des Ortsnetzes befreit und haben außerdem finanzielle Vorteile.

Die A-Verträge sind bei dem heutigen Stand der Elektrizitätswirtschaft, des Kundendienstes und aller damit zusammenhängenden Fragen geeignet, die Entwicklung zu hemmen statt zu fördern. Der Mangel an den erforderlichen Sach- und Fachkenntnissen, die Abhängigkeit der Tarifgestaltung von Mehrheiten, die fehlenden Ausgleichsmöglichkeiten zur Anpassung der Tarife an die verschiedenen Verwendungsarten des Stromes usw. lassen den Abschluß oder die Erneuerung von A-Verträgen nicht mehr empfehlen. Die Selbstverteilung und der Verkauf an die Einwohnerschaft durch die Gemeinden führt zu Zwergbetrieben, die in den meisten Fällen zum Schaden der Allgemeinheit zu einer Verteuerung des Stromes führen, ohne den Gemeinden oder, was dasselbe ist, den Bewohnern finanzielle oder wirtschaftliche Vorteile zu bringen.

Die elektrotechnische Industrie in der preußischen Lehrlingstatistik von 1925.

Von Dr. **Gerhard Puttkammer**, Berlin.

Die gesetzgebenden Körperschaften bereiten ein Berufsausbildungsgesetz vor, das einheitliche Normen für die Ausbildung der ins Erwerbsleben eintretenden Jugendlichen enthalten soll. Ob die hier geplanten Neuerungen praktisch durchführbar sind, kann nur an Hand zuverlässiger Zahlen über den vom Gesetz erfaßten Personenkreis nachgeprüft werden.

Die größte Bedeutung kommt hierbei der Lehrlingsstatistik zu. Die Lehrlingstatistiken allerdings, die von Handwerkskammern, Berufschulen und einzelnen Verbänden aufgestellt werden, können aus Gründen, die in der Natur der Sache liegen, keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit machen. Einen vollständigen Überblick über die Lehrlingshaltung bot bisher allein die gewerbliche Betriebszählung. Da diese aber nur eine Aufgliederung nach Gewerbearten, nicht eine solche nach Berufen durchführt, so erfahren wir hier lediglich die Zahl der beispielsweise in der Elektrotechnik tätigen Lehrlinge, nichts jedoch über ihre berufliche Zusammensetzung.

Weitergehende Einsichten erhalten wir nun durch die preußische Lehrlingstatistik, die dadurch gewonnen wurde, daß man bei der Berufszählung von 1925 neben den für das ganze Reich einheitlich vorgesehenen Fragen in Preußen eine besondere Zusatzfrage, die nach der Lehrlingseigenschaft, stellte.

1. Gesamtzahlen der unselbständigen Erwerbstätigen, Jugendlichen und Lehrlinge.

Berufskategorien	Anzahl		
	männlich	weiblich	zusammen
Unselbständige Erwerbstätige	9 245 161	3 068 137	12 353 298
Davon jugendl. Arbeiter u. Angestellte (einschl. Lehrlinge)	1 136 341	533 270	1 669 611
Jugendl. Angestellte (einschl. Lehrlinge)	150 856	139 483	290 339
Kaufmännische Lehrlinge	139 278	80 920	220 198
Jugendl. qualifizierte Arbeiter (einschl. Lehrlinge)	608 320	112 017	720 337
Gewerbliche Lehrlinge	558 720	81 336	640 056
Jugendl. unqualifizierte Arbeiter . .	377 165	281 770	658 935

Digitized by Google

In Preußen wurden insgesamt 220 000 kaufmännische und 640 000 gewerbliche, das sind zusammen 860 000 Lehrlinge, ermittelt (vgl. Zahlentafel 1). Danach tritt also etwa die Hälfte aller eine Erwerbstätigkeit ergreifenden Jugendlichen in ein Lehrlingsverhältnis ein. Von den 558 000 männlichen gewerblichen Lehrlingen sind 19 000 oder 3,5 % in der elektrotechnischen Industrie beschäftigt. Diese Zahl stellt gleichzeitig annähernd den zehnten Teil aller im Metallgewerbe tätigen Lehrlinge (201 000) dar. Zu den gewerblichen Lehrlingen kommen noch 2000 kaufmännische, eine verhältnismäßig große Zahl (11 % aller Lehrlinge in der elektrotechnischen Industrie), die durch die mit dem Großbetrieb notwendig verknüpfte Ausdehnung der Büroarbeit bedingt ist.

2. Die Lehrlingshaltung in der elektrotechnischen Industrie.

Berufe	Anzahl männlich	Anzahl weiblich	In % d. Gesamtzahl	Von 100 Arbeitern sind Lehrlinge
Monteure	12 990		58,3	26,09
Mechaniker	3 042		13,6	21,72
Schlosser	1 584		7,1	8,46
Dreher	412	3	1,9	7,11
Werkzeugmacher	335		1,5	8,33
Klempner	202		0,9	12,60
Maschinenarbeiter (Holz)	9		—	4,57
„ „ (Metall)	151	3	0,7	2,39
Schmiede	123		0,6	12,01
Galvaniseure	104	15	0,5	21,71
Former	101		0,5	15,86
Gießer	77		0,4	9,82
Tischler	76		0,4	4,30
Walzer	52		0,2	1,76
Drechsler	38		0,2	20,43
Glasbläser	34		0,2	11,22
Kupferschmiede	26		0,1	17,93
Nieter	14		0,1	20,29
Maler	11		0,1	1,20
Angestellte (kaufm. Büropersonal)	1 970	690	11,6	
„ (techn. „)	201	2	0,9	
Sonstige Berufe	44	5		0,73
Zusammen	21 596	718	100,0	

Der größte Teil der Lehrlinge in der elektrotechnischen Industrie — 13 000 oder 58 % — erlernt den Monteurberuf (vgl. Zahlentafel 2). Erst in weitem Abstande folgen die Mechaniker mit einer Besetzung von 3000 oder 13 % und die Schlosser mit einer solchen von 1500 oder 7 %, während die übrigen Berufe mit ungleich kleineren Zahlen vertreten sind.

Den insgesamt 22 000 Lehrlingen in der Elektrotechnik stehen 4000 unqualifizierte Jugendliche in ungelernten und z. T. angelernten, in Zahlentafel 2 nicht besonders erwähnten Berufen gegenüber. Diese Zahl ist nicht übermäßig hoch, ein Zeichen dafür, daß in der Elektrotechnik trotz ihres industriellen Charakters die gelernte Arbeit bei weitem das Übergewicht besitzt.

Setzt man die Lehrlingszahl in Beziehung zu der Gesamtzahl der Arbeiter (einschl. Lehrlinge) eines Berufs, so erhält man die sog. Lehrlingsziffer. In der elektrotechnischen Industrie sind durchschnittlich von 100 qualifizierten Arbeitern 17 Lehrlinge, woraus entnommen werden kann, daß diese Industrie der Lehrlingsausbildung die größte Beachtung schenkt. Diese durchschnittliche Lehrlingsziffer wird bei den für die elektrotechnische Industrie wichtigsten Berufen, den Monteuren und Mechanikern, noch bedeutend überschritten (vgl. Zahlentafel 2). Dafür bleiben andere hinter ihr zurück, besonders die angelernten oder mit Angelernten stark durchsetzten Berufe.

Es hat sich nämlich aus statistisch-technischen Gründen bei der Festlegung des Lehrlingsbegriffs eine strenge Scheidung zwischen Lehr- und Anlernverhältnissen nicht durchführen lassen, so daß als Lehrlinge oft auch jugendliche Arbeiter gezählt worden sind, die eine längere Anlernzeit durchmachen müssen. Die in Zahlentafel 2 als Lehrlinge ausgewiesenen Jugendlichen im Walzer-, Nieter- und Maschinenarbeiterberuf (Bohrer, Hobler, Fräser usw.) dürften sich wohl alle (außer den Universalfräsern) in einem Anlernverhältnis befinden. Im Dreher-, Former- und Gießerberuf dagegen gibt es sowohl Lehr- als auch Anlernverhältnisse. Wegen dieses Mischcharakters können die für die genannten Berufe ermittelten Lehrlingszahlen und -ziffern nicht als unbedingt richtig bezeichnet werden.

Niedrige Lehrlingsziffern finden wir weiterhin in den Berufen, in denen die Lehrlingshaltung hinter den Bezug von Facharbeitern aus anderen Wirtschaftszweigen zurücktritt. Genauere Anhaltspunkte für diese Wanderung der Arbeiter von einem Gewerbezweig zu einem anderen erhalten wir, wenn wir die Beteiligung der elektrotechnischen Industrie an der Lehrlingshaltung mit dem entsprechenden Arbeiterbestand in den einzelnen Berufen vergleichen (vgl. Zahlentafel 3).

3. Anteil der elektrotechnischen Industrie am Gesamtarbeiterbestand (einschl. Lehrlinge) und an der zugehörigen Lehrlingshaltung in einzelnen Berufen in %.

Berufe	Auf die Elektrotechnik entfallen von 100 Arbeitern	Auf die Elektrotechnik entfallen von 100 Lehrlingen
Monteure	33,55	53,85
Galvaniseure	10,35	37,42
Former	1,25	1,33
Gießer	3,86	5,13
Drechsler	2,38	3,08
Nieter	2,00	7,91
Mechaniker	29,84	27,24
Schlosser	3,67	1,56
Dreher	5,38	3,43
Werkzeugmacher	18,11	10,95
Klempner	3,22	1,70
Maschinenarbeiter (Metall)	7,50	4,23
Schmiede	0,76	0,42
Kupferschmiede	1,99	1,72
Glasbläser	14,64	12,87
Tischler	0,76	0,12
Maler	0,89	0,01

Dabei zeigt sich, daß in den nichtmetallgewerblichen Berufen der Anteil der Elektroindustrie am Gesamtarbeiterbestande stets höher ist als der entsprechende Lehrlingsanteil. In der Elektroindustrie sind z. B. 0,89 % aller Maler, aber nur 0,01 % Malerlehrlinge beschäftigt, eine Tatsache, die nur dadurch erklärlich ist, daß die Elektroindustrie die von ihr benötigten Maler nur zu einem kleinen Teil selbst ausbildet.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei einigen, allerdings für die Elektroindustrie nicht ausschlaggebenden Metallberufen, besonders auffällig bei Klempnern, Schlossern und Schmieden. In allen diesen Fällen finden wir in den diesen Berufen entsprechenden Handwerkszweigen ganz gegensätzlich eine außerordentlich hohe Lehrlingshaltung. So beträgt der Anteil des Schmiedehandwerks an der Ausbildung von Schmiedelehrlingen 82 %, der zugehörige Arbeiteranteil aber nur 36 %, der Anteil der Schlosserei an der Ausbildung von Schlosserlehrlingen 33 %, der zugehörige Arbeiteranteil aber nur 14 %. In diesen Handwerkszweigen kommt auf einen Gesellen immer ein Lehrling. Der überschüssige Nachwuchs wandert später in die Industrie, was sich dann hier in einem den Lehrlingsanteil weit überragenden Arbeiteranteil äußert.

Das gilt aber nur für einige im Rahmen der Elektroindustrie weniger wichtige Berufe. In dem hier ausschlaggebenden Beruf, dem Monteurberuf, ist die Elektroindustrie vollkommen unabhängig von irgendeinem Zuzug aus anderen Gewerbezweigen. Sie bildet ihren Facharbeiterbedarf selbst heran, ja, gibt sogar an andere Wirtschaftszweige Monteure als Betriebshandwerker ab. Auch ein großer Teil der in Elektrizitätswerken beschäftigten Monteure wird in der elektrotechnischen Industrie ausgebildet. So kommt es, daß der Anteil der elektrotechnischen Industrie an der Monteurausbildung viel größer ist, als ihrem Facharbeiterbestande entspricht. In dem für die Elektroindustrie nächstwichtigen Berufe, dem Mechanikerberuf, kommt der Lehrlingsanteil dem Arbeiteranteil ziemlich nahe.

Ordnet man die elektrotechnischen Betriebe nach ihrer Größe, so zeigt sich, daß in

Betrieben	mit	1	bis	3	Personen	15,26 %	der Beschäftigten
„	„	4	„	5	„	24,87 „	„ „
„	„	6	„	10	„	24,17 „	„ „
„	„	11	„	50	„	16,43 „	„ „
„	„	51	„	200	„	6,46 „	„ „
„	„	201	„	500	„	3,01 „	„ „
„	„	501	„	1000	„	3,29 „	„ „
„	„	über 1000			„	1,93 „	„ „

Lehrlinge sind. Danach haben auch hier die kleineren Betriebe, namentlich die mit 4 bis 5 und die mit 6 bis 10 beschäftigten Personen, die größte Bedeutung für die Lehrlingshaltung.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Hochspannungsmaschinen für Luftschiffe. — Die Ziehl-Abegg-Werke, Berlin-Weißensee, haben für die Funkanlage, System Telefunken, auf dem Luftschiff „Graf Zeppelin" zwei Hochspannungs-Generatoren geliefert, die von der Inbetriebsetzung des Luftschiffes an in Betrieb sind und sich bei allen Fahrten einschließlich der Weltreise gut bewährt haben. Es soll daher auf die bemerkenswerten Eigenschaften dieser Maschinen hingewiesen werden. Eine der Dynamos ist als Tropfenform ausgebildet und hängt im freien Luftstrom von einem regelbaren zweiflügeligen Propeller angetrieben (Abb. 1).

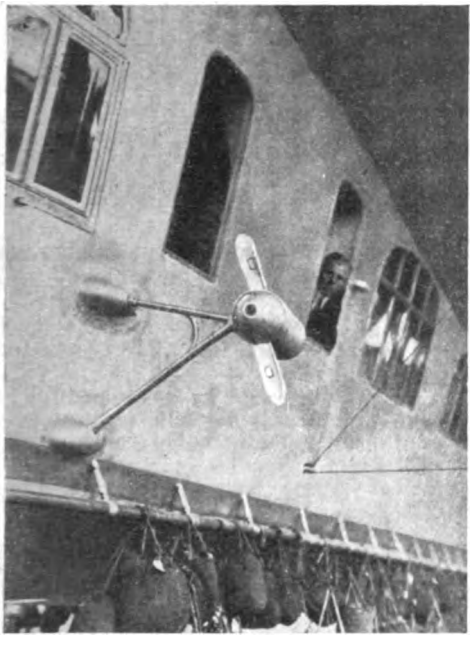


Abb. 1. „Zeppelin" mit außen angebauter Hochspannungsdynamo.

Die Änderung der Geschwindigkeit des Schiffes in den Grenzen von 60 bis 150 km hat keinen Einfluß auf die Drehzahl des Generators; diese bleibt bis auf 1 % genau konstant, was für den Funkdienst erforderlich ist. Die Dynamo selbst hat im Anker zwei Ankerwicklungen, die eine für 1500 V, 220 mA für die Anoden der Senderröhren, die andere für 15 V, 13 A für die Heizung der Senderröhren, außerdem wird von der niedervoltigen Wicklung über zwei Schleifringe ein Wechselstrom von 10 V, 2 A für Modulationszwecke abgenommen. Die Maschine ist im Luftstrom des Schiffes gut gekühlt und konnte daher kleine Abmessungen erhalten, auf welche man bei Bestellung der Maschinen besonders großen Wert legte. Die Maschinen mußten für den „Zeppelin" vom ersten Bleistiftstrich an neu konstruiert werden, und es ist gelungen, obige Leistungen mit einem Gewicht von nur 20 kg zu erreichen, wobei natürlich in Anbetracht der voll verlangten Sicherheit eine reichliche Reserve vorgesehen ist.

Die Propellerdynamo ist während der Fahrt immer in Betrieb, während die zweite Dynamo innerhalb des Schiffes in Reserve steht und von einem Motor, gespeist durch Batterie, betrieben wird. Sie kommt daher nur in Frage, wenn das Schiff in langsamer Fahrt sich befindet, und dient vornehmlich dem Landungsdienst bzw. als Hilfsstromquelle. Die Propellerdynamo ist vor der Weltreise, nachdem sie ungefähr 51 800 km Fahrten zurückgelegt hatte, einer Nachprüfung unterzogen worden. Sie wurde in einem solchen Zustande befunden, daß sie ohne Veränderung wieder in Betrieb genommen werden konnte.

fi.

Apparate.

Dauerversuche an Mehrrohr-Durchführungen. — Wie bereits früher berichtet[1], stellt die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. in laufender Fertigung Wand- und Apparatedurchführungen her, die unter Fortfall jeder Öl- oder Massefüllung aus ineinandergeschobenen, durch ein raumbeständiges Bindemittel fest miteinander verbundenen Porzellanrohren bestehen (vgl. z. B. Abb. 2). Obwohl sich diese Bauart auch unter sehr schwierigen Verhältnissen, so z. B. in Freiluftanlagen während des ungewöhnlich strengen Winters 1928/29, vorzüglich bewährt hat, ist doch gelegentlich das Auftreten von Rissen bei starken Temperaturschwankungen infolge innerer Spannungen des Porzellans befürchtet und die unbedingte Raumbeständigkeit des Bindemittels bezweifelt worden. Um diese Bedenken überzeugend zu widerlegen, hat die Hescho im Laufe des Jahres 1929 in ihrem Werk Hermsdorf (Thür.) an stichprobenmäßig herausgegriffenen Wand- und Apparatedurchführungen der Mehrrohrbauart die nachstehend kurz dargestellten Dauerprüfungen vorgenommen, die selbst die schärfsten Beanspruchungen des praktischen Betriebes weit übertreffen.

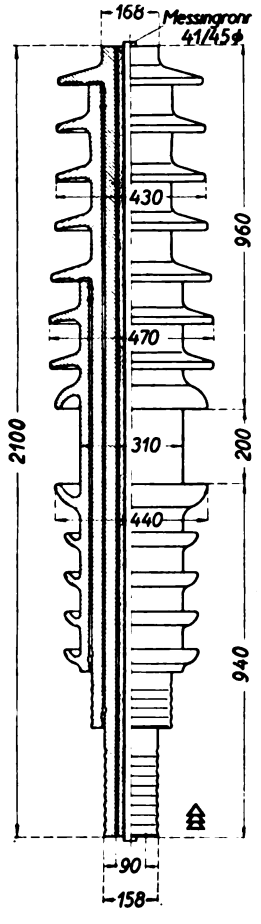


Abb 2. Mehrrohr-Durchführung (Außenraum-Innenraum) für 100 kV Betriebspannung.

In einer ersten Versuchsreihe sind zwei Durchführungen der größten Abmessungen für 100 kV Betriebspannung 700- bzw. 750mal je ½ h lang abwechselnd in ein Wasserbad von 85 ... 95 ° und in ein solches von 15 ... 20 ° getaucht und nach je 20 Tauchungen elektrisch nachgeprüft worden, wobei sie die volle Prüfspannung von 240 kV anstandslos aushielten. Bei einem anschließenden Versuch wurde eine betriebsfertig armierte Apparatedurchführung für 100 kV mit ihrem Ölteil in einen mit heißem Glyzerin (110 ... 120 °) gefüllten Kessel eingesetzt, während ihr Freiluftteil in einem eisernen Bottich durch eisgekühltes Wasser auf 5 ... 10 ° gehalten wurde. Die Durchführung blieb 8 Tage und 8 Nächte lang der Einwirkung dieses Temperaturgefälles ausgesetzt und zeigte trotzdem weder Sprünge noch Risse, so daß sie gleichfalls die Nachprüfung mit der vollen Prüfspannung einwandfrei bestand.

Während durch die vorgenannten Prüfungen die völlige Spannungsfreiheit der Porzellanrohre nachgewiesen wurde, betraf eine zweite Versuchsreihe die Raumbeständigkeit des Bindemittels, insbesondere bei Frost. Für diese Versuche wurde bei mehreren Wand- und Apparatedurchführungen für 45 und 60 kV Betriebspannung, die bereits den ganzen Winter über im Freien gelagert hatten, der wasserdichte Abschluß der Stirnflächen entfernt. Dann wurden die Durchführungen 72 h lang in ein Wasserbad von 30 ... 50 ° gelegt und anschließend in einem Eis-Salz-Gemisch von — 10 ° abgekühlt, um etwa eingedrungenes Wasser zum Gefrieren zu bringen. Nachdem die Durchführungen 3 Tage und 3 Nächte und bei einer späteren Wiederholung eine ganze Woche lang in der Kältemischung verblieben waren, wurden sie herausgenommen und genau nachgesehen, wobei sie keinerlei Beschädigun-

[1] ETZ 1927, S. 290.

Digitized by Google

gen zeigten. Die Durchführungen hielten auch die elektrische Prüfung mit 119 bzw. 152 kV anstandslos aus.

Bei einer letzten Versuchsreihe wurde die Prüfung noch verschärft, indem die Zwischenschichten mit feinen, tiefen Bohrungen versehen wurden, um dem Wasser Gelegenheit zum Eindringen zu geben. Auch diese außerordentlich scharfe Beanspruchung wurde ohne Beschädigung ausgehalten. Nach Abschluß der Dauerversuche wurden sämtliche Durchführungen auch noch mit elektrischer Stoßspannung geprüft. Bei der im Glyzerinkessel geprüften 100 kV-Durchführung wurde die Stoßspannung bis zum Durchschlag gesteigert, der erst bei 860 $kV_{max.}$ auftrat. (Mitt. Hermsd. Schomb. 1929, S. 1539.) *Wal.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Spannungswandler in Kaskadenschaltung für höchste Spannungen. — Die Entwicklung der Spannungswandler ist bisher den gleichen Weg gegangen wie die Entwicklung der Großtransformatoren. Man hat die Konstruktionsweise der niedrigeren Spannungen beibehalten und nur entsprechend der gesteigerten Spannung die Isolierung verstärkt. Beim Spannungswandler ist die Isolierung der Hochspannung führenden Teile das Hauptsächliche der Konstruktion, der eigentliche transformierende Teil des Ganzen ist beinahe nebensächlich. Man muß ihn größer und damit leistungsfähiger machen als man es eigentlich wünscht. Man verlangt in der Klasse E bei ± 0,5 % Genauigkeit 30 VA sekundäre Leistung. Ein 110 kV-Wandler leistet aber etwa das 100fache bei dieser Genauigkeit, bei 220 kV wird das Mißverhältnis noch größer. Nachstehend eine Zahlentafel für normale Spannungswandler.

Zahlentafel 1.

Nennspannung bei 50 Hz kV	Prüfspannung kV	Gesamtgewicht kg	Listenpreis 1928 RM	Preis, bez. auf 1 kV Prüfspann. RM
30	68	168	850	12,5
40	85	300	1 380	16,2
50	103	430	2 100	20,4
65	130	700	3 600	2,77
80	155	1000	4 800	31,0
110	210	2175	11 000	52,0
150	280	4000	21 000	75,0
220	400	8500	45 000	112,0

Mit zwei Spannungswandlern kommt eine Meßstelle bei 220 kV auf rd. 100 000 RM, ohne noch die Stromwandler zu rechnen. Hier setzt nun die zu beschreibende, von Pfiffner[1] angegebene Neuerung ein, die Kaskaden-Erdungsdrossel und der Kaskaden-Spannungswandler; die Vorteile dieser Einrichtungen liegen in der Materialersparnis und in der erhöhten Sicherheit, u. zw. sind sie in dem hochspannungstechnisch wesentlich günstigeren Aufbau gegenüber den üblichen Modellen begründet.

Schaltung der Kaskadendrossel bzw. des Kaskaden-Spannungswandlers. — Bei 110 kV Nennspannung werden drei eisengeschlossene Drosseln in Reihe geschaltet, die Mitte einer jeden Wicklung ist mit dem Eisenkern verbunden, so daß als maximale Spannung im Innern eines jeden solchen Kaskadengliedes 1/6 der Gesamtspannung auftritt. Jedes Kaskadenglied besteht aus drei Wicklungen: der eigentlichen dünndrähtigen Drosselwicklung und den zwei dickdrähtigen, aus Gründen leichter Isolierung neben der dünndrähtigen Wicklung liegenden Kopplungspulen. Am letzten Glied, das an Erde liegt, dient diese Kopplungspule als Sekundärspule zum Anschluß der Instrumente; die Kopplungspule am andern, am Hochspannungsende der Kaskade ist überflüssig. Ihr Wickelraum wird für die Schutzwicklung verwendet, von der noch zu sprechen sein wird. Um die Streuung zu vermindern, wird über der ganzen Länge der Wicklungen eine Ausgleichspule angeordnet. Abb. 3 zeigt die grundsätzliche Gesamtschaltung.

Die einzelnen Glieder bestehen aus Mantelkern-Transformatoren mit 20 Einzelspulen, die an den beiden Enden von den dickdrähtigen Kopplungspulen eingeschlossen sind (Abb. 4). Die Mitte der Hochspannungswicklung ist mit dem Kern verbunden. Jedes Glied wird für eine Sternspannung von 22 kV bemessen, es kann dauernd mit der verketteten Nennspannung und 10 h mit 20 % höherer Spannung gefahren werden. Der Kern mit der Wicklung liegt in einem Porzellangefäß mit folgenden Maßen:

Äußerer Durchmesser samt Wulsten	680 mm,
gesamte Porzellanhöhe	410 „
Überschlagspannung unter Regen	120 kV.

[1] ETZ 1926, S. 44.

Der Eisenkern besteht aus hochlegierten Blechen mit folgenden Eigenschaften:

Eisenverluste bei Sternspannung	52 W
Eisenverluste bei 100% verketteter Spannung	130 W
Leerlaufstrom bei Sternspannung	3,5 mA
„ „ 100% verketteter Spannung	9,0 mA
Kupferverluste bei 100% verketteter Spannung im Leerlauf	0,6 W.

Jedes einzelne Glied wird imprägniert und bis zum Topfrand mit einer plastischen Masse ausgegossen, die gleichzeitig auch das Eindringen jedweder Feuchtigkeit zu der Wicklung verhindert. Die Masse hat einen sehr niedrigen Erstarrungspunkt und bleibt auch noch bei tiefen

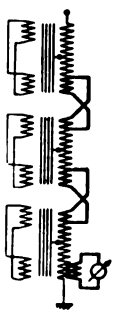


Abb. 3. Schaltung des Kaskadenwandlers.

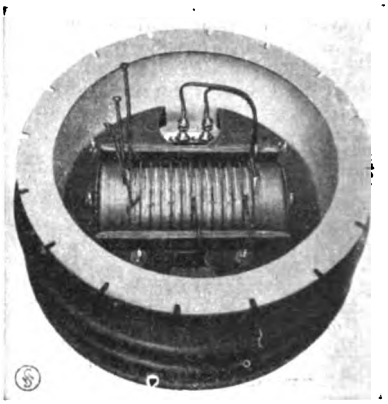


Abb. 4. Glied eines Kaskadenwandlers.

Temperaturen geschmeidig. Abb. 5 zeigt u. a. einen Wandler mit sechs Gliedern für 220 kV verkettete Spannung.

Erreichbare Genauigkeit und Leistung. Die für eine bestimmte Genauigkeitsgrenze erreichbare zulässige Energieentnahme ist außer von der Art der Belastung auch von der Gliedzahl abhängig. Dabei sinkt die zulässige Spannung in rohen Grenzen umgekehrt proportional der Gliedzahl:

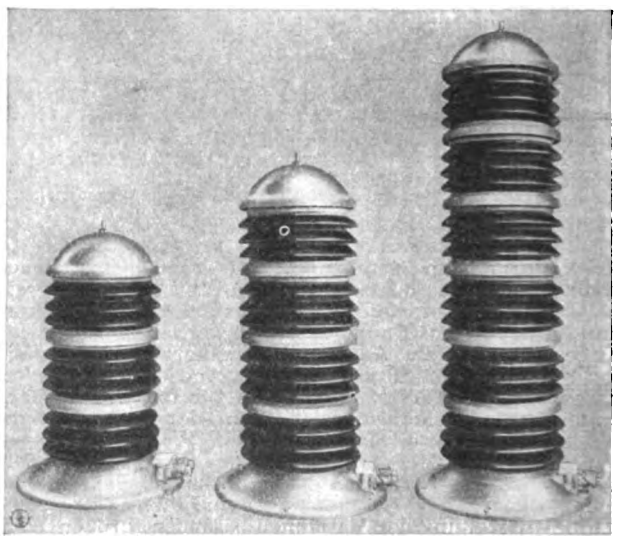


Abb. 5. Kaskadenwandler für 110/150/220 kV verkettete Spannung.

Zahlentafel 2.

Gliederzahl	1	2	3	4	5	6
Max. Nennspannung b. 50 Hz	38	75	110	150	185	220 kV
Klasse E (0,5%, 20 min)	150	110	80	60	50	40 „
Klasse F (1,5%, 60 min)	450	350	240	180	150	120 „
Klasse 3%	1000	600	500	350	300	250 „

Bei anormalem Betriebszustand, bei vollkommenem Erdschluß einer Leitung, entfernen sich die Fehlergrößen von dem Wert bei der Sternspannung und überschreiten

Digitized by Google

die Normalwerte. Das ist aber ohne Bedeutung, weil dieser Betriebszustand doch nur ein vorübergehender ist.

Spannungsfestigkeit in Dauerschaltung. Die maximale Nennspannung ist für 1 Glied 38 kV, um 20 % dauernd überlastbar, also maximal 46 kV. Da ein Glied etwa 18 000 Windungen in 20 Abteilungen hat, so ist die Windungspannung im normalen Betriebsfall 22 000 : 18 000 = 1,2 V, bei Erdschluß und 20 % Spannungssteigerung 2,4 V. Das Isolieren bei diesen niedrigen Spannungen stellt kein besonderes Problem dar. Einzelne Spulen haben bei Versuchen mit erhöhter Frequenz 8 h lang ohne Durchschlag 30 kV ausgehalten. Der Kaskadenwandler ist demnach durch die geringe Windungspannung gegen normalen Windungschluß in hohem Maße gesichert.

Prüfspannung. Die maximale Prüfspannung mit erhöhter (2 ... 3facher) Frequenz wurde für 1 Glied auf 80 kV festgesetzt, d. i. 40 kV für die Wicklungshälfte gegen den Eisenkern. Die Durchschlagspannung an dieser gefährdeten Stelle, an den Enden der Wicklung, hat im betriebswarmen Zustande als Mittel aus 8 Versuchen etwa 100 kV betragen.

Sprungwellenfestigkeit. Für stationäre Spannungszustände gestattet die Kaskadenschaltung, in wirksamster Weise die Spannungen in den einzelnen Gliedern herabzudrücken. Bei drei Gliedern isoliert man nur für $^1/_6$ der Spannung, bei sechs Gliedern für $^1/_{12}$ der Spannung. Dagegen ist aber die Kaskadenschaltung wirkungslos gegenüber nichtstationären Spannungszuständen, gegenüber Sprungwellen, die in die Wicklungsenden eindringen und dort sehr hohe Spannungsdifferenzen erzeugen, die die Windungsisolation zu durchschlagen versuchen. Sieht man von Sonderfällen ab, so sind im allgemeinen immer die Eingangswindungen und die Ausgangswindungen auch bei Erdung des einen Poles am stärksten gefährdet. Es ist unmöglich, eine Wicklung absolut sprungwellenfest zu machen, wohl aber sie den betriebsmäßig vorkommenden Wellen gegenüber widerstandsfähig zu machen. Da an dem obersten, am meisten gefährdeten Glied der Platz für eine Kopplungspule zur Verfügung stand, konnte man die Eingangswindungen ganz besonders stark isolieren. Die ersten 1000 Windungen sind so isoliert, daß ihre Durchschlagspannung gegeneinander bei einem Wechselstrom von 50 Hz 30 $kV_{eff} = 50\ kV_{max}$ beträgt. Die Durchschlagfestigkeit gegen Stoßspannungen ist erfahrungsgemäß wesentlich höher; sie kann auf etwa das Dreifache, d. i. 150 kV, veranschlagt werden. Die nächsten Windungen sind schwächer isoliert. Darin liegt eine sehr hohe Sicherheit, die auch für die 6gliedrige 220 kV-Kaskade, bei der mit Sprungwellen bis 700 kV Amplitude zu rechnen ist, vollkommen ausreicht.

Trotzdem werden noch Dämpfungswiderstände verwendet, u. zw. induktiv gewickelte Drahtrollenwiderstände, die in einer Emailglasur eingeschmolzen sind. Für je 20 kV Nennspannung werden 3000 Ω vorgeschaltet, bei 100 kV also 15 000 Ω. Der bequemen Bauweise halber werden auch diese Widerstände nur in Freiluftausführung gebaut und in die Zuleitung zu dem Wandler eingehängt. Das Gewicht eines Kaskadengliedes ist samt den Armaturteilen etwa 220 kg. daraus ergibt sich folgende Gegenüberstellung zu den Werten der Zahlentafel 1:

Zahlentafel 3.

Nennspannung kV	übliche Bauweise Gewicht kg	übliche Bauweise Prüfspannung kV	Kaskade Gewicht kg	Kaskade Prüfspannung kV	Gewichtsverminderung
110	2175	210	660	240	73%
150	4000	280	880	350	80%
220	8500	400	1300	460	85%

Ferner seien noch die ungefähren Preise gegenübergestellt, wobei der Preis eines normalen 110 kV-Wandlers gleich 100 gesetzt wurde.:

Zahlentafel 4.

Nennspannung kV	Übliche Bauweise	Kaskade	Verminderung
110	100	47	53%
150	190	63	67%
220	410	95	77%

Daraus geht die Überlegenheit dieser Bauweise für die höchsten Spannungen auch hinsichtlich der Preise hervor. (G. Keinath, Siemens-Z. Bd. 8, S. 629.) *Sb.*

Messungen an eisengeschlossenen elektrodynamischen Wechselstrom-Leistungsmessern nach der Kompensationsmethode. — Bei den von W. Geyger im Laboratorium der Hartmann & Braun AG. durchgeführten Untersuchungen an eisengeschlossenen elektrodynamischen Wechselstrom-Leistungsmessern hat sich die Kompensationsmethode bei Benutzung des Vibrationsgalvanometers als Nullinstrument als wertvolles Hilfsmittel zur experimentellen Vorausbestimmung der in Betracht kommenden Fehlergrößen erwiesen. Über angewendete Kompensationsverfahren und damit in engem Zusammenhange stehende ergänzende Messungen und Berechnungen berichtet Geyger zusammenfassend. Das behandelte Meßgerät entspricht der normalen Ausführungsform der von H. & B. hergestellten eisengeschlossenen elektrodynamischen Wechselstrom-Leistungsmesser (Type EF), u. zw. einem Instrument mit dem Nennstrom 5 A.

In der Arbeit wird das untersuchte Instrument beschrieben und über folgendes berichtet: Bestimmung des mechanischen Gütefaktors (gemäß der Definition von Keinath) und der elektrodynamischen Instrumentkonstante, Berechnung des Krümmungsfehlers (entsprechend dem Vorgange von Keinath) und Messung desselben nach der Kompensationsmethode, theoretische Betrachtungen über den durch die Hysterese- und Wirbelstromverluste verursachten Fehlwinkel und Messung desselben nach der Kompensationsmethode und mit Hilfe eines eisenlosen Elektrodynamometers, Berechnung des durch die Induktivität der Drehspule verursachten Fehlwinkels und Messung desselben nach der Kompensationsmethode, Kompensation des durch die Hysterese- und Wirbelstromverluste verursachten Fehlwinkels und Messung des resultierenden Gesamtfehlwinkels des Leistungsmessers, Berechnung der gegenseitigen Induktivität zwischen der festen und der beweglichen Spule und Messung derselben nach der Kompensationsmethode, Bestimmung des durch die Einstellung der Drehspule auf kleinsten magnetischen Widerstand hervorgerufenen Anzeigefehlers (Unsymmetriefehlers). Es ergibt sich gute Übereinstimmung der berechneten und gemessenen Werte. (W. Geyger, Arch. El. Bd. 22, H. 2, S. 119.)

Beleuchtung.

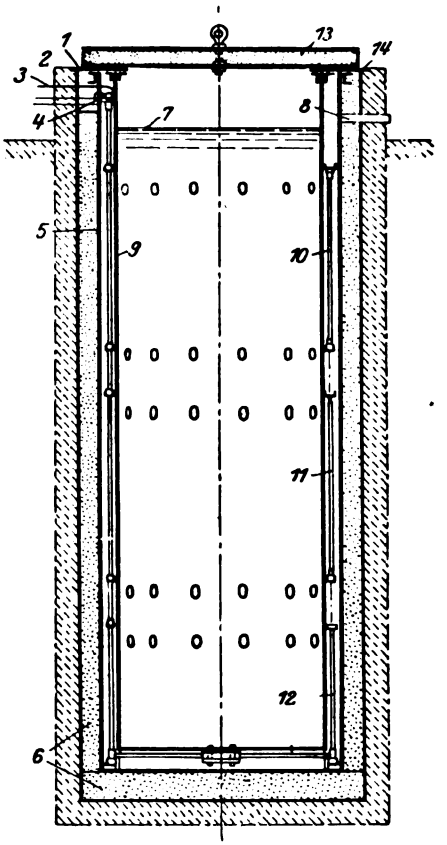
Der Stand des Beleuchtungswesens im Seeverkehr. — Über die Ergebnisse der internationalen Seezeichen-Konferenz, die im Juni vorig. Jahres in England stattfand, berichtete F. Born in der Mitgliederversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft am 13. XI. 1929. Die Konferenz brachte nicht nur eine Reihe von wertvollen neuen Untersuchungen über die verschiedensten mit dem gesamten Gebiet der Seeverkehrsicherung zusammenhängenden Fragen, sondern gab auch ein vollständiges Bild von dem jetzigen Stand der Technik auf diesem Gebiet. Die Anforderungen, die an ein Leuchtfeuer gestellt werden, sind: genügende Tragweite, ausreichende Vertikalstreuung und Betriebssicherheit. Die Tragweite des Scheinwerfers soll mindestens gleich der geographischen Sichtweite sein. Für die Berechnung der Tragweite bzw. der für diese erforderlichen Lichtstärke wird die sog. minimale Beleuchtungsstärke am Standort des Beobachters zugrunde gelegt, d. h. die Beleuchtung, die eine Lichtquelle mit der Lichtstärke von 0,3 internationalen Kerzen in der Entfernung von 1 km hervorruft. Die Tragweite eines Blinkfeuers ist stets kleiner als die eines festen Feuers; neuere Untersuchungen von Blondel und Rey ergaben jedoch, daß für die Erzeugung des gleichen Lichteindruks bei kurzen Lichtreizen relativ geringere Lichtstärken erforderlich sind als bei langen, während man früher angenommen hatte, daß das Produkt aus Lichtstärke und Blitzdauer konstant sein müsse. Der Lichtblitz soll möglichst scharf abgegrenzt sein und die einzelnen Zeichen dürfen nicht zu rasch aufeinander folgen. Jedes Blinkfeuer erhält eine „Kennung", d. h. eine charakteristische Aufeinanderfolge von Lichtblitzen, durch die es sich von den anderen Leuchtfeuern unterscheidet. Die Zeichengebung für die Kennung erfolgt entweder durch entsprechende Anordnung der Optik beim Drehfeuer, durch mechanische Betätigung von Blenden oder durch Ein- und Ausschalten der zur Lichterzeugung verwendeten Energie. Ausreichende Vertikalstreuung ist besonders dort notwendig, wo gefährliche Stellen der Küste kenntlich zu machen sind, oder dort, wo der Standort des Feuers starken Schwankungen ausgesetzt ist, wie z. B. auf Feuerschiffen oder Bojen. Hier hilft man sich außerdem durch cardanische Aufhängung. Für die optische Ausrüstung werden Parabolspiegel, Ring- und Gürtellinsen verwendet. Für die Größe der erzeugten maximalen Lichtstärke sind neben der Form der Lichtquelle und ihrer Leuchtdichte die Formgebung der Linse und ihre Durchlässigkeit maßgebend. Für die Ermittlung dieser Zusammenhänge wurden von Hampton in England Untersuchungen angestellt.

Digitized by Google

Als Lichtquellen für Leuchtfeuer kommen Brenner für flüssige und gasförmige Brennstoffe wie Azetylen und Blaugas in Frage; Azetylen wird meist in Azeton gelöst verwendet. Von den elektrischen Lichtquellen werden Bogenlampen heute nicht mehr in großem Umfang verwendet, dagegen hat sich auch auf diesem Gebiet die Glühlampe erfolgreich eingeführt, da bei ihrer Verwendung große Ersparnisse an Betriebs- und Bedienungskosten erzielt werden können. Die für Spiegelscheinwerfer gebauten Scheinwerfer-Glühlampen, bei denen der Leuchtkörper in der Form eines Zylindermantels angeordnet ist, sind für Linsenscheinwerfer im allgemeinen nicht geeignet. Da die Leuchtfeuer früher mit Petroleum oder Gasglühlicht betrieben worden sind und die Optik für diese Brennerformen konstruiert ist, müssen sich die Glühlampen-Leuchtsysteme diesen Formen anpassen. Man ordnet deshalb in solchen Fällen den Leuchtkörper in Form eines Doppel-Kegelstumpfes oder eines Glühstrumpfkörpers an. Um auch im Fall des Durchbrennens der Lampe unbedingte Betriebsicherheit zu gewährleisten, sind Lampen-Auswechselvorrichtungen konstruiert worden, die beim Versagen der Glühlampe selbsttätig eine zweite Lampe oder einen Gasbrenner in den Brennpunkt des Scheinwerfers rücken und einschalten. Glühlampen-Leuchtfeuer sind neuerdings auch bei Tage in Häfen mit schlechter Sicht mit gutem Erfolg verwendet worden. Mit Neonröhren hat man in England gute Erfahrungen gemacht, da ihr Licht bei Nebel besonders gut durchdringt. Ein weiterer Vorteil der Neonröhren für die Anwendung als Lichtquellen für Seezeichen ist ihre markante Farbe, die gleichmäßige Lichtverteilung und trägheitslose Schaltbarkeit für die Kennungsgebung. Wahrscheinlich werden die neuen Hochleistungs-Neonröhren auch auf diesem Gebiet noch eine Zukunft haben. *Frh.*

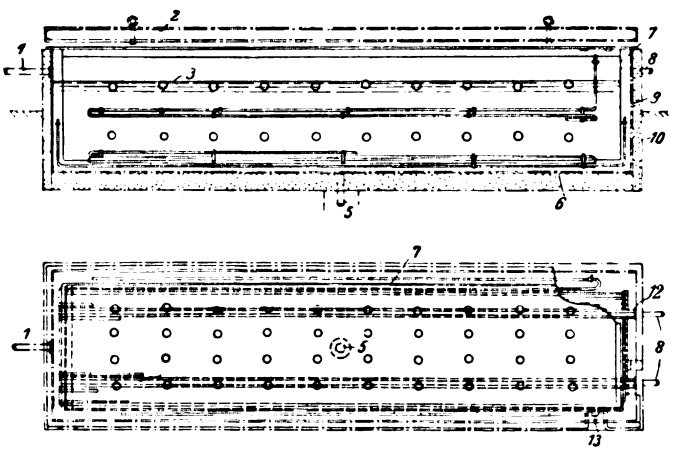
Heizung. Öfen.

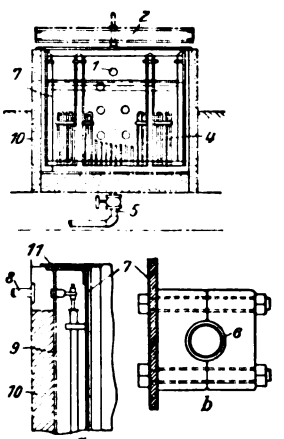
Asphalt-Tauchkessel „Falcon". — Um Asphaltüberzüge herzustellen, werden die Rohre usw. in große Kessel mit etwa 90 ... 112 m³ flüssigen Asphalts getaucht. Mit Rücksicht auf die Größe der Kessel, die geringe Wärmeleitung des Asphalts und schließlich die nahe am Brennpunkt gelegene Arbeitstemperatur hierfür ist eine vollkommen gleichmäßige Erhitzung des Kesselinhaltes von besonderer Bedeutung. Die sonst zweckmäßigen Rohrschlangen kommen wegen des starken Temperaturabfalles nicht in Frage, die Temperatur eines elektrischen Heizrohres hingegen bleibt über die ganze Länge konstant. Der „Falcon"-Heizkörper besteht aus zusammengeschlossenen gewöhnlichen Stahlrohren, die isoliert auf einem Tragring montiert werden. Die fertige Einrichtung stellt einen geschlossenen Zylinder dar, welcher in den Kessel gesenkt wird. Zur Reinigung, bei Unglücksfällen und für Reparaturen kann der Zylinder herausgezogen und durch Öffnen der Klemmen abgeschaltet werden. Die Verwendung von gewöhnlichen Stahlrohren anstatt Nickel oder Chrom hat sich durchaus bewährt, da sie keinen Dampfdruck auszuhalten haben. Das Eintauchen der Heizrohre in den nicht leitenden Asphalt macht eine elektrische Isolation überflüssig und fördert die Wärmeübertragung, so daß Wirkungsgrad und Raschheit der Erwärmung möglichst groß sind. Als Überzug wird Asphalt bei 186° verwendet — der Schmelzpunkt liegt bei 110° —. Versuche haben aber ergeben, daß jedes nicht leitende Material in gleicher Weise behandelt werden kann. Die Ausgestaltung der Kessel — es kommen horizontale und vertikale Stahlkessel in Frage — geht am besten aus den Abb. 6 und 7 hervor. Die Heizelemente sind für 230 V, Dreiphasenstrom, 60 Hz, ausgelegt und für jede Phase in Abschnitte unterteilt. Für andere Spannungen sind nur geringfügige Abänderungen erforderlich. Die Temperaturregelung erfolgt durch einen Stern-Dreieck-Schalter und ein Thermometer mit Relais und Magnetschaltern. Zur Erleichterung empfiehlt sich die Unterteilung des Kessels in 3 Partien mit gesonderten Instrumenten. Auch kann zeitweise nur ein Kesselabschnitt in Betrieb genommen werden. Eine empfindlichere Temperaturregelung kann durch Verwendung eines Spartransformators erzielt werden mit 100, 60, 33⅓ oder 20 % der verfügbaren Leistung. Um die Betriebskosten möglichst niedrig zu halten, empfiehlt sich die Heizung des Kessels während



1 Klemmplatte
2 Temperaturkontrolle
3 Kapillarrohre
4 Klemmen
5 Kessel
6 Wärmeisolation
7 Flüssigkeitspiegel
8 Überlauf
9 Heizrohrträger
10 oberer Heizabschnitt
11 mittlerer Heizabschnitt
12 unterer Heizabschnitt
13 Deckel
14 Abschlußplatte

Abb. 6. Schnitt durch einen Vertikalkessel.





1 Überlauf
2 Deckel
3 Flüssigkeitspiegel
4 Heizabschnitt
5 Ablaufrohr
6 Heizrohre
7 Heizrohrträger
8 Zuleitung
9 Kessel
10 Wärmeisolation
11 Klemmdeckel
12 Klemme *T*
13 Klemmplatten entfernt
a Teile der Klemme *T*
b Art der Rohrmontage

Abb. 7. Schnitt durch einen Horizontalkessel.

Digitized by Google

der Nachtstunden, da die Masse über Tag nur wenig auskühlt. (H. O. Swoboda, Swoboda-Bull. Nr. 160, Mai 1929.) *Ktw.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Entwicklung der Kraftfahrlinien im Personenverkehr nordamerikanischer Großstädte. — Es ist bekannt, daß in New York und seinen Vororten, im Gegensatz zu den europäischen Großstädten, dem Kraftomnibus bisher eine nur unbedeutende Rolle zugefallen ist. Zwar hat der Omnibusverkehr in den letzten Jahren stark zugenommen, u. zw. übrigens nicht auf Kosten der Hoch- und Untergrundbahnen, sondern der Straßenbahnen. Trotzdem aber stellt im Jahre 1928 der Omnibusverkehr mit rd. 180 Mill beförderter Fahrgäste nur 5,7 % des Gesamtverkehrs von New York dar. Demgegenüber sind an der Verkehrsbewältigung die Schnellbahnen mit 1919 Mill beförderter Fahrgäste (61,2 %) und die Straßenbahnen mit 1003 Mill beförderter Fahrgäste (32.1 %) beteiligt. Die Zahl der Fahrten auf den Kopf der Bevölkerung mit den verschiedenen Verkehrsmitteln hat sich in New York wie folgt während der Jahre 1918 ... 1927 verschoben:

	Fahrten auf den Kopf der Bevölkerung im Jahre 1918	1927
Schnellbahnen	190	291
Straßenbahnen	160	162
Kraftomnibusse	5	29

Vergleichsweise sei angeführt, daß in Berlin im Jahre 1928 sich die Schnellbahnen (einschl. Stadt- und Vorortbahnen) mit 37,7 %, die Straßenbahnen mit 50 % und die Kraftomnibusse mit 12,3 % in die Bewältigung des Verkehrs teilten.

Ähnlich wie in New York liegen die Verhältnisse bei den übrigen nordamerikanischen Großstädten; bei allen ist eine zwar starke Zunahme des Verkehrsanteils des Kraftomnibus in den letzten Jahren festzustellen, aber in fast allen Fällen ein nur geringer Anteil dieses Verkehrsmittels am Gesamtverkehr.

Chicago ist diejenige Stadt, die am ehesten ihrer Einwohnerzahl nach mit Berlin verglichen werden kann. Die Bevölkerung von Chicago ist noch immer in starker Zunahme begriffen; sie ist in den Jahren 1918 ... 1927 um 18 % auf 3,1 Mill angewachsen, während die Zahl der beförderten Fahrgäste in demselben Zeitraum um 31,5 % gestiegen ist. Seit dem starken Einsetzen des Omnibusverkehrs im Jahre 1923 wurden in Chicago Fahrgäste befördert:

	Chicago im Jahre 1923	1927	Berlin im Jahre 1927
mit Schnellbahnen . . .	212 Mill	227 Mill	601 Mill
„ Straßenbahnen . . .	825 „	882 „	935 „
„ Kraftomnibussen . . .	22 „	59 „	157 „
insgesamt	1059 Mill	1168 Mill	1693 Mill

Da sich die Einwohnerzahlen von Chicago und Berlin genau wie 3 : 4 verhalten, müßte der Verkehr von Berlin auf Grund der in Chicago beförderten Fahrgäste 1557 Mill Fahrgäste betragen; er stellt sich aber nach obiger Zusammenstellung auf 1693 Mill Fahrgäste, so daß die Berliner Reisehäufigkeit etwas höher ist als die von Chicago. In Berlin ist aber der Anteil der Schnellbahnen und der Kraftomnibusse an der Bewältigung des Verkehrs bedeutend höher als in Chicago. Kraftomnibuslinien bestehen in Chicago zur Zeit 24; die Zahl der Fahrten im Kraftomnibus auf den Kopf der Bevölkerung ist vom Jahre 1923 bis zum Jahre 1927 von 8 auf 19 gestiegen; in demselben Zeitraum hielt sich die Zahl der Straßenbahnfahrten unverändert auf 284, während die Zahl der Schnellbahnfahrten sogar seit dem Jahre 1918 mit 88 Fahrten auf den Kopf der Bevölkerung keine Zunahme aufweist. Dieser geringe Anteil der Schnellbahnen an der Bewältigung des Verkehrs in Chicago ist auf die ungünstigen Verhältnisse in der Schnellbahnschleife um die Geschäftstadt zurückzuführen, deren Beseitigung schon seit vielen Jahren erstrebt wird.

In Boston ist schon seit einer Reihe von Jahren das erreicht, was im vergangenen Jahre auch in Berlin durchgeführt wurde, die Zusammenfassung aller Verkehrszweige, Schnellbahnen, Straßenbahnen und Omnibusse in eine Hand mit unbeschränkter Umsteigemöglichkeit zwischen den verschiedenen Verkehrsmitteln. Die Omnibuslinien sind in Boston erst 5 Jahre alt, haben aber in dieser kurzen Zeit eine rasche Zunahme aufzuweisen. Im Jahre 1927 wurden 26 Linien betrieben, u. zw. fast ausschließlich innerstädtische Zubringerlinien, deren durchschnittliche Länge nur 3,2 km beträgt. Es wurden von den Omnibuslinien i. J. 1923 rd. 2,15 Mill und i. J. 1927 rd. 23,45 Mill Fahrgäste befördert, wobei i. J. 1923 rd. 758 000 Wagenkilometer und i. J. 1927 nicht weniger als 9 067 000 Wagenkm geleistet wurden. — Dafür aber beförderten die Schnellbahnen und Straßenbahnen[1] im Jahre 1923 noch 380 Mill Fahrgäste, im Jahre 1927 aber nur noch 343,49 Mill Fahrgäste, so daß trotz des Hinzutretens des Omnibusverkehrs ein Verkehrs rückgang um rd. 15 Mill beförderter Fahrgäste verbleibt. Der Verkehrsrückgang wird z. T. auf die erhöhten Fahrpreise zurückgeführt, denn die durchschnittliche Einnahme aus 1 Fahrt ist seit 1923 von 36,67 auf 39,03 Pf gestiegen. Auf den Kopf der Bevölkerung kommen für das Jahr 1927 insgesamt 301 Fahrten.

Noch rascher als Boston wächst Cleveland, dessen Bevölkerung in der Zeit von 1918 bis 1927 um 35,1 % auf etwas über 1 Mill Einwohner gestiegen ist. Trotzdem ist die Fahrtenzahl auf den Straßenbahnen (über Schnellbahnen verfügt Cleveland nicht) von 279,92 Mill im Jahre 1924 auf 251,02 Mill gefallen. Omnibuslinien wurden erst im Jahre 1925 in Betrieb genommen und beförderten i. J. 1927 rd. 11,3 Mill Fahrgäste, sind also nur teilweise an dem Verkehrsrückgang auf den Straßenbahnen beteiligt. — Es wird angenommen, daß die Ausdehnung in Cleveland das Maß überschritten habe, bei dem die Straßenbahn den Verkehr noch zweckmäßig bedienen kann. Die Zahl der Straßenbahnfahrten auf den Kopf der Bevölkerung ist von 332 im Jahre 1918 auf 236 im Jahre 1927 gesunken.

Den bei Cleveland festgestellten Verkehrsrückgang teilen auch andere nordamerikanische Städte, z. B. St. Louis, Baltimore, Cincinnati und Richmond. Faßt man den Verkehr dieser fünf Städte zusammen, so findet man für den Zeitraum 1918 .... 1927 zwar eine Zunahme der Bevölkerung um 18 %, aber einen Rückgang der Zahl der beförderten Fahrgäste um rd. 3 %, infolgedessen eine Abnahme der Zahl der Fahrten auf den Kopf der Bevölkerung um 12,21 %. Alle diese Städte haben trotz mehrfacher Ansätze dazu noch keine Schnellbahnen, trotzdem sie an der Grenze der Entwicklung angelangt sind, an der ohne Schnellbahnen die zu groß gewordenen Entfernungen nicht mehr überbrückt werden können. Offenbar ist der Verkehr mehr und mehr auf den Privatkraftwagen abgewandert. (El. Railw. Journ. Bd. 73, S. 9.) *Hgk.*

Bergbau und Hütte.

Stand der Mechanisierung im Kohlenbergbau der V. S. Amerika. — Der Schwerpunkt der Mechanisierung des Kohlenbergbaues liegt heute in der maschinenmäßigen Hereingewinnung, der Abbauförderung und der Verladung der Kohle, also am Kohlenstoß. Während in Amerika von den Kohlenmengen aus Tiefbauanlagen im Weichkohlenbergbau 75 % nach vorbereitender Schrämarbeit gewonnen werden, sind es im Anthrazitkohlenbergbau, dessen Flözverhältnisse mit denen des Ruhrgebiets vergleichbar sind, nur 2 %. Wie C. H. Fritzsche im „Glückauf" ausführt, wird neben der Verwendung von Schrämmaschinen und mechanischen Abbaufördermitteln großer Wert auf die Mechanisierung des Ladevorganges gelegt. Die Verwendung von Lademaschinen steht allerdings zur Zeit noch in den Anfängen und hat erst etwa 3 % der Gesamtförderung erfaßt. 4,5 % der Weichkohlenförderung sind im Jahre 1928 durch Lademaschinen verschiedener Art oder von Hand beschickte Abbaufördermittel gegangen. Dazu kommen noch 2,6 %, die im Anthrazitkohlenbergbau durch Schrapper, Rutschen oder Bänder und Lademaschinen gefördert wurden. Der Anthrazitbergbau verfügt also bisher nur über eine geringe Anzahl vollmechanischer Lademaschinen, die auch im Weichkohlenbergbau weniger im Abbau als in erster Linie im Ortbetrieb Verwendung finden. Die Ursache für die Vernachlässigung der Lademaschine im amerikanischen Anthrazitbergbau ist offenbar eine ähnliche wie die im Ruhrbergbau wirkende. Auffallend erscheint das Zurücktreten der Schüttelrutschen. Das liegt aber zweifellos daran, daß der in Amerika herrschende Kammerbau es ermöglicht, mit dem Förderwagen bis vor Ort zu gelangen. Es ist anzunehmen, daß die Verwendung von Lademaschinen aller Art in der nächsten Zukunft erheblich zunehmen und schon das Jahr 1929 einen starken Zuwachs bringen wird. Auch aus den Verhandlungen auf dem vorjährigen Kohlenkongreß in Cin-

[1] Die Schnellbahn- und Straßenbahnfahrgäste werden in Boston nicht gesondert erfaßt.

Digitized by Google

cinnati ging einwandfrei hervor, daß die Abbaumechanisierung nunmehr entscheidend aus dem versuchsmäßigen in den erfolgreich arbeitenden Zustand übergegangen ist. (C. H. Fritzsche, Glückauf Bd. 65, S. 1314.) *Ka.*

Fernmeldetechnik.

Der neue Groß-Rundfunksender Rom. — Demnächst wird der 50 kW-Rundfunksender in Rom in Betrieb gesetzt, der von der Radio-Corporation of America (RCA) geliefert ist. Nach Mitteilungen der Rundfunkgesellschaft EIAR soll der Sender eine hundertprozentige Modulation haben, was einer Strahlenenergie von 200 kW entsprechen würde. Der Sender ist in einer Entfernung von 23 km von Rom bei der Bahnstation S. Palomba an der Linie Rom—Neapel aufgestellt. Die Stromlieferung erfolgt durch eine 25 000 V-Zuleitung, das letzte Stück (1 km) ist als Kabel geführt. Auch die Mikrophon-Zuleitung ist im letzten Teil (2 km) als Kabel ausgebildet.

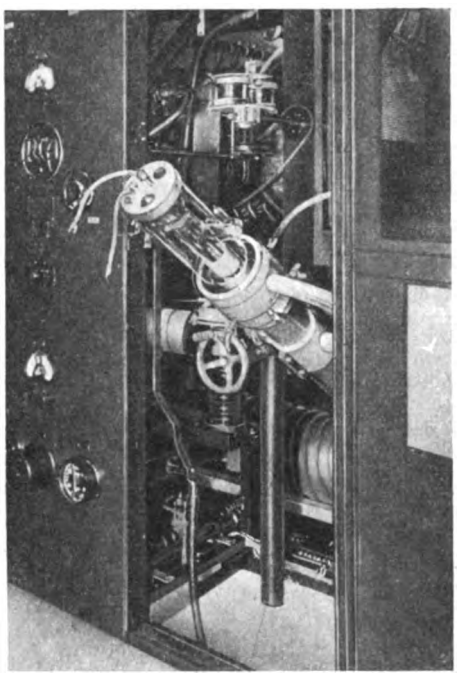


Abb. 8. Eine der 100 kW-Senderöhren, aus dem römischen 50 kW-Sender zur Untersuchung herausgeschwenkt.

Der Sender ist mit zwei großen Senderöhren von je 100 kW Leistung ausgerüstet (Abb. 8) und ist kristallgesteuert ($\lambda = 441$ m). Der Steuerkristall ist in einen Thermostaten eingebaut. Die Modulation erfolgt nach der Heising-Schaltung (vgl. Abb. 9). Die Senderöhren haben einen Stromverbrauch von 207 A bei 33 V. Der Anodenstrom beträgt 4 A bei 18 000 V. Heiz- und Gitterspannung werden in rotierenden Umformern erzeugt, die Anodenspannungen jedoch durch Gleichrichtung des 45 Hz-Netzstromes mittels Sonder-Quecksilbergleichrichters mit geheizter Kathode. Es sind drei solcher Gleichrichter, u. zw. für 600, 3000 und 18 000 V vorhanden. Letzterer dient für die Röhren der letzten Verstärkerstufe. Die Inbetriebsetzung der einzelnen Organe der Anlage geschieht selbsttätig durch Relais derart, daß Schaltfehler ausgeschlossen sind. Fehlersignaleinrichtungen sind vorhanden. Das Kühlwasser wird in eigener Anlage gereinigt. Die Antenne hat T-Form, 60 m Horizontallänge und 78 m Höhe; Turmhöhe 100 m bei 230 m Abstand. Vom Senderhaus führt eine Hochfrequenzleitung von 100 m Länge zu einem Schalthäuschen, wo der Antennen- und Erdanschluß (Erdnetz) vorgesehen ist.

Rom erhält gleichzeitig auch noch einen Kurzwellen-Rundfunksender (Marconi) von 12 kW Antennenleistung ($\lambda = 25{,}4$ m und 80 m). Die Besprechung dieses Senders, der gleich dem Kurzwellensender der englischen Rundfunkgesellschaft (BBC.) in Chelmsford gebaut ist, erfolgt gleichzeitig mit dem Großsender vom Römer Studio aus. Zweck dieses Senders ist, den in Amerika lebenden Italienern das Römer Sendeprogramm hörbar zu machen.

Rtz.

Schaltung zur Abhaltung von Sammelferngesprächen. — Unter „Sammelferngespräch" wird die technische Aufgabe verstanden, mehrere Fernsprechteilnehmer, die sich an verschiedenen Orten befinden, so miteinander zu verbinden, daß jeder von allen anderen gehört werden kann. Soll ein solches Sammelferngespräch wie ein normales Ferngespräch kurzerhand hergestellt werden, so darf zu einer solchen Zusammenschaltung kein Eingriff in die im Betrieb befindlichen Fernleitungen notwendig sein. Im Vielfachfeld des Fernamtes, das die Verbindung von Leitungen untereinander vornimmt, sind von jeder Vierdrahtleitung und von jedem Schnurverstärker nur die 3 Punkte des elektrischen Potentials greifbar, die in dem durch Abb. 10 gegebenen Prinzipschaltbild einer Gabelschaltung mit F, N und (FN) bezeichnet sind. Eine vom technischen und betriebstechnischen Standpunkte aus einwandfreie Schaltungsanordnung zur Abhaltung von Sammelferngesprächen zwischen n Teilnehmern muß daher $3n$ Kontakte oder Pole haben, die wir in Analogie zur normalen Zweidraht- oder Vierdraht-Gabelschaltung zweckmäßig bezeichnen als

$$\begin{array}{lll} F_1 & N_1 & (FN)_1 \\ F_2 & N_2 & (FN)_2 \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ F_n & N_n & (FN)_n \end{array}$$

(vgl. Abb. 11). Denken wir uns an diese n Tripel von Polen je einen Schnurverstärker bzw. eine Vierdrahtgabel angeschaltet und die Mittelpunkte der zwischen den Klemmen N und F angeschlossenen Wicklungen der Ausgleichübertrager mit M_1, M_2, . . . bezeichnet, so sind durch die Zusammenschaltung n^2 Dämpfungsgrößen definiert, die wir mit

$$\left.\begin{array}{llll} b_{11} & b_{12} & b_{13} \ldots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \ldots & b_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ b_{n1} & b_{n2} & b_{n3} \ldots & b_{nn} \end{array}\right\} \quad \ldots \quad (1)$$

bezeichnen wollen; dabei soll b_{11} die Betriebsdämpfung bedeuten, die zwischen den Klemmen $M_1(FN)_1$ einerseits und F_1N_1 anderseits gemessen wird, b_{12} die Betriebsdämpfung, die zwischen den Klemmen $M_1(FN)_1$ einerseits und F_2N_2 anderseits gemessen wird, usw. Damit, wenn der $k$te Teilnehmer spricht, sämtliche übrigen mit gleicher Lautstärke hören, muß

$$b_{k1} = b_{k2} = \ldots b_{k,k-1} = b_{k,k+1} = \ldots b_{kn} \quad \ldots \quad (2)$$

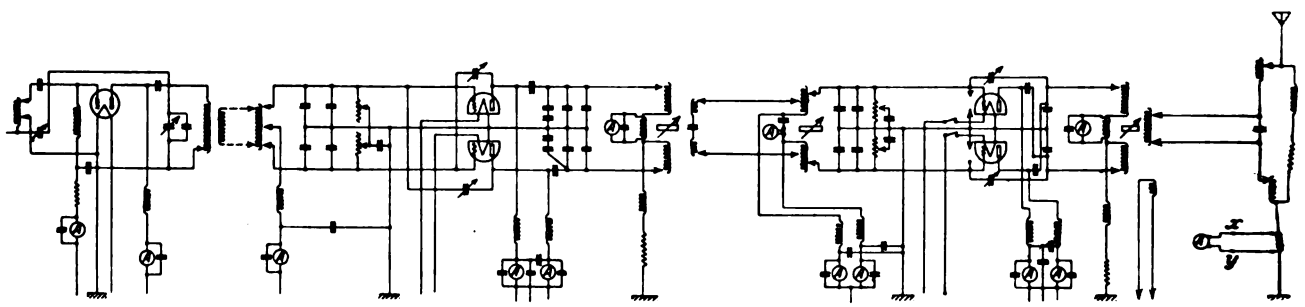


Abb. 9. Schema des Schwingungskreises des Groß-Rundfunksenders Rom (50 kW).

sein. Damit sämtliche Teilnehmer am Sammelferngespräch sich in der gleichen Lautstärke vernehmbar machen können wie der $k$te Teilnehmer, muß

$$\left.\begin{array}{l} b_{1k} = b_{k1} \\ b_{2k} = b_{k2} \\ \cdots\cdots \\ b_{k-1,k} = b_{k,k-1} \\ b_{k+1,k} = b_{k,k+1} \\ \cdots\cdots \\ b_{nk} = b_{kn} \end{array}\right\} \quad \ldots \quad (3)$$

sein. Während diejenigen b in dem System 1, deren Indizes einander nicht gleich sind, einen möglichst geringen

Digitized by Google

Wert haben sollen — denn sie entsprechen der Betriebsdämpfung, die infolge der Zusammenschaltung durch den $3n$-Pol in den Weg von einem Sprecher zu einem Hörer eingefügt wird —, sollen die b in dem System 1, deren Indizes einander gleich sind, einen möglichst hohen Wert haben:

$$b_{kk} \approx \infty \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Denn die Größen b_{kk} in dem System 1 geben die Betriebsdämpfung an, mit der die vom $k$ten Teilnehmer kommenden und in den $3n$-Pol an den Klemmen $M_k(FN)_k$ eintretenden Sprechströme von dem $3n$-Pol an den Klemmen $F_k N_k$ abgegeben werden; es werden daher die Größen b_{kk} physikalisch anschaulich und in Übereinstimmung mit den Verhältnissen, die bei der Verbindung einer einzelnen Vierdraht- mit einer einzelnen Zweidrahtleitung vorliegen, als „Echodämpfungen" bezeichnet. Weil der $3n$-Pol mit den in den Gl. (2), (3) und (4) definierten Eigenschaften n Fernleitungen durch die an den Gabeln greifbaren Potentialpunkte in einem Zentrum verknüpft, wird er als Zentralgabel bezeichnet.

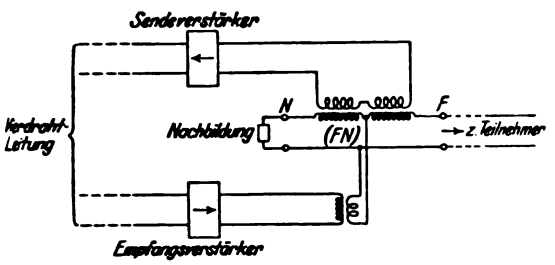


Abb. 10. Prinzip einer Gabelschaltung.

In der Abhandlung, über die hier berichtet wird, sind Zentralgabeln für $n = 3$, 4, 5 und 6 Teilnehmer beschrieben, welche den in den Gl. (2), (3) und (4) formulierten Forderungen nach gleicher Lautstärke und hoher Echodämpfung genügen. Diese Zentralgabeln haben das Gemeinsame, daß sie zur Erzielung einer hohen Echodämpfung und einer geringen Betriebsdämpfung das Prinzip parallel arbeitender Transformatoren verwenden und zur Erzielung der Gleichheit der Betriebsdämpfungen untereinander die Reihenschaltung der Verbraucher. Der $3n$-Pol wird aus n $(n-1)$ einander gleichen Transformatoren mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1 aufgebaut, von denen je $n-1$ in Reihe und je zwei parallel geschaltet sind. Die Art der Verbindung der Transformatoren, durch welche die hohe Echodämpfung des $3n$-Pols, die geringe Betriebsdämpfung und die Gleichwertigkeit aller angeschlossenen Leitungen hinsichtlich des Energieaustauschs bedingt werden, kann besonders übersichtlich dargestellt werden, wenn man den Satz von n $(n-1)$ Transformatoren in einer in sich zurücklaufenden Fläche abbildet. In Abb. 12

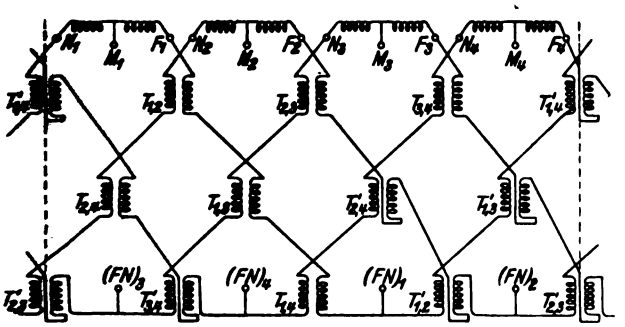


Abb. 12. Eine Zentralgabel für 4 Teilnehmer.

ist eine Zentralgabel für 4 Teilnehmer auf einem Zylindermantel dargestellt, der länga einer durch die beiden gestrichelten Geraden in Abb. 12 markierten Erzeugenden aufgeschnitten und in die Ebene abgewickelt ist. Man erkennt aus der Symmetrie der Schaltung in Abb. 12, daß die Echodämpfungen

$$b_{11} = b_{22} = b_{33} = b_{44} = \infty \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

sind.

Eine nach der Schaltung Abb. 12 gebaute und im Fernamt Berlin aufgestellte Zentralgabel bewirkte am 8. VII. 1929 den Energieaustausch zwischen je einer Leitung Berlin—Aachen, Berlin—Haag, Berlin—Wien und Berlin—Budapest und ermöglichte so die Ferntagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Aachen unter Teilnahme befreundeter Elektrotechniker im Haag, in Wien und in Budapest. (Decker, El. Nachr. Techn. Bd. 7, S. 1.)

Sb

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Magnetische Messungen an Eisenviel- und -einkristallen mit einem neuartigen magnetischen Spannungsmesser. — Die Möglichkeit der Erzeugung großer künstlicher Kristalle der verschiedenen Metalle lenkte in den letzten Jahren die Aufmerksamkeit der Forscher auf dieses Gebiet, da es somit endlich möglich war, die Eigenschaften der

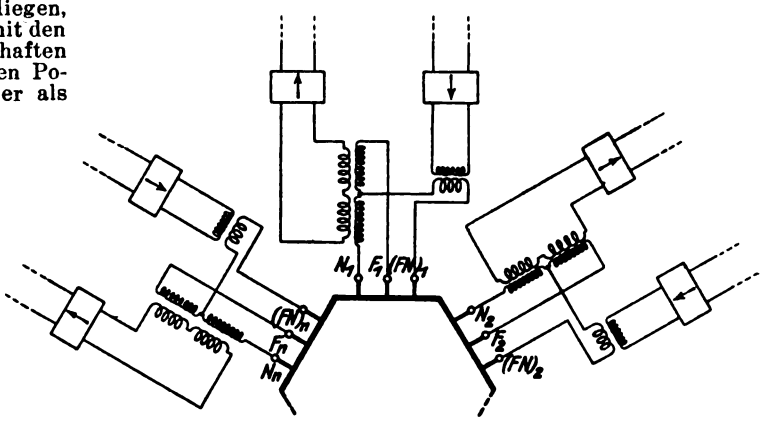


Abb. 11. Prinzip einer Zentralgabel

Kristalle als solcher zu untersuchen und damit die bisher mehr oder weniger bekannten Hypothesen auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Führend auf diesem Gebiet waren wohl die Arbeiten Gerlachs[1]. Als besonders geeignet erweist sich nun für derartige Untersuchungen das von Wolman[2] durchgebildete Verfahren der Eisenprüfung mit dem magnetischen Spannungsmesser nach Rogowski. Die Untersuchung wurde durchgeführt an Eisen-Viel- und -einkristallstäben verschiedener kristallischer Orientierung von rd. 16 mm Breite, 220 mm Länge und 3 mm Dicke. Die Einkristalle wurden aus reinem Elektrolyteisen durch kritische Deformation bei kritischer Ausgangskorngröße durch 48stündiges Glühen bei 880 ° hergestellt.

Um die bei den bisherigen Forschungsergebnissen leicht auftretenden Fehlermöglichkeiten durch das zur Entfernung der Oberflächenkristalle nach der Glühung angewandte Schleifen und Polieren zu vermeiden, wurden die Stäbe nur einer Ätzung in konzentriertem Ätzmittel unterworfen und so trotzdem ein sauberer, glatter und selbst nicht im geringsten elastisch deformierter Einkristallstab erhalten. Während sich ein Einfluß der Glühatmosphäre — Vakuum, Stickstoff oder Wasserstoffatmosphären — auf die magnetischen Eigenschaften nicht auswirkte, zeigten die Ergebnisse des Einflusses des Wasserstoffes während und nach der Ätzung eine deutlich erkennbare Differenz. Der Säurewasserstoff diffundiert hierbei längs der Kristallgrenzen in das Metall und erzielt eine Steigerung von Koerzitivkraft und Remanenz. Diese Erscheinung nimmt mit steigender Korngröße ab, um beim Einkristall kaum noch in Erscheinung zu treten. Bei Kaltverformung und Temperaturerhöhung geht dieser Einfluß auch bei Vielkristallen verloren. Steigender Sauerstoffgehalt übte bei den künstlich angereicherten Proben eine merkliche Verschlechterung der magnetischen Eigenschaften aus. Magnetische und mechanische Härte gehen Hand in Hand.

Nachdem sich in den Vorversuchen die Meßmethode mit dem magnetischen Spannungsmesser bewährt hatte und der Einfluß sämtlicher die magnetischen Eigenschaften beeinflussender Faktoren geklärt war, wurde eine Reihe Einkristallstäbe verschiedener Orientierung untersucht, wobei Kristallgröße, Kristallausbildung und die Behandlungsart eingehend berücksichtigt wurden. Im Gegensatz zu Gerlach wurden bei den Einkristallen höhere Werte für Koerzitivkraft und Remanenz erhalten. Die Größenordnung unserer niedrigsten Werte entspricht etwa der von Gerlach angenommenen Höchstgrenze. Ein Ver-

[1] Gerlach, Phys. Z. Bd. 22, S. 568; Bd. 26, S. 914; Z. Phys. Bd. 38, S. 928; Bd. 39, S. 327.

[2] Wolman, Dissertation T. H. Aachen 1927. Arch. El. Bd. 91, S. 385. VDE-Fachber. 1927, S. 126.

Digitized by Google

gleich der magnetischen Messungen an Viel- und Einkristallen zeigt, daß Remanenz und Koerzitivkraft nur geringfügige Änderungen mit wachsender Korngröße erfahren, daß also nicht die Kristallgröße, sondern die Güte der Kristallausbildung für die absolute Größe der *B*- und *H*-Werte verantwortlich zu machen ist. Die von Gerlach gefundenen charakteristischen Merkmale der Einkristalle finden sich auch bei unseren Kurven, mit dem Unterschied, daß bei einigen Stäben in Richtung der digonalen Achse noch viel schärfer ausgeprägte Knickpunkte auftreten. Ein Vergleich der charakteristischen Kurve in tetragonaler Richtung bewies, daß mit steigenden Abweichungswinkeln der Probeachse zur Kristallachse der Knickpunkt in der Kurve an Deutlichkeit verliert. Ferner finden wir ebenfalls wie Gerlach ein vollkommen gerades Ansteigen der Kommutierungskurve und der Hysteresisschleife und eine höhere Anfangs- und Maximalpermeabilität bei den Magnetisierungen in Richtung der tetragonalen Achse. Eine Bestätigung für unsere Annahme, daß Güte der Kristallausbildung den Verlauf der Schleifen beeinflußt, erbringen die magnetischen Messungen an elastisch und plastisch durch Walzen verformten Stäben.

Bei der elastischen Verformung fällt auf, daß der Wert für die magnetische Härte bei gleicher Behandlungsart verschieden sein kann, obwohl die mechanischen Eigenschaften keine Änderung erfahren haben. Bei elastischer Verformung ist also die Güte der magnetischen Eigenschaften unabhängig von Kristallgröße und Orientierung.

Die von Wolman bei seiner durch Schleifen und Polieren des oberflächlich behandelten Einkristallstabes bewirkte Abflachung des Knickes ist nur auf die Behandlungsart zurückzuführen und wurde auch durch die Untersuchungen bei plastischer Deformation von Viel- und Einkristallen bestätigt. Während ein Vielkristall mit steigender plastischer Verformung einen verhältnismäßig gleichmäßigen Anstieg von Koerzitivkraft und Remanenz aufweist, behält der Einkristall sein Charakteristikum der magnetischen Güte weitgehend bei, während zwar ebenso wie bei Vielkristallen der steile, eckige Verlauf der Einkristallkurven dem geschwungeneren Verlauf Platz macht. Gute Übereinstimmung herrscht auch beim Vergleich mechanischer und magnetischer Härte. Bei einem Einkristallstab, der nach der magnetischen Prüfung durch Walzen 15 % verformt und anschließend unterhalb A_{c_3} geglüht war und dann wiederum der magnetischen Analyse unterzogen wurde, zeigte sich, daß der charakteristische Kurvenverlauf trotz Verformung und Glühung vollkommen erhalten blieb, ja die Güte der Kristallausbildung noch gestiegen war. Wir können daher dicke gezüchtete Einkristalle stufenweise durch jeweiliges Walzen und anschließende Rekristallisation auf jeweils besser geeignete Abmessungen bringen, vorausgesetzt, daß der kritische Deformationsgrad des behandelten Einkristalles, der je nach der verschiedenen Orientierung verschieden ist, nicht überschritten wird. (H. Gries u. H. Esser, Arch. El. Bd. 22, H. 2, S. 145.)

Beitrag zur Theorie flächenhafter Wirbelströme. — Es wird die Entstehung von Wirbelströmen in bewegten Blechen auf allgemeiner Grundlage behandelt. Die Rechnung beschränkt sich nicht auf die Untersuchung der elektrischen Strömung im Leiter, sondern umfaßt das gesamte elektrische und magnetische Feld auch im Außenraum. Die Lösung dieser Aufgabe läßt sich auf ein Randwertproblem der Potentialtheorie zurückführen, dessen Integration zwei- und dreidimensional angegeben wird. Die Besprechung der Lösung ergibt, daß sich die Wirbelströme aus zwei Anteilen zusammensetzen. Der erste hat bei kleinen Geschwindigkeiten das Übergewicht und ist so beschaffen, daß er sich aus dem Erregerfeld nach dem Induktionsgesetz ohne weiteres berechnen läßt. Er verliert mit wachsender Geschwindigkeit immer mehr an Bedeutung. An seine Stelle tritt der zweite Anteil, der sich durch sein magnetisches Eigenfeld besonders auszeichnet, dessen Normalkomponente zum bewegten Leiter dem Erregerfeld gerade entgegenwirkt. Im Grenzfall unendlicher Geschwindigkeit tritt dadurch eine vollkommene Abschirmung ein, das bewegte Blech wirkt wie eine Sperrfläche, durch die kein magnetischer Fluß hindurchtreten kann. Die allgemeinen Ergebnisse der Rechnung werden noch an einem Beispiel besprochen und die zugehörigen Feldbilder angegeben. Die Anwendung der Theorie auf das von Rüdenberg in seiner Dissertation behandelte Modell einer Wirbelstrombremse ergibt die Abhängigkeit von Kippmoment und Leistung vom Luftspalt, eine Frage, deren strenge Beantwortung bisher noch ausstand. (W. Steidinger, Arch El. Bd. 22, H. 2, S. 153.)

Energiewirtschaft.

Die Entwicklung der Kraftübertragungs- und Verteilungsleitungen in Ungarn. — Die von E. Theiss auf Grund der vom ungarischen Handelsministerium gesammelten statistischen Daten veröffentlichten Angaben über die Bautätigkeit in den letzten Jahren zeigen ein rasches Wachsen der elektrischen Kraftübertragungs- und Verteilungsnetze als bestes Zeichen der zunehmenden Verbreitung des Elektrizitätsverbrauchs auf allen Gebieten. Dies ist um so bemerkenswerter, als das Gebiet des heutigen Ungarns außer der Hauptstadt Budapest nur wenige größere Städte aufweist, so daß dieses Wachstum im wesentlichen als Beweis sich steigernder Elektrisierung des flachen Landes zu werten ist. Die Gesamtlänge sämtlicher Leitungen, nach Stromarten geordnet, betrug

Jahr	Drehstrom km	Einphasenstrom km	Gleichstrom km	Zusammen km
1925	408,82	43.50	58,78	511.10
1926	1112.48	57,00	44,15	1213.63
1927	1396.21	14 84	21,52	1432,57

Die Zunahme im letzten in die Statistik einbezogenen Jahr entfällt ausschließlich auf die Drehstromleitungen, wogegen die beiden anderen Stromarten von ersterer immer mehr verdrängt werden.

Die Leitungslängen der Drehstromanlagen, geordnet nach Spannungsbereichen, waren im Jahr 1927:

Betriebspannung V	Freileitungen km	Kabel km
105 bis 190	55.33	21,08
210 „ 380	516,84	—
550 „ 3000	26.03	8,38
3100 „ 5000	23,45	1,90
5700 „ 10 000	53,31	10,89
11 000 „ 16 500	557.20	0,10
22 000 „ 35 000	130,60	9,60

Wie hieraus zu ersehen, erfolgt die Verteilung vorwiegend mit 210/380 V, die Fernübertragung mit 11 bis 16.5 kV. Immerhin haben auch die Leitungen mit mehr als 16.5 kV Betriebspannung bereits eine verhältnismäßig bedeutende Länge, wogegen die erst im letzten Jahr fertiggestellten bzw. noch im Ausbau begriffenen 60 kV-Leitungen in dieser Statistik noch nicht erscheinen, jedoch eine starke Verschiebung in der Richtung der höheren Übertragungspannungen bewirken werden. Jedenfalls läßt sich feststellen, daß trotz der erfreulichen Entwicklung in den letzten Jahren von einem einigermaßen dichten Netz noch nicht gesprochen werden kann, so daß für weitere Arbeiten noch große Möglichkeiten vorliegen und solche um so eher zu erwarten sind, als die Regierung in richtiger Erfassung der Bedeutung intensiver Elektrisierung solchen weitestgehende Förderung angedeihen läßt. (Elektrotechnika Bd. 22, 1929, S. 5.) *Bp.*

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die Nordwestdeutschen Kraftwerke AG., Hamburg, haben 1928/29 für die Versorgung des eigenen Gebiets insgesamt 212,243 Mill kWh erzeugt und bezogen (179,517 i. V.), u. zw. von den Hamburgischen Electricitäts-Werken 34.674 Mill kWh (7.986 i. V.), während 13.073 Mill kWh Aushilfstrom der Preußischen Elektrizitäts-AG. geliefert worden sind. Der Gewinn aus Elektrizitätswerken betrug 4 469 676 RM (einschl. Beteiligungen 4 001 401 i. V.), der Reingewinn 782 061 RM (773 581 i. V.) und die Dividende wieder 7 % auf 8,6 Mill RM Aktienkapital.

Der Anschlußwert der Amperwerke Elektrizitäts-AG., München, ist am Ende des Geschäftsjahres 1928/29 auf 109 745 kW (103 632 i. V.) und die Zahl der angeschlossenen Ortschaften auf 1237 mit 33 761 Abnehmern gestiegen. Die Erzeugung in eigenen Wasserkraftwerken betrug 31.156 Mill kWh (33,583 i. V.), der Fremdstrombezug 19,168 Mill kWh (11,107 i. V.), so daß sich eine Gesamtzunahme um 12.6 % ergibt. Der Betriebsgewinn wird mit 3 465 198 RM (Strom- und sonstige Einnahmen 5 569 202 RM i. V.), der Reingewinn mit 1 124 359 RM (1 131 745 i. V.) ausgewiesen. Hieraus hat auch diese Gesellschaft wieder 7 % Dividende auf 14 Mill RM Stammaktienkapital verteilt.

Den Neuen Amperkraftwerken AG., München, sind von dem vorgenannten Unternehmen 1928 29

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 24.

Digitized by Google

514 523 RM Pacht zugeflossen (579 035 i. V.); ihr Reingewinn betrug 281 238 RM (wie i. V.) und die Dividende 7 % auf 3,6 Mill RM Stammaktienkapital (wie i. V.).

Bei einem Gesamtanschlußwert von 192 628 kW am Ende des Geschäftsjahres 1928/29 (178 465 i. V.) haben die Landkraftwerke Leipzig AG., Kulkwitz, trotz ungünstiger Verhältnisse in der Industrie und Landwirtschaft, welch letztere mangels der erforderlichen Mittel noch nicht in der Lage ist, ihre Betriebe durch weitere Nutzbarmachung mechanischer Arbeitsweisen wirtschaftlicher zu gestalten, den Stromabsatz von 77,239 auf 83,820 Mill kWh, also um rd. 9 % erhöhen können; hiervon entfielen rd. 90 % auf Großabnehmer. Die 30 kV-Leitung Großkayna-Freyburg-Reinsdorf bei Nebra sichert jetzt die Belieferung des westlichen Versorgungsgebiets. Strom- und sonstige Einnahmen ergaben 6 589 165 RM (6 268 633 i. V.) und Zinsen 356 440 RM (319 057 i. V.). Aus 1 043 485 RM Reingewinn (1 017 166 i. V.) kamen wieder 6 % Dividende auf 16 Mill RM Stammaktienkapital zur Verteilung.

Trotz der ungünstigen Geschäftslage im Versorgungsgebiet konnte die Niederschlesische Elektrizitäts- und Kleinbahn-AG., Waldenburg i. Schl., 1928/29 ihren Stromabsatz von 62,163 auf 65,966 Mill kWh, d. h. nach Abzug der an die Talsperren-Kraftwerke des Provinzial-Elektrizitätswerks aushilfsweise gelieferten Arbeitsmenge um 4,5 % steigern.

Dem Bericht der Überlandzentrale Mansfelder Seekreis AG., Amsdorf, für 1928/29 zufolge wurden von dieser bei 11 921 kW Anschlußwert (11 220 i. V.) 6,190 Mill kWh verkauft (5,323 i. V.), wovon 66,8 % auf Großabnehmer entfielen. Der Stromverlust ist von 15,5 auf 13,7 % zurückgegangen. Das Wasserkraftwerk Wettin hat 1,259 Mill kWh mehr erzeugt als 1927/28. Die Betriebseinnahmen betrugen 641 315 RM (573 581 i. V.). Da eine Unterbilanz von 960 275 RM besteht, die durch Herabsetzung des Grundkapitals auf 522 000 RM und Wiedererhöhung auf 1,740 Mill RM beseitigt werden soll, kam wieder keine Gewinnverteilung in Frage.

Bei einer Zunahme des Anschlußwerts um 9 % hat die Kraftwerk und Straßenbahn Gera AG. 1928/29 16.625 Mill kWh erzeugt (15,570 i. V.) und ihre nutzbare Stromabgabe, soweit sie den Kleinverbrauch betraf, um 7 % erhöhen können.

Die nunmehr als Holdinggesellschaft tätige Elektrizitäts- und Bahn-Anlagen AG., Dresden, (vorm. Geraer Elektrizitätswerk- und Straßenbahn-AG.) verzeichnet für 1928/29 ein Geschäftserträgnis von 978 912 RM nebst 20 794 RM Zinsen und einen Reingewinn von 802 332 RM, aus dem sie auf 9 Mill RM Aktienkapital 8 % Dividende ausgeschüttet hat.

Die Landelektrizität G. m. b. H., Halle a. S., hat von dem 1928/29 erzielten Reingewinn an die Gesellschafter (12 Elektrizitätsgenossenschaften, Provinzialverband Sachsen, Landwirtschaftskammer Sachsen und Verband der landwirtschaftlichen Genossenschaften zu Halle) 8 % Dividende gezahlt.

Das Elektrizitätswerk der Stadt Herne hatte Ende 1928 einen Gesamtanschlußwert von 5822 kW (4020 i. V.) und bezog von den VEW, der Harpener Bergbau AG. und verschiedenen Gewerkschaften insgesamt 3,287 Mill kWh für Licht und Kraft (2,708 i. V.) sowie 1,167 Mill kWh Bahnstrom (0,988 i. V.). Die durchschnittliche Tagesabgabe ohne Bahnstrom stellte sich auf 8980 kWh (7419 i. V.) und der Verbrauch je Kopf der Bevölkerung auf 34 kWh (28 i. V.). Aus Stromverkauf wurden 1 066 437 RM (743 558 i. V.) und aus Zählergrundgebühren 61 532 RM (Zählermieten 39 731 RM i. V.) eingenommen. Die Kosten des Strombezugs haben sich von 341 909 auf 326 651 RM ermäßigt, die der Stromumformung von 11 799 auf 15 588 RM erhöht.

Der Strombezug des Städt. Elektrizitätswerks Fürth, dessen Anschlußwert Ende 1928/29 19 113 kW erreichte (17 424 i. V.) betrug im genannten Jahr 10,589 Mill kWh (9,511 i. V.) und die Lieferung 9,208 Mill kWh (8,293 i. V.), d. s. je Einwohner 119,7 kWh (110,8 i. V.). Die Zunahme bei den Drehstrom-Hochspannungsabnehmern machte rd. 13 % aus. Die Stromabgabe für Licht ist um fast 12 % gestiegen, während die Erhöhung bei den Kleinabnehmern für Kraft sich nur auf 1 % stellte. Beim Wahltarif für Licht hat man noch eine Stufe für 1,5 RM Grundgebühr monatlich geschaffen, die für Anlagen mit einem Anschlußwert bis 500 W zur Berechnung kommt. Außerdem tritt von einer bestimmten, der Größe der Anlage entsprechenden Strommenge an eine Preisermäßigung auf 10 Pf/kWh in Kraft. Diese Tarifänderung hat eine weitgehende Verwendung elektrischer Arbeit zu den verschiedensten Zwecken veranlaßt. Ferner wurde von dem Werk ein Tarif für die Beleuchtung von Waschküchen, Keller- und Bodenräumen eingeführt, bei dem die elektrische Arbeit mittels Selbstverkäufer zur Abgabe gelangt. Aus Stromlieferung und Zählermieten sind dem Werk 1 732 850 RM (1 631 298 i. V.), aus Sonstigem 5359 RM (5395 i. V.) zugeflossen. Sein Gewinn betrug 660 281 RM (655 220 i. V.).

Die AG. für Energiewirtschaft, Berlin, hat 1928/29 949 893 RM eingenommen (982 208 i. V.) und bei einem Reingewinn von 450 193 RM (258 874 i. V.) wieder 8 % Dividende auf das nunmehr 5 Mill RM ausmachende Aktienkapital gezahlt.

Die Zunahme des Stromabsatzes hat 1928/29 bei den Elektrizitätswerken der Argen AG., Wangen i. Allgäu, infolge Verschlechterung der Wirtschaftslage etwas nachgelassen. An das Leitungsnetz wurden 5,017 Mill kWh geliefert (4,913 i. V.), u. zw. 4,397 durch die eigene Wasserkrafterzeugung (4,673 i. V.). Der Gesamtanschlußwert betrug am Schluß der Berichtsperiode 7803 kW (7280 i. V.), wobei man zu berücksichtigen hat, daß das Versorgungsgebiet nahezu vollkommen ausgebaut ist. Die außergewöhnlich starken Kältewellen im Winter 1928/29 haben zwar eine erhebliche Vereisung des Stausees beim Werk Gottrazhofen usw. gebracht, doch sind irgendwelche Schäden an den Wehranlagen, Kanälen usw. nicht entstanden. Der Stromabsatz im eigenen Versorgungsgebiet hat um 0,111 Mill kWh zugenommen. Die Höchstlast betrug 1150 kW und ihre Benutzungsdauer 4350 h (3900 i. V.). Im ganzen Jahresdurchschnitt stellte sich die Wasserkraftstromerzeugung auf 94,3 % (95,1 % i. V.), der Wärmestrom sowie der Strombezug auf 5,7 % (4,9 % i. V.). Die Abgabe von Licht erbrachte 346 116 RM (336 911 i. V.), die Kraftlieferung 276 994 RM (268 945 i. V.). Hierzu kamen weiter aus Mieten, Installationen usw. 64 940 RM (56 268 i. V.). Bei 175 317 RM Reingewinn mit Vortrag (148 393 i. V.) hat die Gesellschaft 12 % Dividende auf 1,275 Mill RM Stammaktienkapital gezahlt (10 % i. V.).

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für Installationstechnik (EVI) am Freitag, dem 17. Januar 1930, abends 7½ Uhr, in der Aula der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Direktors Zaudy über das Thema:

„Die neuen Vorschriften des VDE für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 Volt."

Inhaltsangabe:

Um die Einführung der neuen Errichtungsvorschriften zu erleichtern, werden die wichtigsten grundsätzlichen und sachlichen Änderungen gegenüber den bisherigen Bestimmungen besprochen; am Schluß wird auf die Einführungstermine eingegangen.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im Grand-Hotel am Knie, Charlottenburg, Bismarckstraße 1.

Fachausschuß für Installationstechnik

Der Vorsitzende:

Baumann.

Digitized by Google

Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins aus Anlaß seines 50jährigen Bestehens.

Der Elektrotechnische Verein, der am 20. Dezember 1879 von Dr. Werner v. Siemens und dem damaligen Staatssekretär des Reichs-Postamts Dr. Heinrich v. Stephan gegründet worden ist, feiert sein 50jähriges Bestehen. Aus diesem Anlaß werden in der Zeit vom 24. bis 28. Januar 1930 folgende Veranstaltungen stattfinden:

Freitag, den 24. Januar 1930.

a) 2 Uhr nachmittags Festsitzung in Krolls Großem Festsaal, Berlin NW 40, Platz der Republik 7.

1. Eröffnungsansprache des Vorsitzenden.
2. Begrüßungen und Glückwünsche.
3. Ehrungen.

b) 8 Uhr abends Festessen mit Ball in Krolls sämtlichen Sälen.

Sonnabend, den 25. Januar 1930.

a) Technisch-wissenschaftliche Tagung im Langenbeck-Virchow-Haus (Großer Saal), Berlin NW 6, Luisenstraße 58/59, wobei die nachstehenden Vorträge gehalten werden. Diskussion findet nicht statt.

I. Vormittags, Beginn 9¼ Uhr.

10 Uhr Herr Professor Dr.-Ing. W. Petersen (Berlin) über das Thema: „Die Entwicklung der Kraftübertragung in Deutschland von den ersten Anfängen bis zum Ausblick in die Zukunft."

10.45 Uhr Herr Professor Dr. sc. techn. h. c. René Thury (Genf) über das Thema: „Aus der Geschichte der Kraftübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom."

11.30 Uhr Herr Geheimrat Professor Dr. Orlich (Berlin) über das Thema: „Gleichrichtung großer Wechselstromleistungen."

12.15 Uhr Herr Geheimrat Professor Dr.-Ing. W. Reichel (Berlin) über das Thema: „Elektrische Stadtbahn, von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn."

II. Nachmittags, Beginn 14¾ Uhr.

15 Uhr Herr Dr.-Ing. E. h. Feyerabend, Staatssekretär im Reichspostministerium (Berlin), über das Thema: „Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs."

15.45 Uhr Herr Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E. h. Lüschen, Direktor und stellv. Vorstandsmitglied der Siemens & Halske AG. (Berlin-Siemensstadt), über das Thema: „Die Mehrfachausnutzung der Leitungen".

16.30 Uhr Herr Dr. phil. h. c. Graf v. Arco (Berlin) über das Thema: „Kurzwellen-Phänomene und ihr Einfluß auf die drahtlose Nachrichtenübermittelung."

b) Abends ist ab 20 Uhr an einem noch bekanntzugebenden Orte den auswärtigen Festteilnehmern Gelegenheit geboten, sich untereinander und mit ihren Berliner Freunden und Bekannten zwanglos zu treffen.

Sonntag, den 26. Januar 1930.

Besuch Berliner Museen unter sachkundiger Führung, insbesondere

des Reichspostmuseums, Berlin W 68, Leipziger Straße Ecke Mauerstraße,
des Verkehrs- und Baumuseums, Berlin N, Invalidenstraße 50/51,
des Kaiser-Friedrich-Museums, Berlin N 24, Monbijoustraße,
der Nationalgalerie, Berlin C 2, Museumstraße 1—3,

und anderer Museen und Sammlungen.

Die Einzelheiten über Besuchszeit, Anmeldung usw. werden seitens der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins noch bekanntgegeben werden.

Montag, den 27. Januar, und Dienstag, den 28. Januar 1930.

Besichtigungen von technischen Betrieben und wissenschaftlichen Instituten.

Neben anderen sind folgende Besichtigungen in Aussicht genommen:

Des Schaltwerks der Siemens-Schuckertwerke AG. in Berlin-Siemensstadt,
der Fabriken der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft AG., Berlin N, Brunnenstraße 107 a,
des Reichspostzentralamts, Berlin-Tempelhof, Schöneberger Straße 11/15,
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin-Charlottenburg, Marchstraße 25,
des Heinrich-Hertz-Instituts für Schwingungsforschung, Berlin NW 87, Franklinstr. 1.

Die Einzelheiten über Besuchszeit, Anmeldung usw. werden seitens der Geschäftstelle des Vereins noch bekanntgegeben werden.

Der Preis für die Teilnehmerkarte beträgt 10 RM; hierin ist das trockene Gedeck zu 9 RM inbegriffen. Für diejenigen, die ein Exemplar der aus Anlaß des 50jährigen Jubiläums herausgegebenen Festschrift (vgl. besondere Bekanntmachung) zum Vorzugspreise von 10 RM wünschen, kostet die Teilnehmerkarte 20 RM; diese Karte enthält einen Gutschein zum Empfang der Festschrift. Die vorgenannten Teilnehmerkarten berechtigen zum Zutritt zu sämtlichen Veranstaltungen. Zu der Festsitzung am 24. Januar nachmittags sowie zu den Sitzungen am 25. Januar vormittags und nachmittags kann jedes Mitglied, das nicht am Festessen teilzunehmen wünscht, bei Vorausbestellung von der Geschäftstelle kostenlos eine Eintrittskarte beziehen, soweit noch Platz vorhanden ist.

Eine große Reihe von elektrotechnischen Vereinen, wissenschaftlichen Gesellschaften und Instituten des In- und Auslandes, darunter auch solche aus überseeischen Ländern, werden sich an unserem Goldenen Jubiläum durch Vertreter beteiligen; zahlreiche bekannte und angesehene Fachgenossen aus dem Reiche und im Auslande haben bereits ihre Teilnahme zugesagt. Der Vorstand darf daher die Bitte und die Erwartung aussprechen, daß sich die Mitglieder — auch die früheren — mit ihren Angehörigen recht zahlreich an dem Goldenen Jubiläum des Vereins beteiligen möchten.

Festschrift des Elektrotechnischen Vereins aus Anlaß seines 50jährigen Bestehens.

Der Elektrotechnische Verein wird aus Anlaß seines Goldenen Jubiläums eine Festschrift herausgeben. Verfasser dieser Schrift ist unser Ehrenmitglied, Herr Geheimer Hofrat Professor Dr.-Ing. E. h. Görges. Er hat in mühevoller Arbeit ein ausgezeichnetes Werk geschaffen. Namhafte und sachkundige Mitglieder des Vereins, zum Teil Pioniere der Elektrotechnik, sowie zahlreiche leitende Persönlichkeiten elektrischer Betriebe haben den Verfasser durch Lieferung reichhaltigen Materials in dankenswerter Weise unterstützt.

Die Festschrift mit rd. 400 Seiten gliedert sich in zwei Hauptteile:

Der I. Hauptteil „Werden und Wirken des Elektrotechnischen Vereins" enthält die Geschichte der Gründung des Vereins und seine Entwicklung. Er gibt eine Darlegung seiner Ziele und seiner umfassenden Leistungen auf allen Gebieten der Elektrotechnik sowie einen Überblick über die Tätigkeit des Vereins zur Unterstützung wissenschaftlicher Bestrebungen und Einrichtungen, über seine Bemühungen um die fachwissenschaftliche Fortbildung der Berufsgenossen und manches andere mehr.

Der II. Hauptteil gibt unter dem Titel „Die Entwicklung der Elektrotechnik im Spiegel der Vereinssitzungen" einen ausgezeichneten Überblick über die Geschichte der Elektrotechnik. Die Gründung des Vereins fällt in die Zeit der ersten Anfänge der Elektrotechnik; der Verein hat sich von Anfang an die Mitarbeit der führenden Persönlichkeiten der deutschen Elektrotechnik und von zahlreichen hervorragenden ausländischen Fachmännern zu erfreuen gehabt, und so spiegeln sich denn in den im Verein gehaltenen Vorträgen, in den zugehörigen Diskussionen und in den Jahresberichten seiner Vorsitzen-

Digitized by Google

den alle Phasen der wissenschaftlichen, technischen, industriellen und wirtschaftlichen Entwicklung unseres Faches getreulich wider. In unserer Zeit weitgehender Spezialisierung hat der einzelne zwar oft den Wunsch, aber bisher kaum je die Möglichkeit gehabt, sich über die Entwicklung auf einem Nachbargebiet zu unterrichten. Diese Lücke wird von unserer Festschrift ausgefüllt. Die einzelnen Artikel des II. Hauptteils geben von hoher Warte eine Übersicht über das Werden und Wachsen des betreffenden Teilgebiets und darüber hinaus noch die Möglichkeit, sich an Hand der angegebenen Literatur in jede Phase der Entwicklung zu vertiefen. Schon aus diesem Grunde wird die Festschrift des Elektrotechnischen Vereins vielen unserer Mitglieder eine willkommene und wertvolle Gabe sein. Außer ihrem praktischen Zwecke dient die Festschrift der Erinnerung an die epochemachenden Entdeckungen und Erfindungen unseres Zeitalters, dem Gedächtnis an die Pioniere der Elektrotechnik und an ihre unvergänglichen Taten.

Das Buch ist mit den Bildern der Ehrenvorsitzenden, der Ehrenmitglieder, der Inhaber der Siemens-Stephan-Gedenkplatte, der Vorsitzenden, der Redakteure der ETZ und der Generalsekretäre in 34 schönen Tiefdruckblättern geschmückt. Im II. Hauptteil sind in 152 Abbildungen historische und neuzeitliche Ausführungsformen von elektrischen Apparaten, Maschinen usw. einander gegenübergestellt. Die bekannte Firma Meisenbach, Riffarth & Co. hat keine Mühe gescheut, dem Buch auch äußerlich eine würdige Ausstattung zu geben.

Die Festschrift wird bei Vorausbestellung zu einem erheblich ermäßigten Vorzugspreise abgegeben, der für die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins 10 RM, für Nichtmitglieder 20 RM beträgt, soweit der Vorrat reicht. Im Falle der Versendung (unter „Einschreiben") werden die Selbstkosten für Porto und Verpackung in Höhe von 1,20 RM berechnet.

Personen, die an dem Jubiläumsfest teilnehmen, erhalten die Festschrift für 10 RM. Ein entsprechender Gutschein wird in die Teilnehmerkarte aufgenommen (vgl. die Bekanntmachung über die Jubiläumsfeier).

Bestellungen auf die Festschrift sind an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118a, zu richten. Hier liegt auch ein Exemplar der Festschrift zur Ansicht aus.

Elektrotechnischer Verein
Der Vorsitzende:
K. W. Wagner.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Installationsmaterial.

In der ETZ 1929 S. 766 war der Entwurf zu § 96 b der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K. P. I./1928"

Prüfung der mechanischen Festigkeit der Isolierteile von Hauptleitungsabzweigkästen

veröffentlicht.

Der Vorstand war durch die Jahresversammlung 1928 ermächtigt worden, den § 96 b) in Kraft zu setzen.

Nachstehend wird der auf Grund der eingegangenen Einsprüche aufgestellte Wortlaut, der durch den Vorstand in seiner Sitzung am 10. Dezember 1929 angenommen worden ist, bekanntgegeben:

„§ 96.

b) Prüfung der mechanischen Festigkeit der Isolierteile von Hauptleitungsabzweigkästen.

Es wird die gleiche Prüfeinrichtung wie unter a) beschrieben, empfohlen, wobei in gleicher Weise ein Aufschlagstück aus Hartfiber verwendet werden soll.

Der zusammengebaute Hauptleitungsabzweigkasten wird auf dem Hartholzklotz befestigt. Das Fallgewicht von 250 g soll 30 cm fallen und auf die Kante des Abzweigkastens auftreffen. Der Fallkörper ist je einmal auf vier verschiedene Stellen fallen zu lassen; zur Prüfung sind mindestens drei Prüflinge zu verwenden."

Da der § 58c) der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, KPI/1928" (Sonderdruck VDE 454) zu verschiedenen Auslegungen Anlaß gegeben hat, ist von der Kommission für Installationsmaterial ein neuer Wortlaut festgelegt worden, ohne daß dabei sachliche Änderungen vorgenommen wurden. Der neue Wortlaut wird nachstehend bekanntgegeben.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. März 1929 an die Geschäftstelle zu richten.

Außerdem hat die Kommission zu dem neuen Wortlaut des § 58c) Erklärungen aufgestellt, die ebenfalls nachstehend bekanntgegeben werden.

Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K. P. I.

§ 58 c).

Zur Erfüllung der Forderung des § 58a) können Fassungsmantel und Berührungschutzkragen aus einem oder mehreren Teilen bestehen.

Wenn Fassungsmantel und Berührungschutzkragen aus mehreren Teilen bestehen, darf der Berührungschutzkragen vom Fassungsmantel nur mittels Werkzeug abtrennbar sein, es sei denn, daß nach Entfernen des Berührungschutzkragens die Gewindehülse oder das diese ersetzende Kontaktstück spannungslos wird, oder nicht mehr zum Einschrauben der Lampe geeignet ist oder durch die Lampe nicht mehr unter Spannung gesetzt werden kann.

Erklärung.

Der Berührungschutzkragen ist die Vorrichtung, die den Spannung führenden Lampensockel so abdeckt, daß der Sockel weder beim Einsetzen noch bei eingesetzter Lampe zufällig berührt werden kann. Der Fassungsmantel deckt die Spannung führenden Einbauteile der Fassung ab.

Bestehen Fassungsmantel und Berührungschutzkragen aus einem Stück, so ist als Fassungsmantel der Teil des Ganzen anzusehen, der die Spannung führenden Fassungsteile abdeckt, während das übrige als Berührungschutzkragen zu bezeichnen ist. Dieses zusammenhängende Stück (Mantel und Berührungschutzkragen) darf ohne Werkzeug von der Fassung entfernbar sein. — Für Fassungen aus keramischen und nicht keramischen Isolierstoffen, die in gefährdeten Räumen angewendet werden können, empfiehlt es sich, die Fassungsmäntel so zu befestigen, daß sie nicht ohne besondere Hilfsmittel entfernt werden können.

Bestehen Fassungsmantel und Berührungschutzkragen nicht aus einem Stück, so darf der Mantel einen Teil der Aufgaben des Berührungschutzkragens oder der Berührungschutzkragen einen Teil der Aufgaben des Mantels übernehmen. In diesen Fällen kann der Fassungsmantel also kürzer oder länger sein als zur Abdeckung aller Spannung führenden Einbauteile der Fassung nötig wäre. Der Mantel muß aber mit dem Berührungschutzkragen zusammen den in § 58a) verlangten Berührungschutz gewährleisten.

Zur Erfüllung des § 58 sind mehrere Ausführungsarten möglich:

Fassungsmantel und Berührungschutzkragen bestehen aus einem Stück;

Fassungsmantel und Berührungschutzkragen bestehen aus mehreren Teilen;

Fassungsmantel und Berührungschutzkragen bestehen aus zwei Teilen, die jedoch so miteinander verbunden sind, daß sie wie ein Stück wirken.

Bestehen Fassungsmantel und Berührungschutzkragen aus mehreren Teilen, dann soll, falls diese nicht durch eine Verbindung wie ein Stück wirken, bei Entfernen des Berührungschutzkragens die Lampe keinesfalls Spannung annehmen können, oder die Fassung muß so konstruiert sein, daß eine Lampe bzw. die Prüflehre nicht ordnungsgemäß eingesetzt werden kann.

Falls eine Fassung ohne Mantel verwendet wird, ist dies als nicht ordnungsgemäßer Gebrauch zu bezeichnen, bei dem die vorstehenden Forderungen in der Regel nicht mehr erfüllt werden können.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Digitized by Google

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betrifft: Installations-Selbstschalter.

Unter Bezugnahme auf die Veröffentlichung der VDE-Prüfstelle in der ETZ 1929, Heft 51, Seite 1863, wird mitgeteilt, daß lt. Gutachten des Elektrischen Prüfamtes 3 in München auch die Stöpsel-JS-Schalter der Firma Hans Trinkl, Augsburg, Perzheimstr. 46, für 6, 10 und 15 A 250 V Gleich- und 380 V Wechselspannung den neuen am 1. VII. 1930 in Kraft tretenden Leitsätzen des VDE für Installations-Selbstschalter entsprechen.

Die Prüfung erfolgte im Dezember 1929.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein, Chemnitz. 16. I. 1930, abds 7½ h, Hörsaal 199 der Staatl. Akademie für Technik: Vortrag Dipl.-Ing. Zimmermann, „Die Prüfstelle des VDE".

Dresdner Elektrotechnischer Verein, Dresden. 23. I. 1930: a) Vortrag Prof. Dr. F. Lubberger, „Die gefühlsmäßige Einstellung des Elektrotechnikers zu den elektrischen Grundgrößen. b) Dr. H. Müller, „Vorführung eines Zeitlupenfilms von Lichtbogenentladungen mit kurzem Einleitungsvortrag".

Elektrotechn. Gesellschaft, Halle a. S. 15. I. 1930, abds. 8¼ h, Saal des Bierhauses Engelhardt, Bernburger Straße: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. König, „Hochspannungs-Luftschalter, ihre Entwicklung und Bedeutung".

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 14. I. 1930, abds. 8 h, T. H. Hörsaal 42: Vortrag R. Burget, „Der Fernleitungs- und Freiluftstationenbau mit Schleuderbetonmasten" (Lichtb.).

Elektrotechn. Verein München. (Gemeinsam mit dem Bayer. Bezirksverein Deutscher Ingenieure und dem Polytechn. Verein in Bayern.) 13. I. 1930, abds. 8 h, gr. Physikhörsaal der T. H. (Eingang II, Arcisstraße): Vortrag Dr. F. Noack, „Der derzeitige Stand des Fernsehens in Deutschland" (m. Lichtbildern u. Vorführung eines Fernsehsenders sowie von Fernseh-Empfängern im Betrieb).

Elektrotechn. Gesellschaft zu Nürnberg. 10. I. 1930, abds. 8 h, SSW, Frauentorgraben 35: Vortrag Obering. R. Naujoks, „Installationsmaterial".

Württ. Elektrotechn. Verein Stuttgart. 15. I. 1930, abds. 8 h, Elektrot. Inst. der T. H.: Lichtbildervortrag Obering. H. Büggeln, „Die Kinderjahre der öffentlichen Elektrizitätswirtschaft".

Physikalische Gesellschaft und Dt. Gesellschaft für techn. Physik, Berlin. 10. I. 1930, abds. 7½ h, Gr. Hörsaal d. Physik. Inst. d. T. H., Vortrag W. O. Schumann, „Über Stromleitung und Durchschlag von Isolierstoffen".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

W. M. Leser. Das langjährige leitende Vorstandsmitglied der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Hydrawerk, Berlin, Herr Walter Leser, wurde in den Vorstand der Mix & Genest AG. berufen. Herr Leser ist aus der Fernmeldetechnik hervorgegangen und war viele Jahre in führenden Unternehmen dieser Branche tätig.

Auszeichnungen. — Dr. Max Weger, Geschäftsführer der Bakelite Gesellschaft m. b. H., Berlin, wurde von der T. H. Berlin in Anerkennung seiner Verdienste um die Bakelite-Herstellung zum Dr.-Ing. E. h. ernannt.

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrische Starkstromanlagen. Masch., App., Schalt., Betrieb. Kurzgef. Hilfsb. f. Ing. u. Techn. sowie zum Gebrauch an techn. Lehranst. Von Dipl.-Ing. E. Kosack. 7. durchges. u. erg. Aufl. Mit 308 Textabb., XI u. 342 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis kart. 8,50 RM, geb. 9,50 RM.

Wenn ein Werk im Lauf von 16 Jahren 7 Auflagen erlebt und in 33 000 Exemplaren verbreitet ist sowie in verschiedene fremde Sprachen übersetzt wird, so erübrigt sich eigentlich eine weitere Empfehlung von seiten der Kritik.

Das Buch wendet sich in erster Linie an die große Zahl von Ingenieuren, die unter Vermeidung jeglicher mathematischer Entwicklungen und begrifflicher Festlegungen die Eigenschaften und Anwendungen elektrischer Maschinen und Apparate in möglichst einfacher Form beschrieben wissen wollen. Auf dieses konsequent durchgeführte Programm dürfte der große, wohlverdiente Erfolg der vorliegenden Arbeit zum Teil zurückzuführen sein. Eine Inhaltsangabe erübrigt sich an dieser Stelle; der Untertitel besagt, was das Buch enthält. Die Gliederung und Darstellung sind flüssig und klar, die Zeichnungen vorzüglich ausgeführt, sie lassen überall die Hauptsache scharf hervortreten.

Einige Punkte, die ein allgemeineres Interesse beanspruchen dürften, mögen hier Erwähnung finden: Um die Abbildungen mit den DIN-VDE-Taschenbüchern in Einklang zu bringen, sind sie zum großen Teil neu hergestellt, eine Arbeit, die mit viel Zeit und Unkosten verbunden war. Der Verfasser betont im Vorwort, daß hierbei pädagogische Rücksichten nicht außer acht gelassen wurden. Es ist bedauerlich, daß er m. E. die Grenzen der unbedingt notwendigen Abweichungen überschritten hat. Es ist z. B. nicht recht ersichtlich, aus welchen Gründen der Verfasser bei der schematischen Zeichnung von Instrumenten die früher vielfach übliche Darstellung mittels angedeuteten Zeigers und Skala gewählt hat, während nach den DIN VDE 716 die Meßgeräte durch einfache Kreise gekennzeichnet sind, mit eingeschlossenem Buchstaben, der die technische Einheit angibt, in der die Größe gemessen wird. Dasselbe gilt von Bildern von Maschinen, Schaltern, Reglern, Leitungen, die in der Darstellung nach den DIN VDE 715 und 711 an Einfachheit und Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig lassen. M. E. wäre es von großem Wert, wenn sich diese einheitliche Zeichensprache möglichst bald überall einführte; dies ist jedoch nur dann möglich, wenn man sich in allen Vorlesungen, Vorträgen und Veröffentlichungen dieser Darstellung bedient, auf die Gefahr hin, daß einige dieser Zeichen noch geändert werden, falls die weiteren Arbeiten der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) dieses als zweckmäßig erscheinen lassen.

Auf S. 68 ist die Messung der Drehstromleistung mittels Einwattmeterschaltung verunglückt. Eine korrekte Messung nach der in Abb. 81 angegebenen Schaltung ist nur bei gleicher, induktionsfreier Belastung in den drei Phasen möglich, ein Fall, der fast nie vorkommt.

Es ist bekanntlich sehr schwer, wissenschaftlich exakt und doch in einer für weitere Kreise genießbaren und leicht verständlichen Form zu schreiben. Wenn der Verfasser bei einer Neubearbeitung sein Hauptaugenmerk auf eine größere begriffliche Schärfe, namentlich in den Definitionen legt, wozu m. E. nur wenig Änderungen und Ergänzungen notwendig wären, so dürfte er dieses Ziel wohl unschwer restlos erreichen. Was noch zu tun übrig bleibt, ist relativ gering im Vergleich zu der bereits geleisteten Arbeit. Der Wert des Buches würde noch stark erhöht, zu den alten Freunden würden sich noch viele neue hinzufinden. Brion.

Der Ingenieur in der Elektro-Industrie. Von R. Salinger. Mit 118 S. in gr. 8°. Verlag H. Martin, Wien I, 1929. Preis kart. 7 RM, f. Österreich 10 S.

Die Schrift stellt einen wertvollen Beitrag zur Berufskunde des Elektroingenieurs dar. Sie behandelt ausführlich die verschiedenen Berufszweige des Konstrukteurs, des Betriebs- und Projektierungsingenieurs, des Montageingenieurs, des Prüffeldingenieurs, des Ingenieurs für die Akquisition und des für die Leitung des ganzen Betriebes in der Direktion. Überall sind die Voraussetzungen für den Spezialberuf angegeben und die vorteilhafteste Ausbildung dafür.

Am wertvollsten in der Schrift erscheinen uns die ersten drei Kapitel, die ganz allgemein von der Erziehung und Ausbildung, von den fundamentalen Grundlagen zur Charakterbildung und Selbsterziehung und von der weiteren Ausbildung und dem Geistesbau des Ingenieurs sprechen. Hier tritt der Verfasser mit großer Wärme und aus reichster Lebenserfahrung an den jungen Mann heran und zeigt ihm, welche Selbsterziehung notwendig ist, um das Höchste in dem künftigen Beruf zu erreichen.

Carl Weihe, Frankfurt a. M.

Digitized by Google

Kompressorlose Dieselmotoren und Semidieselmotoren. Von M. Seiliger. Mit 340 Abb., 50 Zahlentaf. i. Text, VI u. 296 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 37,50 RM.

Im Anschluß an seine beiden früheren Arbeiten „Graphische Thermodynamik und Berechnung der Verbrennungsmaschinen und -turbinen" und „Hochleistungs-Dieselmotoren" gibt der Verfasser in dem vorliegenden Werk seine weiteren Arbeiten auf dem Gebiete der Verbrennungsmaschinen bekannt. Einleitend wird ein allgemeiner Überblick über die Ölmotoren gegeben und hierbei auch auf den Unterschied zwischen einer Dampfkraftanlage und einer Verbrennungs-Kraftmaschinenanlage hingewiesen sowie anschließend hieran werden die Haupteigenschaften des Arbeitsvorganges in den Verbrennungsmaschinen, Druck- und Temperaturdiagramme, theoretische Annahmen und wirkliche Vorgänge usw., kurz behandelt. Der Verfasser entwickelt eine neue Theorie der Verbrennungsmotoren, wobei das Arbeitsverfahren als Funktion des Verbrennungsvorganges, der Zeit und der Kühlung betrachtet ist. Eingehende Untersuchungen führen zu dem Ergebnis, daß es heute keine Grenzlinie zwischen Glühkopf- und kompressorlosen Dieselmotoren mehr gibt, daß nicht das Arbeitsverfahren, sondern der Aggregatzustand, in welchem der Brennstoff eingeführt wird, die Grenzlinie zwischen Motorgruppen bestimmt.

In getrennten Kapiteln werden Entwicklung und Bauarten von Semidieselmotoren und kompressorlosen Dieselmotoren eingehend behandelt, Leistungsberechnungen gegeben, Konstruktionseinzelheiten besprochen, auf konstruktive Schwierigkeiten wird aufmerksam gemacht, und es werden ausgeführte Maschinen und Konstruktionen einer großen Anzahl von Dieselmotoren bauenden Firmen an Hand von Bildern und Skizzen und unter Anführung von Versuchsergebnissen beschrieben. Auch den kompressorlosen Fahrzeug-Dieselmotoren ist ein Kapitel gewidmet. Besonders interessant sind die Ausführungen des Kapitels 8 „Aus der Theorie und Praxis für die Praxis". Hier findet man die Ergebnisse aus theoretischen Überlegungen und praktischen Erfahrungen und Untersuchungen und auch einen Hinweis auf die Möglichkeit einer gewinnbringenden Abwärmeverwertung.

Im Schlußkapitel gibt der Verfasser Anregungen, wie noch zwei Hauptprobleme einer Lösung näher gebracht werden können, u. zw. die Erzielung höchster spezifischer Leistung bei bester Wirtschaftlichkeit und vollkommener Betriebsicherheit und zum andern die Anpassung der Leistung oder der Geschwindigkeit oder beider zusammen an die jeweiligen Betriebsbedingungen insbesondere für den Schiffs- und Fahrzeugmotor. Bei der Erörterung dieser Probleme kommt der Verfasser zum Schluß, daß der Dieselmotor der Zukunft nicht mehr „ohne Temperatur- und Drucksteigerung" sondern „mit großer Temperatur- und Drucksteigerung" arbeiten wird, und daß hinsichtlich der Geschwindigkeit die Drehzahl des Dieselmotors in großen Grenzen geregelt werden kann, so daß die bisher noch üblichen künstlichen Übertragungen (Wechselgetriebe usw.) entbehrlich werden.

Das Buch gibt für ortsfeste Landmaschinen, besonders aber für Schiffsmaschinen, Automobil- und Flugzeugmotoren sowie auch für Lokomotivmaschinen beachtenswerte Hinweise und Anregungen. Es kann dem Berechnungsingenieur und Konstrukteur, aber auch dem Studierenden nur bestens empfohlen werden.

Otto E. Vogt.

Kontrollen im Betriebe. Vortragsreihe unter der Patenschaft von Dr.-Ing. O. Kienzle, veranstaltet vom Techn.-wiss. Vortragswesen in Berlin mit Unterstütz. d. Arbeitsgemeinsch. dt. Betriebsing. im Verein dt. Ing. vom 26. XI. bis 10. XII. 1928. 1. Maßkontrolle. Von Dr.-Ing. O. Kienzle. 2. Mengenkontrolle. Von Obering. H. Hoerschelmann. 3. Zeitkontrolle. Von Obering. C. W. Drescher. Mit 38 S. in 4°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis kart. 2 RM.

Über die Wichtigkeit der Kontrollen im Betriebe dürften bei den Werksleitern und Unternehmern keinerlei Zweifel bestehen. Es ist erfreulich, daß man dieses Thema auch einmal besonders behandelt, und insbesondere erfreulich, daß erstklassige Fachleute sich bereit gefunden haben, ihre Erfahrungen und Anschauungen über die Kontrolle in den Betrieben der breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Das vorliegende Heft aus der Vortragsreihe, veranstaltet vom Technisch-wissenschaftlichen Vortragswesen in Berlin, gibt glänzend Zeugnis davon, daß dieses wichtige Gebiet sehr ernsthaft überarbeitet wird. In Rücksicht auf die Wichtigkeit der Kontrollen im Betriebe hat auch die ADB Berlin für das kommende Winterhalbjahr das gleiche Thema für ihre Vortragsreihe angesetzt. Es kann jedem Teilnehmer an diesen Vorträgen nur empfohlen werden, das in dem Sonderdruck aus der Zeitschrift „Maschinenbau" zusammengetragene Material zu studieren. Es bildet die Grundlage für die kommende Winterhalbjahr-Arbeit. Ludwig.

Automobil-Reparaturen. Von Obering. O. Winkler. Mit 147 Abb., 1 Stichwörterverzeichn., VI u. 303 S. in 8°. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. d. S. 1928. Preis geh. 9,50 RM, geb. 11,30 RM.

Das Buch ist aus der Praxis für die Praxis geschrieben und enthält das, was der Titel sagt. Es will ein Hand- und Nachschlagebuch für solche Reparaturwerkstätten sein, die keinen Zusammenhang mit Automobilfabriken haben. Damit ist es zeitgemäß; denn die Wandlung des Kraftwagens vom Sport- zum Gebrauchsgerät hat ihn schon in die entlegensten Gebiete geführt, so daß nicht selten unvorbereitete Werkstätten zu seiner Instandhaltung herangezogen werden. Hier gilt es, fehlende Kenntnisse zu vermitteln, die nur der erfahrene Fachmann geben kann. Diesen Zweck zu erfüllen, ist das Buch durchaus geeignet. Gute Abbildungen, vielfach in perspektivischen Handskizzen, und klarer Druck erleichtern das Verstehen auch verwickelterer Vorgänge.

W. A. Th. Müller-Neuhaus.

Neue Zeitschriften.

Bureau of Standards Journal of Research. Bd. 1, Nr. 1. Mit 123 Abb., II u. 104 S. in 8°. Juli 1928. United States Government Printing Office, Washington, D. C. Preis für 1 Heft 0,25 $, im Jahr 3,50 $.

Es liegt hiermit eine neue nordamerikanische wissenschaftlich-technische Monatschrift vor, welche die theoretischen und experimentellen Arbeiten des weltbekannten Bureau of Standards in Washington bringt. Das Bureau of Standards ist eine Anstalt, welche — um mit deutschen Verhältnissen zu vergleichen — eine Art Vereinigung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, der Chemisch-Technischen Reichsanstalt, des Staatlichen Materialprüfungsamts in Berlin mit technisch-wissenschaftlichen Forschungsinstituten darstellt. Dementsprechend betreffen die im Bureau of Standards ausgeführten Arbeiten die verschiedensten Teile der reinen und angewandten Physik und Chemie sowie der Technologie und Ingenieurwissenschaften. Es werden dort auch Untersuchungen aus den Gebieten der Elektrizität, des Magnetismus und der drahtlosen Nachrichtentechnik ausgeführt; von den der Elektrotechnik näherstehenden Gebieten seien noch Akustik, Pyrometrie, Elektrochemie, Metallurgie und Faserstoffe erwähnt.

Diese neue Monatschrift umfaßt und ersetzt die Mitteilungen des Bureau of Standards, welche bisher als „Scientific Papers" und „Technologic Papers" in Form von Sonderdrucken weite Verbreitung gefunden haben. Erfreulicherweise werden Sonderdrucke der im Journal of Research erschienenen Arbeiten einzeln vom Superintendant of Documents, Government Printing Office, Washington, weiter zu beziehen sein. Bei dem äußerst vielseitigen Inhalt der Hefte dürfte diese neue Monatschrift dank ihrem niedrig bemessenen Jahrespreise eine weite Verbreitung finden. Von den im vorliegenden ersten Heft enthaltenen Arbeiten soll folgende hier Beachtung finden.

H. J. McNicholas behandelt eine wichtige beleuchtungsmeßtechnische Frage, die absolute Messung des Reflexionsvermögens (Absolute methodes in reflectometry, 45 S., 9 Abb. i. T. u. 3 Zahlentaf.). Nach einer Erörterung der Verwendung der integrierenden Kugeln in der Reflektometrie wird ein neues Verfahren beschrieben, welches ohne direkte Verwendung einer Integrieranordnung auskommt. Es beruht auf einem allgemeinen Reziprozitätssatz, welcher bestimmte Beziehungen zwischen den Reflexionseigenschaften bei diffuser Beleuchtung und bei Beleuchtung in einer Richtung liefert. Nach diesem Verfahren sind Messungen an verschiedenen Stoffen ausgeführt worden, deren Ergebnisse mit denjenigen anderer Methoden verglichen werden. R. Swinne.

Eingegangene Doktordissertationen.

Christian Gretzer, Der Williams-Janney-Transformator. T. H. Hannover 1928.

William Schott, Über Klein-Gleichrichter. T. H. Hannover 1928.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Elektroindustrie im Jahresbericht der Industrie- und Handelskammer zu Berlin für 1929[1]. — Die Starkstromindustrie war zu Beginn des Jahres von dem weiteren allgemeinen Konjunkturrückgang in Mitleidenschaft gezogen. In der Folgezeit konnte der Abschwächung Einhalt geboten und eine leichte, allerdings nicht gleichmäßig auf alle Zweige sich erstreckende Belebung der Geschäftstätigkeit erzielt werden.

Von nachteiligem Einfluß war die starke Zurückhaltung der Landwirtschaft als Folge ihrer unverminderten wirtschaftlichen Schwierigkeiten. Handelt es sich dabei um eine in den letzten Jahren ziemlich gleichgebliebene Erscheinung, so hat auf einem anderen, sehr aussichtsreichen Elektrisierungsgebiet, nämlich dem der Eisenbahnen, gerade das Berichtsjahr einen erheblichen Auftragsrückgang gebracht. Er findet seine Erklärung in der ungünstigen Finanzlage der Reichsbahn, welche die Zurückstellung größerer Elektrisierungsprojekte notwendig machte. Lediglich der Ausbau der Eisenbahnsicherungseinrichtungen sowie Umbauten bestehender Anlagen brachten auf diesem Gebiet allmählich eine gewisse Geschäftsbelebung. Wenig günstig muß auch das Starkstromkabelgeschäft beurteilt werden, das unter Schwankungen gegenüber dem Vorjahr einen nicht unwesentlichen Rückgang zeigte. Von den Installationsmaterial herstellenden Firmen wird gleichfalls das Geschäft als unbefriedigend bezeichnet. Zwar brachte der Wohnungsbau nicht unbeträchtliche Bestellungen, es ergab sich indessen ein Ausfall einmal dadurch, daß die Neubautätigkeit nicht den früheren Umfang angenommen hatte, entscheidend aber fiel für das Geschäftsergebnis der einzelnen Firmen die starke Überproduktion an Installationsmaterial ins Gewicht.

Für die Installationstätigkeit zeigten sich hinsichtlich des Neuanschlusses von Wohnungen bereits ernste Schwierigkeiten. Diese entstehen dadurch, daß die Zahl der Wohnungen ohne elektrischen Anschluß, die von einem zahlungsfähigen Publikum bewohnt werden, erschöpft zu sein scheint.

Vom Installationsgewerbe wird Klage darüber geführt, daß von seiten städtischer Verwaltungstellen Angebote, deren Bearbeitung in der Regel erhebliche Kosten verursacht, in großem Umfange eingefordert werden, ohne daß sich entsprechende Aufträge ergaben

Einen günstigen Einfluß übte auf die Geschäftslage der auch im Berichtsjahre starke Ausbau der deutschen Stromversorgung aus, der zu einem zufriedenstellenden Zentralengeschäft führte. Der Abschluß größerer Aufträge mit einzelnen Stromlieferungsunternehmungen ergab eine Absatzsteigerung in schweren Maschinen, Hochspannungsmaterial, Meßinstrumenten und Zählern. Belebend wirkte ferner ein stärkerer Auftragseingang seitens der Produktionsmittelindustrien, der Eisenindustrie, des Kali- und des Kohlenbergbaues. In diesen Industrien machte die Modernisierung der Betriebe durch Umstellung der vorhandenen Dampfanlagen auf den wirtschaftlicheren elektrischen Antrieb weitere Fortschritte. Auch seitens der Maschinen- und chemischen Industrie konnte im Laufe des Jahres eine leichte Zunahme der Bestellungen an die Elektroindustrie bemerkt werden. Dagegen ergab sich ein ziemlich empfindlicher Einnahmeausfall dadurch, daß vor allem die Textilindustrie, die bei günstiger Wirtschaftslage mit größeren Aufträgen bisher hervorgetreten ist, infolge schlechter Konjunktur sich starke Zurückhaltung auferlegen mußte. Eine Steigerung zeigte weiterhin das Geschäft in elektrischen Haushaltungsgegenständen, dem als einem der aussichtsreichsten Zweige der Elektroindustrie eine besondere Pflege zuteil wird. Als günstig können die Ergebnisse der Glühlampenindustrie bezeichnet werden, deren Ausfuhr Fortschritte machte. Der Umsatz in Automobillampen zeigte eine starke Zunahme, gut entwickelt hat sich auch das Geschäft in Lampen für Projektions-, Kino- und photographische Zwecke.

Für die Schwachstromindustrie war von Bedeutung, daß die Reichspost zu Anfang des Jahres aus ihrer seit vielen Monaten geübten Zurückhaltung heraustrat und wieder Aufträge erteilte. Diese erstreckten sich besonders auf Fernsprechämter mit Selbstanschluß. Das Privatgeschäft in Telegraphen- und Telephonapparaten war mengenmäßig recht umfangreich. Namentlich wurden auch von privater Seite in zunehmendem Maße kleine Ämter für Hand- und Selbstanschlußbetrieb bestellt. Äußerst ungünstig war dagegen fast auf dem ganzen Gebiet die Preislage. Ein in seinem Ausmaß und seinen Auswirkungen sachlich kaum zu rechtfertigender Wettbewerb führte zu starken Unterbietungen. Dieselben Beobachtungen ergaben sich auch bei dem Mietgeschäft für Telephonanlagen, das mengenmäßig ebenfalls auf im ganzen befriedigender Höhe lag.

In erfreulicher Entwicklung befindet sich das Geschäft in bildtelegraphischen und elektroakustischen Anlagen.

Das Geschäft in Feuermelder- und Polizeirufanlagen war durch die ungünstige Finanzlage der Kommunalverwaltungen gehemmt.

Der Absatz in elektromedizinischen Apparaten hat sich im wesentlichen befriedigend entwickelt.

Hinsichtlich der Ausfuhr der Elektroindustrie ist die Erwartung einer Steigerung berechtigt. Für das erste Halbjahr 1929 belief sich der Ausfuhrwert auf etwas über 296 Mill RM (im ganzen Jahr 1928 betrug er rd. 536 Mill RM); es ist hierbei zu bemerken, daß trotz absoluter Ausfuhrzunahme der Anteil am elektrotechnischen Weltgeschäft von 28,8 % im Jahre 1928 auf 27,1 % im ersten Halbjahr 1929 zurückgegangen ist. Der Ertrag des Ausfuhrgeschäfts ließ aus den bekannten Gründen zu wünschen übrig.

Die unzureichende Preisstellung traf in weitem Umfange auch auf das Inlandgeschäft zu. Der die Geschäftsabwicklung behindernde Kapitalmangel führte auch auf dem Inlandmarkt zu schärfstem Wettbewerb und zu starken Preisunterbietungen. Vielfach bildeten dabei lange Zahlungsfristen eine empfindliche Belastung des Fabrikanten.

Die in Berlin domizilierenden Holdinggesellschaften, in denen in- und ausländische Stromlieferungsunternehmungen zusammengefaßt sind, haben die Dividende des Jahres 1928 aufrechterhalten können. Mit fortschreitender Elektrisierung hat sich der Stromabsatz noch vielfach erhöht, weil Konjunkturrückgänge sich bei Elektrizitätswerksbetrieben erst später geltend machen als bei fabrizierenden Unternehmungen.

Der Bedarf an Funktelegraphie- und -telephonieanlagen, der sich vornehmlich auf große und mittlere Sendestationen, Schiffsanlagen, Flugzeuganlagen, Hochfrequenz-Telephonieanlagen erstreckt, war auch im Berichtsjahr rege. Daß es der deutschen Funkindustrie gelungen ist, auch im Ausland trotz der bekannten Schwierigkeiten und schärfsten Wettbewerbs Erfolge zu erringen, ist ein neuer Beweis für ihre Leistungsfähigkeit.

Im Rundfunkgeschäft folgte einem stürmischen Anstieg in den drei Monaten vor Weihnachten des vergangenen Jahres ein unerwartet starkes Abfallen des Umsatzes während des Restes der Wintersaison; da aber anderseits die Vereinfachung des Radioempfangs durch die Schaffung geeigneter Netzanschlußempfänger anregend wirkte, wurden in den Monaten Januar bis April die Vorjahrsumsätze immerhin noch überschritten. Die Funkausstellung zeigte die deutsche Radioindustrie an der Spitze der europäischen Rundfunkindustrie.

Die neue Saison, die mit dem 1. IX. 1929 begann, brachte weitere erhebliche Fortschritte in der Ausbildung von netzbetriebenem Orts- und Fernempfangsgerät, wobei insbesondere die Einführung der Schirmgitterröhre zu erwähnen ist. Das Bestreben, mit wenigen Typen auszukommen und diese in Großserienfabrikation herzustellen, verstärkte sich. Diesen Fortschritten steht anscheinend eine entsprechende Aufnahmefähigkeit des Marktes in der neuen Saison nicht gegenüber. Die Zahl der Rundfunkteilnehmer, die im Vorjahr sich noch dauernd erhöht hatte, ist gleich geblieben.

Vorgänge im Ausland. — Bei der Beratung eines Gesetzentwurfs des Senators Couzens, der die Errichtung einer neuen amerikanischen Bundesbehörde zwecks staatlicher Regelung des Telegraphenwesens fordert, hat Owen D. Young als Präsident der Radio Corporation im Senatsausschuß für zwischenstaatlichen Handel den Zusammenschluß der amerikanischen Rundfunk- und Kabelsysteme befürwortet, um die nationalen Interessen wahren zu können. Falls das Parlament sich dem widersetze, solle die Regierung die Kontrolle des Telegraphenwesens selbst in die Hand nehmen.

Abschluß des Heftes: 4. Januar 1930

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 200 Expl.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 72.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrokarren in Kabelwerken.

Mitteilung der AEG.

In Kabelwerken und den diesen zumeist angegliederten Drahtfabriken sind nicht nur große Massen zu transportieren, sondern auch ganz erhebliche Gewichte. Die mit dem Schiff oder mit der Bahn ankommenden Kupferbarren müssen z. B. von der Entladestelle zu dem Lagerplatz bzw. zu den Verarbeitungsstellen befördert werden. Die beträchtlichen Gewichte der Kupferbarren machen es erforderlich, daß bei der Entladung und bei der Lagerung auf die Beförderung Rücksicht genommen wird. Die Kupferbarren werden kreuzweise geschichtet und, wie Abb. 1 erkennen läßt, auf kräftigen Anhängewagen, die durch Elektroschlepper gezogen werden, befördert. Der Elektroschlepper ist in der Lage, auf guten Fahrwegen zwei solcher Anhängewagen, die mit je 5 t beladen sind, zu ziehen.

Abb. 1. AEG-Elektroschlepper ES 8002 mit 2 Anhängewagen für Kupferbarren-Transport.

Der Transport der Kupferbarren in der vorgenannten Art empfiehlt sich nur dann, wenn auf dem Lagerplatz ein Kran für das gleichzeitige Abheben der gesamten Anhängelast und für das Stapeln vorhanden ist. Anderseits empfiehlt sich die Verwendung eines Elektrostapelkarrens für eine recht große Tragkraft, der nicht nur den Transport der Kupferbarren, sondern auch gleichzeitig das Stapeln im Lager übernimmt.

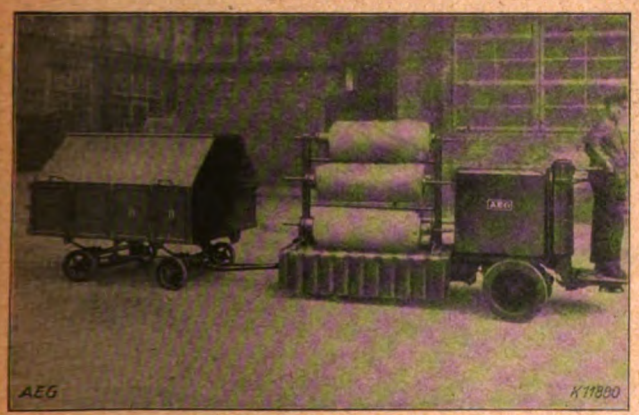


Abb. 2. AEG-Elektrohubkarren EK 1804 mit Ladebank und Anhängewagen in einer Kabel-Isolierstoff-Fabrik.

Auch Elektrohubkarren finden in den Kabelwerken und deren zusätzlichen Betrieben ausgezeichnete Verwendung. Abb. 2 zeigt einen derartigen Karren für 1800 kg Tragkraft, der ein Ladegestell für aufgerollte, breite Gummibänder trägt und außerdem noch einen Spezialanhängewagen mit regendichtem Abschluß befördert. Die Verwendungsmöglichkeit der Elektrohubkarren ist außerordentlich vielseitig und wirtschaftlich. Das Fahrzeug kann unausgesetzt für die Beförderung in Anspruch genommen werden, da für das Aufnehmen und Absetzen der Last nur sehr wenig Zeit beansprucht wird. Die Ladegestelle sind in einfacher Weise den verschiedenen Transportnotwendigkeiten anzupassen.

Sind die Fahrwege schlecht, so daß Fahrzeuge mit verhältnismäßig kleinen Laufrädern sich für die Verwendung nicht eignen, so sind Elektrokarren mit großen Laufrädern einzusetzen, die bekanntlich von der AEG auch mit einer Hubvorrichtung ausgerüstet werden können. Der in Abb. 3 gezeigte Elektrokarren hat eine von Hand betätigte hydraulisch-mechanische Hubvorrichtung für die Aufnahme des beladenen Lastengestelles. Ein Anhängewagen mit gleichartiger Hubvorrichtung und den gleichen Plattform-Abmessungen wie beim Elektrokarren, kann auch derartige Ladegestelle aufnehmen und vom Elektrokarren gezogen werden.

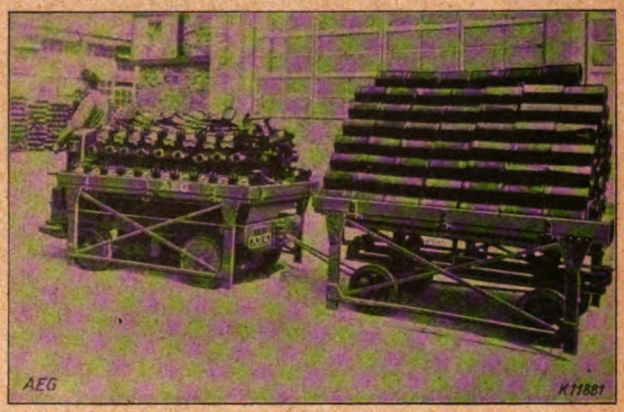


Abb. 3. AEG-Elektrokarren EK 1502 für 1500 kg Tragkraft mit hydraulisch-mechanischer Hubvorrichtung und Anhängewagen mit Handhubvorrichtung für den Transport von Kabelendverschlüssen u. a. m. auf Ladebänken.

Es hat sich gezeigt, daß beim Rollen bewickelter Kabeltrommeln diese leicht beschädigt werden, und man geht daher immer mehr dazu über, die Trommeln auf Fahrzeugen zu befördern. Für diesen Zweck sind besonders niedrig gebaute Anhängewagen sehr vorteilhaft, die dann, wie Abb. 4 erkennen läßt, von einem Elektrokarren gezogen werden. Zur besseren Ausnutzung des Karrens kann dieser auch noch mit einer Trommel beladen werden. Während die Beladung des Anhängewagens in vielen Fällen durch Hinaufrollen der Trommeln erfolgen kann, muß die größere Trommel auf den Elektrokarren mittels Kranes gesetzt werden.

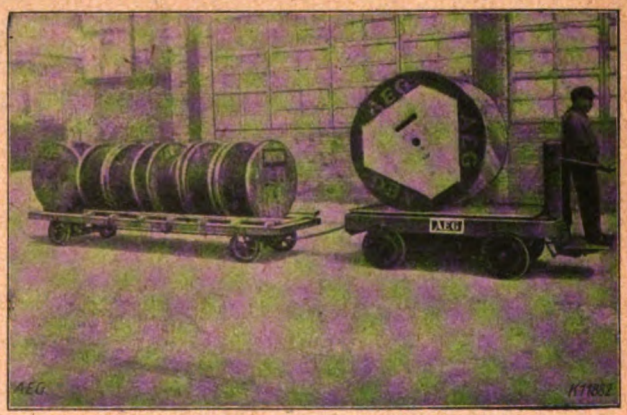


Abb. 4. AEG-Elektrokarren EK 1502 mit Spezialanhängewagen für Kabeltrommel-Transport.

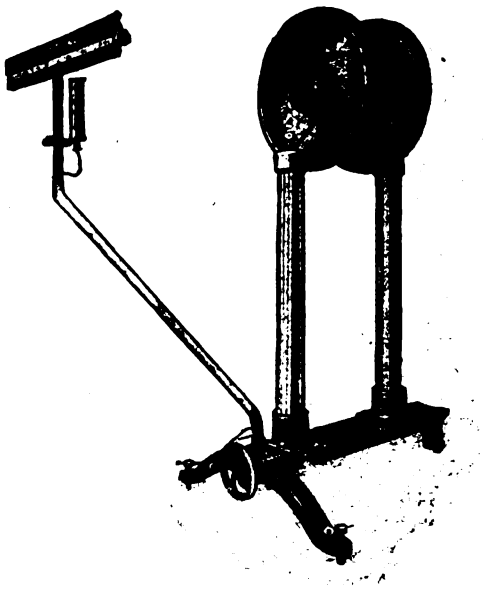
Die Wirtschaftlichkeit der Elektrokarrenförderung ist in Kabelwerken ganz besonders gewährleistet, da hier die Tragfähigkeit des Fahrzeuges gut ausgenutzt werden kann.

Digitized by Google

Die
Hochspannungsvoltmeter
Bauart Starke - Schroeder

gewährleisten
eine zuverlässige
Spannungskontrolle

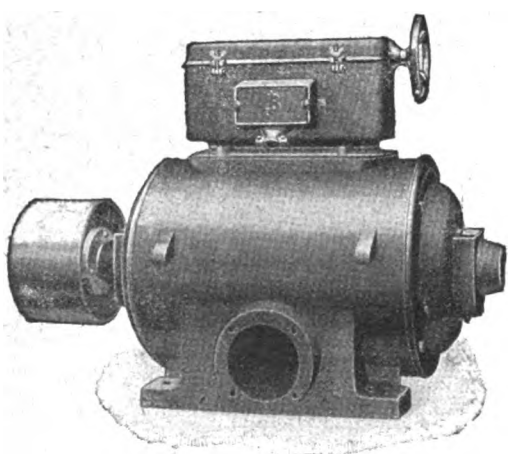
DIPL.-ING. RICHARD SCHROEDER
FABRIK ELEKTRISCHER MESSAPPARATE
AACHEN
JUNKERSTR. 93



HOCHSPANNUNGS-VOLTMETER TYPE D
150 kV ~ resp. 200 kV =
D.R.P. angem. Auslandspatente D.R.G.M.

Bruncken-Doka-Motor
ohne Schleifringe bis 150 PS Leistung (D.R.P.)

Der einzige Käfiganker-Motor mit Schleifringanker-Charakteristik



Anlauf durchschnittlich bis zum dreifachen des normalen Drehmomentes

Lieferbar in

gekapselter Ausführung
(Durchzugstype)

mantelgekühlter Ausführung

explosionssicherer Ausführung

mit aufgebautem Anlaß-Kontroller oder Selbstanlasser

Cölner Elektromotorenfabrik JONANNES BRUNCKEN
Gegründet 1907
Cöln-Bickendorf7
Telephon Amt Köln:
Sammelnummer West 58341

Digitized by Google

Engineering Library
JAN 31 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

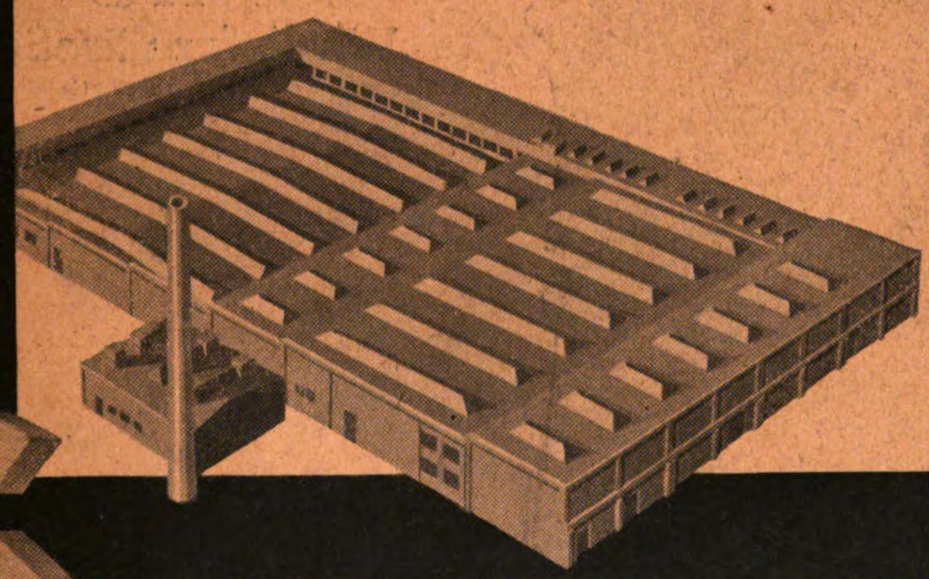
INHALT

Der Schutz el. Anlagen geg. Überspannungen. Von E. Flegler. 73
Neue Anzeige- und Registriermethoden in der Fernmeßtechnik. Von W. Stern. 77
Kennlinien für den Betrieb und Entwurf von el. Kraftwagen. Von E. Marquard u. H. Reimers. 81
Die Auswuchtung rotierender Apparateteile. Von W. Späth. 86

Rundschau:

Nebel-Prüfung v. Hochspannungsisolat. 89
Zur Erdung langer, m. Petersenspulen kompens. Leitungen. 89
Flußverteil. in Wechselstrommagn. m. Kurzschlußringen. 90
Untersuch. üb. d. Lichtverteil. v. Beleuchtungskörpern. 90
Üb. d. Wirkungsgr. v. Scheinwerfern. 91
Vergleichsgrundl. f. d. Elektrizitäts- u. Gasverbr. im Haushalt. 91
Elektrisier. d. Bay-Ridge-Bahn. 91
Bordpeilempfänger im Flugzeug. 92
El. Leitfähigk. in Hartgummi, Pyrexglas, geschmolz. u. kristall. Quarz. 92
Autovalve-Überspannungsableiter. 93
Unmittelb. Best. d. Überschlagsp. v. Kugel- u. Spitzenfunkenstr. 93
Mechanis. Förderung in Galvanisierungsanl. 95
Erzg. u. Verw. v. Höchstdruckdampf i. d. Floridsdorfer Löffleranl. 96
Verwend. v. flüss. Sauerstoff in Eisenbahnwerkstätten. 97
Mess. an schalldämpf. Materialien. 97
Richtwirk. v. Strahlern. 98
Jahresversamml., Kongresse, Ausstellungen. 98
Energiewirtschaft. 99
Vereinsnachrichten. 100. **Bekanntmachung des VDE.** 101
Sitzungskalender. 101
Persönliches. Auszeichnungen, Jubiläum. 101
Briefe a. d. Schriftleit.: C. Feldmann. 101
Literatur. H. G. Frühling, K. Buttler, V. Bush, I. S. Cammerer, J. van Himbergen, A. Bleckmann u. A. Waßmuth, K. Scheibe, B. Osann, A. Baumbach. 102
Geschäftliche Mitteilungen. 103
Bezugsquellenverzeichnis. 104

UNSER NEUES
BLEIKABELWERK



DR. CASSIRER & CO. AG
BERLIN-CHARLOTTENBURG

3. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(73-104) 16. JANUAR 1930

Das ETZ-MESSEHEFT erscheint am 27. Februar 1930

Digitized by Google

ISOLATIONEN im KRAFTNETZ

Angaben
unabhängig von der Meßspannung und Drehgeschwindigkeit.

Meßbereiche
bis 10 000 Megohm bei Spannungen bis 2500 Volt.

Generalvertrieb:
Dipl. Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

prüfen Sie mit MEGGER

HRs
Wir liefern Preßstoffe
für jeden Verwendungszweck und für jede Beanspruchung
FORMPRESSTÜCKE · HARTPAPIERE
HARTLEINEN

H. RÖMMLER A.G.
PRESS-STOFF-WERKE
SPREMBERG N-L

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 16. Januar 1930 | Heft 3

Der Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen.

(Mitteilung aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Aachen.)

Von **Eugen Flegler**, Aachen.

Übersicht. Zur richtigen Beurteilung des Schutzwertes einer Überspannungs-Schutzvorrichtung ist die Kenntnis der verschiedenen Überspannungsvorgänge und der Wirkungsweise der Schutzvorrichtungen bei den verschiedenen Spannungsbeanspruchungen erforderlich. Diese Kenntnis ist in letzter Zeit durch die im Aachener Elektrotechnischen Institut unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. W. Rogowski in Angriff genommene Überspannungsforschung sehr gefördert worden. Die Wirkungsweise der hauptsächlichsten Schutzvorrichtungen konnte durch genaue Untersuchungen mit dem Kathodenoszillographen[1] weitgehend geklärt werden. Auch bezüglich des vermutlichen Verlaufs der Überspannungserscheinungen hat der Kathodenoszillograph eine Reihe von Klärungen gebracht[2]. Im vorliegenden Aufsatz wird das auf Grund der neueren Untersuchungen sich ergebende Bild des Überspannungschutzes aufgezeichnet.

I. Art und Verlauf von Überspannungsvorgängen.

Es ist im allgemeinen üblich, Überspannungsvorgänge entweder nach ihren Entstehungsursachen (Schaltvorgänge, atmosphärische Störungen usw.) oder nach ihren Wirkungen (Spannungshöhe, Spannungsgefälle) zu unterscheiden. Nun verlaufen aber die verschiedenen Überspannungsvorgänge nach verschiedenen Gesetzmäßigkeiten und es ergibt sich daraus auch ein unterschiedliches Verhalten der Schutzapparate. Die genannten Unterteilungen bringen jedoch diesen Unterschied nicht zum Ausdruck. Es erscheint deshalb zweckmäßig, die Überspannungsvorgänge nicht nach Entstehen oder Wirkung, sondern nach ihrem Verlauf zu unterscheiden. Es ergeben sich so drei Gruppen: die statischen, die quasistationären und die nichtquasistationären Vorgänge.

Statische Vorgänge, die zu Überspannungen führen, kennen wir in den statischen Aufladungen von Leitungen, insbesondere bei Gewittern. Sie bilden eine unmittelbare Überspannungsgefahr lediglich durch Spannungsüberhöhungen, die dann zum Überschlag oder Durchschlag eines Anlageteils führen können. Als Folge des Überschlags bzw. Durchschlags können noch nichtquasistationäre Ausgleichvorgänge einsetzen, die dann eine weitere, mittelbare Überspannungsgefahr darstellen. In unseren heutigen Starkstromanlagen können sich statische Ladungen nur noch in ganz geringen Ausnahmefällen zu Spannungsüberhöhungen ausbilden, weil die vorhandenen Ableitungswiderstände fast immer das Abfließen der Ladungen gestatten. Die Überspannungsgefahr durch statische Vorgänge kann deshalb im allgemeinen als beseitigt gelten.

Quasistationäre Vorgänge, die zu Überspannungen führen, können durch die verschiedensten Ursachen hervorgerufen werden, z. B. durch Rückzündungsüberspannungen beim Ausschalten von Leitungen und aussetzendem Erdschluß, Resonanzerscheinungen bei der Betriebsfrequenz und ihren Oberschwingungen insbesondere bei einpoligem Schalten, Leitungsbruch und Kurzschluß. Abschaltspannungen bei induktiven Stromkreisen können ebenfalls hierzu gerechnet werden. Auch die quasistationären Vorgänge bilden eine unmittelbare Überspannungsgefahr lediglich durch Spannungsüberhöhungen und eine mitelbare durch Auslösung nichtquasistationärer Vorgänge bei Überschlag oder Durchschlag eines Anlageteils infolge der Spannungsüberhöhung. Die Gefährlichkeit quasistationärer Vorgänge ist bereits stark herabgemildert. Durch zahlreiche Untersuchungen konnten schon frühzeitig die Entstehungsursachen und der Verlauf dieser Vorgänge geklärt und geeignete Abwehrmaßnahmen getroffen werden[3].

Die größten Überspannungsgefahren drohen von den nichtquasistationären Vorgängen, die sich als Wanderwellen mit mehr oder weniger angenäherter Lichtgeschwindigkeit in den Leitungen fortpflanzen. Verursacht werden diese Vorgänge durch willkürliche und unwillkürliche Schaltvorgänge und atmosphärische Entladungen.

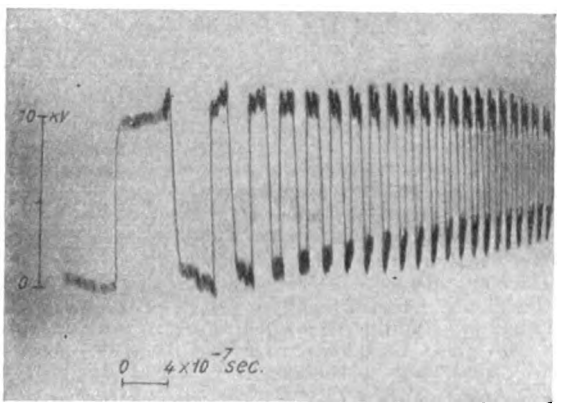


Abb. 1. Einschaltvorgang einer 60 m-Doppelleitung, ausgelöst durch Einstoßen eines Metallstiftes in Quecksilber. Spannungsverlauf am Leitungsende.

Schaltvorgänge bilden eine unmittelbare Überspannungsgefahr durch die dabei auftretenden schroffen Spannungsunterschiede, die Schaltwellenstirnen, und durch die Möglichkeit, mit der Frequenz des Einschaltvorgangs in schwingungsfähigen Anlageteilen Resonanzüberspannungen hervorzurufen. Durch die Untersuchungen mit dem Kathodenoszillographen ist nachgewiesen worden, daß Schaltwellen ganz außerordentliche Stirnsteilheiten von rd. 10 kV/m aufweisen können und noch nach einer erheblichen Lauflänge eine praktisch unveränderte Stirnform behalten können[4]. Abb. 1 zeigt das Oszillogramm eines Einschaltvorganges bei einer 60 m-Doppelleitung. Trotzdem die vor- und rücklaufende Welle bei jeder Schwingung den Funkenwiderstand und die als Spannungsquelle benutzte Kondensatoranordnung durchläuft, zeigt sie selbst nach 20 Schwingungen, also einem Laufweg von rd. 5 km, eine nur unmerkliche Verschleifung. Bei diesem Oszillogramm erfolgte das Einschalten dadurch, daß ein Metallstift in Quecksilber gestoßen wurde. Es können geringere Stirnsteilheiten auftreten, wenn der Spannungszusammenbruch am Schalter nicht in einem Zug, sondern in Stufen vor sich

[1] E. Flegler, Arch. El. Bd. 19, S. 527; Bd. 20, S. 319. VDE-Fachberichte 1927, S. 115; 1928, S. 86. Vgl. a. ETZ 1928, S. 1307.

[2] Arbeiten aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Aachen, Bd. 1, 2 u. 3.

[3] Vgl. Vorschriftenbuch des VDE, Leitsätze für den Schutz gegen Überspannungen.

[4] Rogowski, Flegler, Tamm, Arch. El. Bd. 18, S. 479. E. Flegler, Arch. El. Bd. 19, S. 527.

Digitized by Google

geht[5]. Abb. 2 gibt das Oszillogramm eines derartigen Einschaltvorganges wieder. Die Doppelleitung wurde hier mittels eines gewöhnlichen Hebelschalters an Spannung gelegt.

Unwillkürliche Schaltvorgänge, die durch einen Durchschlag von gasförmigen, flüssigen oder festen Isolierstoffen oder einen Überschlag von Isolatoren eingeleitet werden, können ebenfalls außerordentlich schroffes Spannungsgefälle aufweisen[6]. Für Transformatoren können sie eine größere Gefahr darstellen als willkürliche Schaltvorgänge, und dies um so mehr, je näher die Überschlagstelle an der gefährdeten Wicklung liegt. Die durch den scharfen Spannungszusammenbruch bedingte Wicklungsbeanspruchung kann sich hier in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit mehrere dutzendmal wiederholen und da noch zu einem Wicklungschaden führen, wo das einmalige Spannungsgefälle einer Sprungwelle noch keine Gefahr bedeutet[7].

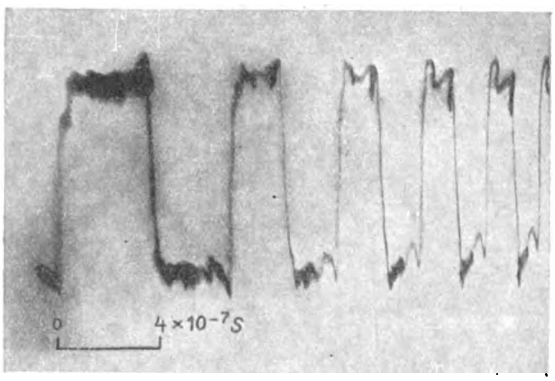


Abb. 2. Wie Abb. 1, jedoch Vorgang durch Einlegen eines gewöhnlichen Hebelschalters ausgelöst.

Die schwingungsfähigen Gebilde, die durch die Frequenz des Einschaltvorganges angeregt werden, sind entweder selbst Leitungen, dann ist die angeregte Schwingung ebenfalls eine Wanderwellenschwingung; in der Mehrzahl der Fälle wird es sich aber um Gebilde mit konzentrierten Kapazitäten und Induktivitäten handeln. Es können dann sehr leicht stehende Schwingungen entstehen, bei denen sich die Spannungsmaxima an bestimmten, durch die Wellenlänge der Schwingungsfrequenz begrenzten Teilen der Anlage ausbilden. Die Gefährdung der Anlage beschränkt sich dann auf diese Teile, die aber durchaus nicht die schwächsten Punkte zu sein brauchen[8].

Durch atmosphärische Entladungen hervorgerufene nichtquasistationäre Vorgänge bilden eine unmittelbare Überspannungsgefahr vor allem durch ihre Spannungshöhe. Ob diese Vorgänge ursprünglich auch ein gefährliches Spannungsgefälle besitzen, ist bis jetzt noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Die bei derartigen Störungen auch auftretenden Wicklungschäden an Transformatoren können, wie bei den vorher besprochenen Vorgängen, auch durch Sekundärvorgänge infolge eines Überschlags bewirkt sein. Dabei kann sogar der Überschlag an irgendeinem Leitungsisolator ohne sichtbare Folgen stattfinden, so daß für den Beobachter lediglich der Wicklungschaden in Erscheinung tritt. Überschläge an Leitungsisolatoren werden wir bei atmosphärischen Entladungen wohl kaum jemals vermeiden können. Wir müssen deshalb auch bei den hierdurch ausgelösten Störungsvorgängen, einerlei ob sie ursprünglich eine steile Stirn besitzen oder nicht, mit dem Auftreten schroffer Spannungsgefälle, aber auch mit dem Auftreten hochfrequenter Schwingungen rechnen.

Wir können so die bisherigen Ausführungen zu folgenden Feststellungen zusammenfassen:

1. Schädliche Spannungshöhen können unmittelbar durch statische, quasistationäre und nichtquasistationäre Vorgänge hervorgerufen werden. Sie gefährden im allgemeinen den schwächsten Punkt der Anlage zwischen den Überspannung führenden Teilen.

2. Schädliche Spannungshöhen, die durch stehende Schwingungen hervorgerufen werden, bilden sich nur an bestimmten, durch die Wellenlänge der Schwingung begrenzten Teilen der Anlage aus. Eine Gefährdung beschränkt sich auf diese Teile.

3. Schroffe Spannungsgefälle treten unmittelbar nur bei nichtquasistationären Vorgängen auf. Diese können aber selbst durch Überschläge oder Durchschläge ausgelöste Begleiterscheinungen statischer und quasistationärer Vorgänge sein.

Inwieweit den verschiedenen Schutzanordnungen gegenüber den genannten Überspannungsvorgängen ein Schutzwert zuzusprechen ist, soll im folgenden Abschnitt untersucht werden.

II. Die Überspannungs-Schutzvorrichtungen.

1. Kondensatoren.

Kondensatoren können die Kapazität einer Anlage gegen Erde merklich vergrößern und dadurch die von statischen Ladungen hervorgerufenen Spannungsüberhöhungen beeinflussen. Ausgesprochen zu diesem Zwecke werden Kondensatoren heute aber wohl kaum mehr verwendet. Weiter können sie durch ihre Kapazität eine in der Anlage bestehende Resonanzlage verstimmen und dadurch als Überspannungschutz wirken. Aber auch in dieser Eigenschaft werden Kondensatoren heute höchstens nebenbei verwendet. Oft bringen sie die Anlage erst in eine Resonanzlage hinein, das ist die bekannte Schattenseite dieser Schutzanordnung. Der Hauptverwendungsbereich der Kondensatoren liegt zweifellos in der Bekämpfung nichtquasistationärer Vorgänge. Die Überlegungen, die zu ihrer Verwendung als Sprungwellenschutz geführt haben, beruhen darin, daß Kondensatoren für Spannungsänderungen eine sehr viel größere Ladungsänderung benötigen als Leitungen. Sie folgen also den bei Wanderwellen vorkommenden plötzlichen Spannungsänderungen nur sehr träge und wirken so ihrer Kapazität entsprechend stark stirnabflachend. Die von Kondensatoren erwartete Schutzwirkung setzt voraus, daß die Form der umgebildeten Leitungswelle dem Spannungsverlauf am Kondensator entspricht. Praktisch ausgeführte Kondensatoranordnungen zeigen jedoch stets mehr oder weniger starke Abweichungen zwischen Leitungswelle und Kondensatorspannung, die eine entsprechende Beeinträchtigung der Schutzwirkung bedeuten.

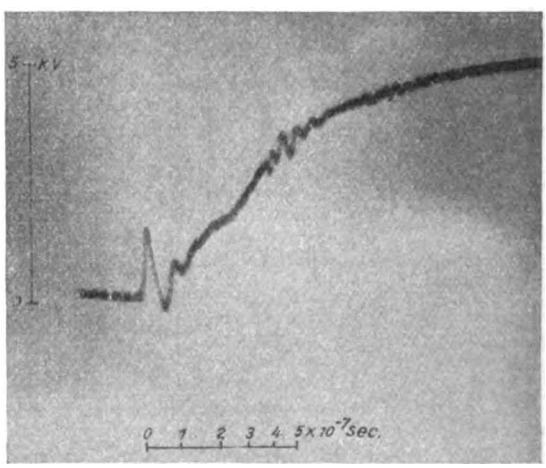


Abb. 3. Umbildung einer Sprungwelle durch einen Schutzkondensator (0,0015 μF) mit einer Zuleitung von 1 m Länge. Spannungsverlauf an der Doppelleitung.

Eine Ursache der Abweichungen steckt in der Zuleitung von der Leitung bzw. Erde zum Kondensator. Diese Leitung hat, wie übrigens auch der Kondensator selbst, eine endliche Länge. Wie diese Längen den Verlauf der Leitungswelle beeinflussen, zeigt Abb. 3. Es ist hier der Spannungsverlauf am Ende einer Doppelleitung bei Sprungwellenbeanspruchung wiedergegeben. An das Leitungsende war ein Kondensator von etwa 0,0015 μF über eine Zuleitung von rd. 1 m angeschlossen. Der Kondensator hatte selbst etwa die gleiche Wickellänge. Bereits diese Abmessungen wirken sich im Oszillogramm sichtbar als Spannungspitze aus. Um die gewünschte Stirnabflachung der Leitungswellen zu erhalten, ist es also notwendig, die Kondensatoren selbst nicht unnötig lang zu nehmen, vor allem aber die Zuleitung so weit wie irgend möglich zu kürzen. Dieser Forderung wird oft nicht entsprochen, weil dann in der Zuleitung scharfe Knicke auftreten würden. Diese Knicke beeinflussen aber den An-

[5] Über Einzelheiten des stufenweisen Zusammenbruchs vgl. Arbeiten aus dem El. Institut der T. H. Aachen, Bd. 2, ferner Rogowski, Flegler, Tamm, Arch. El. Bd. 18, S. 479; R. Tamm, Arch. El. Bd. 19, S. 235.

[6] Rogowski, Flegler, Tamm, Arch. El. Bd. 18, S. 479, insbesondere Bild 15 und 49...54.

[7] E. Flegler, Arch. El. Bd. 19, S. 550; Bd. 20, S. 325.

[8] Vgl. a. P. Mahlke, Carlswerk-Rundschau (Felten & Guilleaume) 1929, H. 5, S. 15.

Digitized by Google

sprechvorgang von Kondensatoren nur dann ungünstig, wenn sie in der Richtung des Laufweges der Störungswelle eine plötzliche Abstandsvergrößerung der Leiter, also eine plötzliche Erhöhung des Wellenwiderstandes darstellen. Ist dagegen die Zuleitung wie in Abb. 4 geführt, so bedeutet das rechtwinklige Abbiegen der Kondensatorzuleitungen für die zwischen Phase und Erde laufenden Wellen eine sehr scharfe Erniedrigung des Wellenwiderstandes. Die für den Ansprechvorgang schädliche Wirkung der Zuleitung wird so auf das überhaupt mögliche Mindestmaß herabgesetzt. Vom wanderwellentechnischen Standpunkt aus ist deshalb die nach Abb. 4 ausgeführte Zuleitung die günstigste Anordnung.

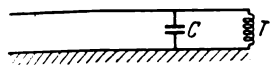


Abb. 4. Günstigste Anordnung der Zuleitung von Schutzkondensatoren.

Vielfach werden Schutzkondensatoren noch Widerstandstrecken (Ohmsche Widerstände, Glimmstrecken usw.) vorgeschaltet. Teilweise geschieht dies, um durch die so bewirkte Energievernichtung örtliche, durch die Kondensatoren verursachte Schwingungen zu unterdrücken. In anderen Fällen soll die Energievernichtung, wie z. B. beim Glimmschutz, die Schutzwirkung noch erhöhen. Wie eine derartige Widerstandstrecke auf die Leitungswelle wirkt, geht deutlich aus Abb. 5 hervor. Es

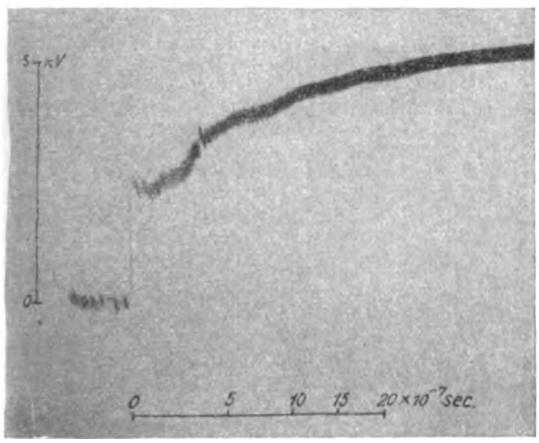


Abb. 5. Wie Abb. 3, jedoch vor dem Schutzkondensator noch ein Vorwiderstand ($R = Z$).

ist eine Anordnung wie in Abb. 3, jedoch ist jetzt in die Zuleitung ein dem Wellenwiderstand der Leitung gleicher Ohmscher Widerstand eingeschaltet. Bevor sich die Beeinflussung der Leitungswelle durch den Kondensator stört, ergibt sich als Wirkung der Widerstandstrecke ein Spannungsprung, der gerade die Höhe der ankommenden Welle erreicht. Durch die Schutzanordnung ist also lediglich die Erhöhung des Spannungsprunges infolge Reflexion am offenen Leitungsende vermieden, von einer abflachenden Wirkung der Anordnung kann nicht mehr gesprochen werden. Bei dem in Abb. 5 gebrachten Oszillogramm hat die Energievernichtung ihren Höchstbetrag erreicht[9]. Hat der Widerstand nur eine Größe, bei der sich kein merklicher Spannungsprung mehr ergibt, so sinkt entsprechend auch die vernichtete Energie. Die für den Glimmschutz angenommene günstige Einwirkung der Energievernichtung auf die Abflachung ist demnach unter keinen Umständen zu erwarten, selbst nicht unter Berücksichtigung der gleichzeitig mit der Glimmwirkung in Erscheinung tretenden Kapazitätsvergrößerung. Die vergrößerte Kapazität bleibt auch im günstigsten Falle um zwei bis drei Größenordnungen unter den sonst üblichen Schutzkapazitäten.

Es bleibt noch festzustellen, ob derartige Kondensatoren mit Widerstandstrecken gegen resonanzanregende Schwingungen wirksam schützen können. Wir müssen hier zwei Fälle unterscheiden. Im einen Fall bildet der Schutzkondensator selbst einen wesentlichen Bestandteil des Schwingungskreises, im zweiten liegen Kondensator und Widerstand dem eigentlichen Schwingungskreis parallel. In dem ersten Fall, der vor allem die bereits erwähnten, durch die Kondensatoren selbst verursachten Schwingungen umfaßt, ist die Ausbildung einer Resonanzüberspannung mit Sicherheit zu verhindern, wenn der Widerstand entsprechend den Konstanten des Schwingungskreises gewählt wird. Im zweiten Fall ist eine Schutzwirkung weniger leicht. Handelt es sich um eine stehende Schwingung, so kann die Schutzanordnung die Schwingung nur beeinflussen, wenn sie sich in der Nähe eines Spannungsbauches befindet. Aus diesem Grunde ist eine unmittelbare Beeinflussung von Resonanzerscheinungen, die sich in Transformatorenwicklungen ausbilden, nicht möglich. Die Einwirkung der Schutzanordnung muß sich hier auf die anregende Schwingung beschränken. Ist diese selbst eine stehende Schwingung, so gilt für den Schutz das eben Gesagte; ist sie jedoch ein auf der Leitung fortlaufender Wellenzug, so kann sich die Schutzanordnung an beliebiger Stelle befinden. Ein Vorschaltwiderstand in Höhe des Wellenwiderstandes der angeschlossenen Leitung wirkt hier zur Dämpfung des Wellenzuges durch Energievernichtung am günstigsten[9a].

a Klemmenspannung *b* Spannung an 60 Windungen
c Spannung an 3 Windungen, vom Spulenende aus gemessen

Abb. 6. Spule mit 100 Windungen bei Sprungwellenbeanspruchung.

Schutzkondensatoren können auch in gewissen Fällen Spannungsüberhöhungen nichtquasistationärer Vorgänge wirksam bekämpfen, wenn es sich um kurzzeitige Spannungspitzen handelt. Die Dauer der Spannungspitze, der gegenüber noch eine Schutzwirkung zu erwarten ist, wird bestimmt durch die aus Kapazität des Schutzkondensators und Wellenwiderstand der Leitung sich ergebende Zeitkonstante der Anordnung. Bei einem Wellenwiderstand von 500 Ω und einer Schutzkapazität von 0,02 µF dürfte die Dauer der Überspannung, Rechteckform vorausgesetzt, nicht wesentlich länger als 10^{-5} s, bei einer dem Glimmschutz entsprechenden Kapazität nicht länger als 10^{-7} s dauern. Man sieht, daß hier eine Schutzwirkung nur in Ausnahmefällen eintreten wird.

Für die Brauchbarkeit von Schutzkondensatoren, insbesondere gegenüber Wanderwellenvorgängen, ist es von Bedeutung, ob sie auch in Zeiten von 10^{-6} s und darunter bereits mit ihrer vollen Kapazität wirksam sind. Dies konnte besonders bei Hartpapierkondensatoren in Zweifel gezogen werden. Tatsächlich haben auch die Untersuchungen mit dem Kathodenoszillographen gezeigt, daß man bei diesen Kondensatoren in den ersten 10^{-7} s mit einer um etwa 25 % verringerten Kapazität rechnen muß. Im Gegensatz dazu zeigen Glaskondensatoren (Minosplattenverdichter) bei Sprungwellenbeanspruchung praktisch die gleiche Kapazität wie bei Niederfrequenz[10]. Die Kapazitätsverringerung bei Hartpapierkondensatoren ist jedoch für die Schutzwirkung nicht von praktischer Bedeutung.

2. Spulen.

Bei Schutzspulen liegen die Verhältnisse in vielen Dingen ähnlich wie bei Kondensatoren. Auch ihr Hauptverwendungsgebiet ist die Bekämpfung schroffer Spannungsgefälle durch Umbildung der Wellenform. Immerhin ist ihre Wirkungsweise nicht so übersichtlich wie die der Kondensatoren, da die Spulen ein aus Induktivitäten und Kapazitäten zusammengesetztes Gebilde darstellen. Es ist bisher vor allem umstritten gewesen, ob und inwieweit Spulen in ihrer Wirkung konzentrierten Induktivitäten gleichgesetzt werden können und welchen Einfluß die Windungs- und die Erdkapazität von Schutzspulen auf die abflachende Wirkung haben. In allen Fragen haben die Untersuchungen mit dem Kathodenoszillographen Klarheit geschaffen.

Abb. 6 zeigt den Spannungsverlauf an den Klemmen einer Spule (*a*), die das Ende einer Doppelleitung über-

[9] Dies gilt nur für das praktisch offene Leitungsende. Bei Verzweigungspunkten ändern sich die Verhältnisse etwas. Vgl. die weiter unten angeführten Betrachtungen über die Dämpfungswiderstände von Funkenstreckenableitern.

[9a] Wie Fußnote 9.

[10] Arch. El. Bd. 19, S. 555, Bild 38.

Digitized by Google

brückte, bei Sprungwellenbeanspruchung. Die Spule hatte 100 Windungen bei $^2/_3$ m Windungsdurchmesser und $^1/_4$ m Spulenhöhe. Sie hatte also äußerlich eine merklich stärkere Abweichung von einer konzentrierten Induktivität, als es bei Schutzspulen üblich ist. In Abb. 6 ist außer dem Spannungsverlauf an den Klemmen noch der an 60 (*b*) und 3 (*c*) Windungen, vom Spulenende gerechnet, wiedergegeben. Der Spannungsverlauf an den 60 ersten Windungen zeigt, daß in der Spule beim Auftreffen der Sprungwelle eine merkliche Eigenschwingung angeregt wird. Trotzdem weicht der Verlauf der Klemmenspannung, wie das in Abb. 7 über einem linearen Zeitmaßstab gezeichnete Oszillo-

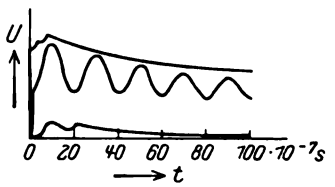


Abb. 7. Wie Abb. 6, jedoch Spannungsverlauf über linearem Zeitmaßstab aufgetragen.

gramm besonders deutlich macht, nicht wesentlich von dem Spannungsverlauf an einer konzentrierten Induktivität ab. Die aus dem Spannungsverlauf ermittelte Induktivität (etwa 5 mH) stimmt dabei gut mit der überschlägig berechneten überein.

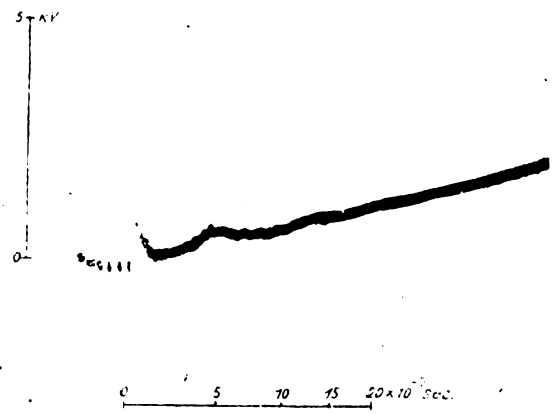


Abb. 8. Umbildung einer Sprungwelle durch eine Spule im Leitungszug. Spannungsverlauf hinter der Spule.

Die Wirkung der Windungskapazität von Schutzspulen zeigt das Oszillogramm Abb. 8. Es wurde hier eine Siemens-Flachdrosselspule mit einer Sprungwelle beansprucht. Die Anordnung entsprach einer im Leitungszug liegenden Spule, bei der die Spannung hinter der Spule gemessen wurde. Beim Auftreffen der Sprungwelle ergibt sich zunächst eine kurze Spannungspitze, die Wirkung der Windungskapazität, dann erst beginnt der der Induktivität entsprechende sanfte Spannungsanstieg der umgebildeten Welle. Ein Vergleich mit Abb. 3 zeigt, daß die durch die Windungskapazität der Spule verursachte Spannungspitze kleiner ist als die bereits durch ganz kurze Kondensatorzuleitungen hervorgerufene.

Die Wirkung der Erdkapazität läßt sich anschaulich machen an der Gegenüberstellung des Spannungsverlaufs an einer einlagigen Spule ohne und mit Blechzylinder, also mit kleiner und großer Erdkapazität. Abb. 9 zeigt den Spannungsverlauf an der Spule ohne, Abb. 10 an der Spule mit Blechzylinder. Die Spule überbrückte wieder das Leitungsende und wurde mit einer Sprungwelle beansprucht. Abb. 11 bringt eine andere Gegenüberstellung: den Spannungsverlauf bei Sprungwellenbeanspruchung am Ende einer Doppelleitung, wenn dieses einmal mit einer konzentrierten Induktivität überbrückt ist (Abb. 11 a), und an das das andere Mal eine am Ende kurzgeschlossene Doppelleitung gleichen Wellenwiderstandes angeschlossen ist (Abb. 11 b). Die Gegenüberstellungen zeigen, daß die Spule mit Blechzylinder, also erhöhter Erdkapazität, sich der kurzgeschlossenen Doppelleitung stärker nähert und die auftreffende Sprungwelle fast ohne Abflachung durch sich durchlaufen läßt. Wir haben damit nicht nur einen Beweis dafür erbracht, daß die Verstärkung der Erdkapazität von Schutzspulen auf die Schutzwirkung einen ungünstigen Einfluß ausübt, sondern auch gleichzeitig eine Erklärung für diese Wirkung der Erdkapazität gefunden. Wenn aus der Doppelleitung Wanderwellen auf die Spulenenden auftreffen, so können sie auf dem Metallzylinder sofort mitlaufende Gegenladungen binden, da sich die freiwerdenden Ladungen quer durch den Metallzylinder ausgleichen. Die Gegenladungen folgen den eindringenden Wanderwellen als Gegenwellen entlang den Windungen, als ob der Blechzylinder selbst nur aus Windungen bestände, und begünstigen dadurch das unverzerrte Weiterlaufen der Wellen in der Spule[11]. Dies Ergebnis hat insofern noch eine besondere

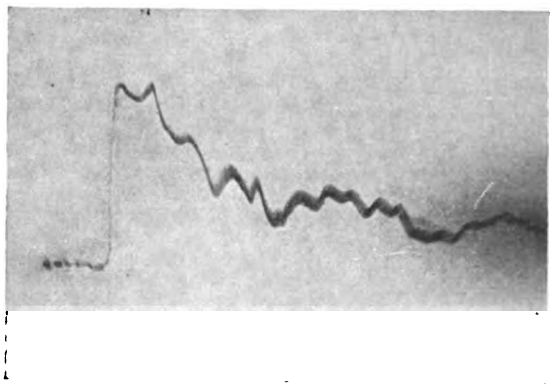


Abb. 9. Spule aus 9 Windungen, Verlauf der Klemmenspannung bei Sprungwellenbeanspruchung.

Bedeutung, als gerade in den letzten Jahren eine Reihe von Schutzvorrichtungen angegeben worden sind, die eine Verbindung zwischen Schutzspulen und Schutzkondensatoren mit erhöhter abflachender Wirkung in der Weise bewirken sollen, daß die Erdkapazität der Windung durch Parallelführung einer weiteren Erdwindung bzw. eines Bleches

Abb. 10. Wie Abb. 9, jedoch ist in die Spule ein geschlossener Blechzylinder eingelegt.

usw. erhöht wird[12]. Diese Vorrichtungen beruhen auf einer falschen Voraussetzung. Es wird hier die Wirkung einer verteilten der einer konzentrierten Kapazität gleichgesetzt. Die gebrachten Beispiele zeigen jedoch, daß nur konzentrierte Kapazitäten die Schutzwirkung von Spulen erhöhen können, oft sogar für eine volle Schutzwirkung

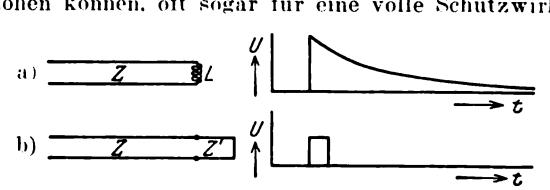


Abb. 11. a) Konzentrierte Induktivität am Leitungsende. Spannungsverlauf an der Induktivität bei Sprungwellenbeanspruchung. b) wie a), jedoch am Leitungsende kurzgeschlossene Doppelleitung gleichen Wellenwiderstandes.

erforderlich sind, während die verteilte Erdkapazität die Wirkung der Induktivität stört. Erst wenn die Erdkapazität so groß wird, daß der Wellenwiderstand der Schutzanordnung klein wird gegenüber dem Wellenwiderstand

[11] Über die hier erwähnten Spulenuntersuchungen erscheinen demnächst ausführliche Mitteilungen im Arch. El.

[12] Vgl. z. B. Ch. Ledoux, Rev. Gén. de l'El. Bd. 22 S. 1060 (ETZ 1929, S. 1028, Abb. 7).

Digitized by Google

der Leitung, ergibt sich wieder durch Spannungserniedrigung eine Schutzwirkung. Die Anordnung hat damit aber ihren Charakter als Spule verloren und ist jetzt zu den Zwischenkabeln zu rechnen, über deren Wirkungsweise weiter unten noch gesprochen werden wird.

Für die Verwendung von Spulen zur Bekämpfung kurzzeitiger Spannungsüberhöhungen gilt sinngemäß das gleiche wie für Kondensatoren. Dasselbe gilt für die Verwendung von Widerstandstrecken bei Spulen zur Unterdrückung von Schwingungen oder zur Erhöhung der Schutzwirkung gegen Wanderwellen. Bei funkenstreckenartigen Widerstandstrecken (Glimmstrecken usw.) kann die ansprechende Funkenstrecke erst zur Ausbildung steiler Sprungwellenstirnen Veranlassung geben. Bei Benutzung von Überbrückungswiderständen aus Halbleiterstoff[13] (Silit, Ozelit u. ä.) ist noch zu beachten, daß stark spannungsabhängiges Material ungünstig wirkt. Je nach dem gewählten Widerstandswert lassen derartige Widerstände entweder bei hoher Wellenspannung eine unnötig hohe Teilwelle durch oder sie unterdrücken bei geringer Wellenspannung die Schwingung nicht. Schutzspulen, bei denen das Vorhandensein eines Eisenkerns von wesentlicher Bedeutung für die Schutzwirkung ist, kommen für die Bekämpfung steiler Wellenstirnen nicht in Frage. In den hierfür in Betracht kommenden kurzen Zeiten kann sich der magnetische Fluß selbst bei besonders hergestellten Blechen nicht voll ausbilden.

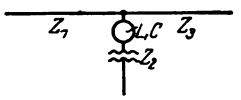


Abb. 12. Allgemeinfall der Leitungsanordnung einer Station mit geschütztem Transformator.

In dem Einfluß, den die vor und hinter der Schutzanordnung liegenden Leiteranordnungen auf die abflachende Wirkung haben, unterscheiden sich Kondensatoren und Spulen wesentlich voneinander. Wir können den Unterschied am besten an einem Beispiel erkennen. In Abb. 12 ist der Allgemeinfall der Leitungsanordnung einer Station dargestellt. Es sollen dabei sein: L_1 mit dem wirksamen Wellenwiderstand Z_1 die Leitung bzw. die Zusammenfassung der Leitungen, auf denen die Wanderwelle ankommt, L_2 mit dem Wellenwiderstand Z_2 die Wicklung des durch die Schutzanordnung (L, C) geschützten Transformators, der, wie bei derartigen Betrachtungen üblich, als Leitung aufgefaßt sein soll, und L_3 mit dem wirksamen Wellenwiderstand Z_3 die Zusammenfassung der außerdem noch vorhandenen und für die Weiterleitung der Welle in Betracht kommenden Leitungen. Nehmen wir nun an, es käme auf L_1 eine Sprungwelle (Rechteckstirn) mit einer Wellenspannung U_1 an. Es wird dann über die Schutzanordnung nach L_2 eine Welle treten, deren Spannung nach einer Exponentialfunktion ansteigt und einem Endwert U_2 zustrebt. Die größte Steilheit der umgebildeten Welle liegt in ihrem Anfang und läßt sich durch das Verhältnis der Endspannung zur Zeitkonstante der Exponentialfunktion ausdrücken:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{U_2}{T_{L,C}}.$$

Wir können dieses Verhältnis als Vergleichsmaßstab für die abflachende Wirkung der verschiedenen Anordnungen benutzen. Setzen wir noch in unserem Beispiel

$$n = \frac{Z_1}{Z_3},$$

so wird die Endspannung

$$U_2 = 2\,U_1\,\frac{Z_2}{Z_1 + (n+1)\,Z_2}$$

und die Zeitkonstante für Kondensator und Spule

$$T_C = C\,\frac{Z_1\,Z_2}{Z_1 + (n+1)\,Z_2}, \qquad T_L = L\,\frac{n+1}{Z_1 + (n+1)\,Z_2},$$

woraus sich ergibt:

$$\operatorname{tg}\alpha_C = \frac{2\,U_1}{C\,Z_1}, \qquad \operatorname{tg}\alpha_L = \frac{2\,U_1\,Z_2}{(n+1)\,L}.$$

Bei Kondensatoren hängt demnach die Anfangsteilheit der umgebildeten Welle außer von der Spannungshöhe der ankommenden Welle und der Kapazität des Schutzkondensators lediglich von dem Wellenwiderstand der Leitung bzw. Leitungsgruppe ab, auf der die Welle ankommt, dagegen nicht von dem Wellenwiderstand des zu schützenden Transformators und der Zahl etwa noch abgehender Leitungen. Umgekehrt spielt für Spulen der Wellenwiderstand der ankommenden Leitung keine unmittelbare Rolle, sondern nur im Verhältnis zu dem der abgehenden Leitung. Hauptsächlich wird bei Spulen die Anfangsteilheit durch den Wellenwiderstand des zu schützenden Transformators bestimmt. Je höher dieser ist, desto geringer ist die Schutzwirkung. Aus diesem Grunde empfiehlt sich auch die Benutzung von Kondensatoren und Zwischenkabeln[14] hinter Spulen zur Erhöhung der abflachenden Wirkung. — Vielfach wird angenommen, daß sich geschlossene Ringnetze, bei denen die Transformatoren in durch Spulen geschützten Abzweigen liegen, besonders günstig gegenüber Wanderwellen verhielten, da sich diese in dem Netzring, ohne Schaden zu stiften, austoben könnten. Wenn wir diese Anordnung an Hand der aufgeführten Gleichung mit dem ungünstigsten Fall, dem Netzausläufer, vergleichen, so finden wir die Annahme nur in geringem Umfange bestätigt. Für einfache Durchgangstationen (eine ankommende und eine abgehende Leitung, also $Z_3 = Z_1$, $n = 1$) sinkt die Anfangsteilheit der umgebildeten Rechteckwelle auf die Hälfte der Steilheit bei Netzausläufern ($Z_3 = \infty$, $n = 0$), die Endspannung geht dabei im günstigsten Fall ($Z_2 > Z_1$) ebenfalls auf die Hälfte zurück. *(Schluß folgt.)*

[13] Vgl. a. Gewecke, ETZ 1914, S. 386.

[14] Vgl. E. Flegler, Arch. El. Bd. 19, S. 555.

Neue Anzeige- und Registriermethoden in der Fernmeßtechnik.

Von Dipl.-Ing. **Walter Stern,** Berlin.

Übersicht. Es wird gezeigt, in welcher Weise Fernmeßanlagen mit Fernsteueranlagen kombiniert werden können. Weiter wird ein neues Verfahren zur Registrierung der Leistungs-Einzel- und -Gesamtsummen für Lastverteileranlagen beschrieben, bei dem das Diagramm des Belastungsgebirges von einem Registrierinstrument selbsttätig aufgezeichnet wird.

Bei der Ausführung einiger großer Fernmeßanlagen ergab sich die Notwendigkeit, verschiedene Neuerungen einzuführen, die, wenn sie bei der Projektierung von Fernmeßanlagen beobachtet werden, von vornherein eine besonders einfache Lösung der gestellten Aufgaben ermöglichen. Während bei fast allen Fernmeßprojekten ohne Hilfsbatterien und Relais auszukommen ist, müssen bei der Fernmessung über hochspannungsgefährdete Fernmeßleitungen mit oder ohne Hochfrequenzübertragung Hilfsstromquellen und Relais aufgestellt werden. Für die Messung über hochspannungsgefährdete Fernmeßleitungen sind besonders die Impulssysteme geeignet, man muß aber daran denken, daß bei 4 ... 7 Impulsen in der Sekunde für Vollausschlag bei diesen Anlagen die Relais monatlich 10 ... 20 Mill Schaltungen auszuführen haben und daß, da die Empfangsinstrumente direkt im Relaiskontaktkreis liegen, von der Güte der Kontakte und vom Zustand der Hilfstromquellen die Meßgenauigkeit in weitem Maße abhängt. Aber wie schon oben gesagt gibt es Fälle, bei denen ohne diese Fernmessung mit Relais und Batterien nicht auszukommen ist. Für diese Fälle verwenden die Aronwerke ein neues Impulssystem mit nur vier Impulsen in der Sekunde für Vollausschlag. Dieses Impulssystem arbeitet ohne Kondensatoraufladung. Damit die Relaiskontakte möglichst gut erhalten werden, wird bei diesem Impulssystem nie unter Spannung geschaltet, erst nach erfolgter Relaiseinstellung beginnt der Impulsstrom zu fließen. Trotz alledem würde auch dieses Impulssystem nicht mehr arbeiten, wenn die Hilfstromquelle am Empfangsort versagt.

Man wird also aus diesen und ähnlichen Gründen versuchen, mit möglichst wenig Hilfstromquellen und Relais auszukommen. Da wo keine Fernmeldeleitungen am Hochspannungsgestänge benutzt werden müssen, kann, wie aus den früheren Darlegungen[1] des Verfassers hervorgeht, nach dem Telewatt-System (Abb. 1), also ohne jegliche Hilfstromquellen und Relais, auch die größte Fern-

[1] W. Stern, ETZ 1928, S. 282 u. 1326; 1929, S. 351. Elektrizitätswirtsch. Bd. 27, S. 2/3.

Digitized by Google

meßeinrichtung zusammengestellt werden. Wenn nun eine der Messungen aus den oben angegebenen Gründen mit Impulsen getätigt werden muß, so kann durch Zwischenschaltung eines neuen Telewatt-Umformers die eine Impulsmessung mit der gesamten Telewatt-Anlage vereinigt werden. Man kann also z. B. den einen Meßwert der Impulsmessung mit den anderen Telewatt-Meßwerten summieren und benötigt außer für die eine Impulsmessung keine Batterien und Relais. Dieser Telewatt-Umformer besteht aus einem Motorsystem mit Ausgleich, dem die Impulsströme zugeführt werden, und einer Meßdynamo, die einen kontinuierlichen Gleichstrom für die Telewattanlage liefert.

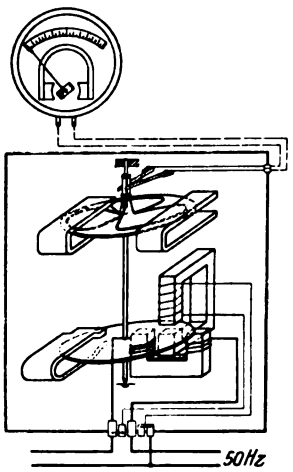


Abb. 1. Schema einer Telewatt-Fernmeßanlage.

An einem anderen Beispiel soll gezeigt werden, wie verschiedene Einzelmessungen für Bezug und Lieferung über nur zwei Drähte übertragen werden können. Es handelt sich um die Fernüberwachung ferngesteuerter Unterstationen in Barmen. Die Fernsteuerung der Unterstationen arbeitet nach einem von Dir. Rose in Barmen herausgebrachten Fernsteuersystem[2], mit dem die Telewatt-Anlage kombiniert wurde.

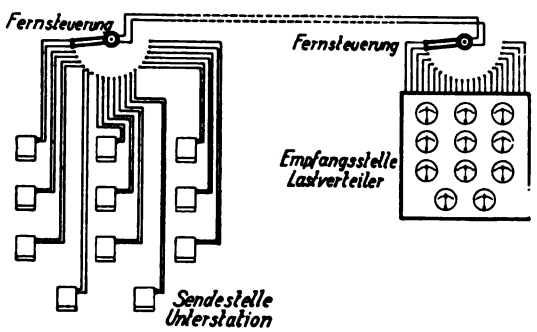


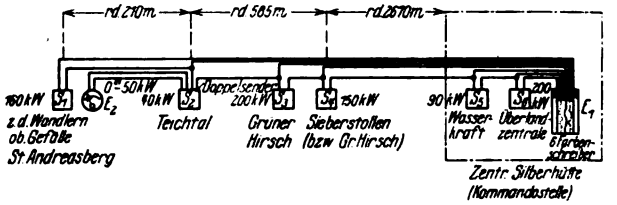
Abb. 2. Fernmeßanlagen in Kombination mit Fernsteueranlagen.

Abb. 2 zeigt schematisch die Verwendung der Telewatt-Anlage in Verbindung mit der Fernsteuerung. Man kann durch einen Wähler jeden beliebigen Sender in der Ferne auf die Fernmeßleitung einschalten und erhält dann am zugehörigen Empfänger in der Zentralstelle die Anzeige. Zugleich sieht man am Empfänger, der den Nullpunkt in der Mitte hat, ob es sich um Bezug oder Lieferung handelt. Auf diese Weise werden die in der Ferne gesteuerten Schaltungen und Energievorgänge an zentraler Stelle überwacht. Für die komplette Fernmeßapparatur wurden keine Hilfsbatterie und kein Relais verwandt. Die Einschaltung der einzelnen Sender erfolgt durch die Fernsteuerapparatur selbst. Wünscht man gleichzeitig die verschiedenen Fernmeßangaben, so hat man nur die in der Zeichnung angegebenen beiden Kontaktarme am Sende- und Empfangsort synchron rotieren zu lassen.

Eine weitere grundlegende Anordnung ist aus Abb. 3 zu erkennen. Es handelt sich um die Telewatt-Fernmeßeinrichtung der Licht- und Kraftwerke Harz G. m. b. H., bei der eine neue Methode der Registrierung angewandt wurde. Die neue Registrierung besteht darin, daß man die Messung von sechs Größen auf einem Instrument nicht wie bisher so darstellt, daß man sämtliche Einzelgrößen registriert und etwa dann als siebente Linie die Summe dieser sechs Einzelgrößen aufzeichnet, sondern daß man nach dem neuen Telewatt-Verfahren Teilsummen registriert. Diese „Teilsummenregistrierung" wurde auf Wunsch verschiedener maßgebender Betriebsleiter entwickelt[3]. Sie arbeitet mit verhältnismäßig wenig Meßleitungen und leistet selbsttätig eine Registrierarbeit, die bisher immer nachträglich von Beamten ausgeführt werden mußte.

[2] ETZ 1927, S. 1099.
[3] DRP. angem.

In Abb. 4 ist zunächst die bisherige Telewatt-Registriermethode gezeigt, die an sich schon einen großen Fortschritt bedeutet. Man sieht auf Registrierstreifen die Linien *1* ... *6*, von denen jede Linie die Einzelleistung einer bestimmten Unterstation bedeutet. Die Linie *7* gibt die Summation der sechs Unterstationen an. Man hat also an diesen Streifen sechs Einzelmessungen und deren Summe. Das neue Telewatt-Teilsummen-Registrierverfahren



Messung	Summation	Meßbereich kW
1	S_1	0 ... 160
2	$S_1 + S_2$	0 ... 200
3	$S_1 + S_2 + S_3$	0 ... 400
4	$S_1 + S_2 + S_3 + S_4$	0 ... 550
5	$S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$	0 ... 640
6	$S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6$	0 ... 840

Abb. 3. Telewatt-Teilsummenregistrierung.

(Abb. 5), benötigt nun nur sechs Linien und registriert in folgender Weise: Die erste Linie schreibt die Leistung des Unterwerkes I, die zweite Linie die Leistung der Unterstationen I + II, die dritte Linie die Leistung der Unterstationen I + II + III, die vierte Linie die Leistung der Unterstationen I + II + III + IV, die fünfte Linie die Leistung der Unterstationen I + II + III + IV + V und die sechste Linie schreibt die Gesamtsumme, nämlich die Leistung der Unterstationen I + II + III + IV + V + VI; die sechste Linie entspricht also der Linie *7* in Abb. 4. Man erkennt leicht, daß man mit sechs Linien ein viel übersichtlicheres Bild gewonnen hat als vorher mit sieben Linien. Die Linien überschneiden sich nicht mehr und können leicht ausgewertet werden. Das Wichtigste ist jedoch, daß das durch Linie *6* dargestellte Belastungsgebirge sich organisch aufbaut aus sechs Teillasten, die übereinander geschichtet sind. Es bedeutet also z. B. die Fläche von der *0*-Linie bis zur Linie *1* die Gesamtarbeit der Station I, die Fläche zwischen Linie *1* und *2* die Gesamtarbeit von Station II usw., also z. B. die Fläche zwischen Linie *5* und *6* die Gesamtarbeit der Station VI. Trennt man alle 24 h den Streifen ab und schneidet ihn dann nochmals nach der Linie *6* ab, so hat man direkt für seine Kartothek das Belastungsgebirge der sechs Stationen. Will man die Einzelleistungen der Werke wissen, so braucht man nur die Karten herauszunehmen und sieht an den fünf weiteren Linien, aus welchen Leistungen sich das Gebirge zusammensetzt.

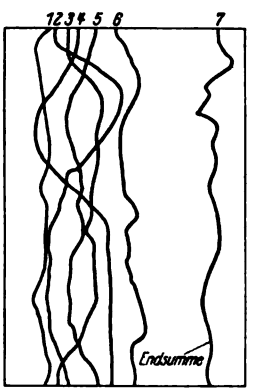


Abb. 4. Bisher übliche Einzel- und Summenregistrierung.

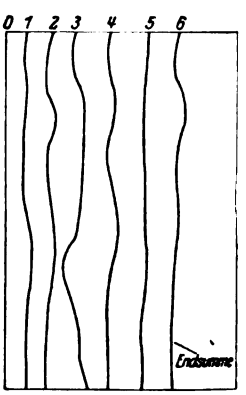


Abb. 5. Neue Teilsummenregistrierung.

Abb. 6 zeigt zwei Diagramme nach der neuen Methode. Es handelt sich um das Tagesdiagramm von drei Werken, deren Leistungen nach dem Telewatt-Teilsummen-Registrierverfahren selbsttätig addiert sind. Die linke Abbildung ist vollkommen klar. Man sieht drei Einzellasten, die sich zu Linie *3* als der Linie des Gesamtbelastungsgebirges zusammensetzen. Die rechte Abbildung zeigt nun einen extremen Fall. Man sieht, daß die Linie *2* die Linie *1*

Digitized by Google

an den Stellen *a* und *b* schneidet. Da nun die Linie *2* die Summe der Leistung von I plus der Leistung von II ist, so kann die schraffierte Fläche *a b c* nur einen Leistungswert in entgegengesetzter Richtung bedeuten. Es liegt also folgender Fall vor: Bei den drei Unterstationen, die zur Speisung eines Netzes verwendet werden und die normal Strom von irgendeinem Überlandnetz beziehen, hat in der Zeit von 12 ... 1h das Werk II keinen Strom bezogen, sondern im Gegenteil Energie an das Überlandnetz zurückgegeben. Während die Station I eine ganz konstante Grund-

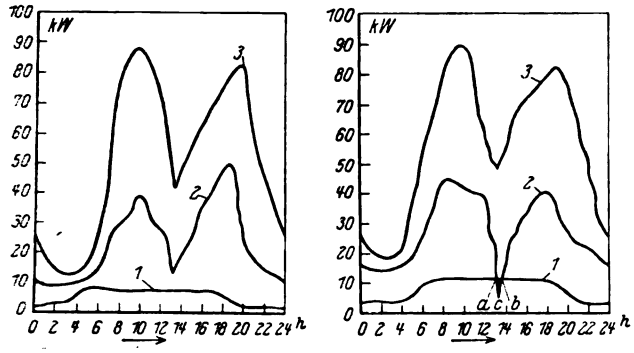


Abb. 6. Tagesdiagramme nach dem Teilsummenverfahren.

last bezieht, hat also das Werk II von 12 ... 1h Energie zurückgeliefert. Zu allen anderen Zeiten sieht man, da die Kurve *2* über der Kurve *1* liegt, daß das Unterwerk II ebenfalls Energie vom Überlandnetz bezogen hat. Bei der Kurve *3* liegen die Verhältnisse wieder vollkommen klar. Das Werk III hat dauernd Energie bezogen, da diese Linie die anderen Linien nicht schneidet.

Beißelgrube. Im Kraftwerk Fortuna I werden folgende Messungen getätigt: 6 Doppelsender für die Generatoren, 4 Einfachsender für die abgehenden Kölner Kabel, 2 Doppelsender für die Grube Fortuna, 3 Sender für den Kreis Bergheim.

Im Kraftwerk Fortuna II: 6 Doppelsender für die Generatoren, 4 Sender für die Kölner Kabel und 2 Sender für die Lieferung vom RWE. Mit diesen zwei Sendern für die Lieferung von RWE haben wir bereits in der Praxis den oben erwähnten Fall. Es ist nämlich nicht gesagt, daß vom RWE dauernd bezogen wird. Es kann auch der Energieaustausch in der anderen Richtung stattfinden und an das RWE zurückgeliefert werden. Wie oben angegeben, läßt sich diese Messung ohne weiteres durchführen, da bei geänderter Energierichtung die Meßdynamos der Telewatt-Sender sich umpolen und dadurch einen Zeigerausschlag nach der anderen Seite am Empfangsinstrument verursachen.

Nach den Sendern sollen noch kurz die Empfänger besprochen werden. Sämtliche Empfänger sind in dem Kraftwerk Fortuna II untergebracht und werden durch eine zentrale Schaltuhr selbsttätig gesteuert. Zunächst sieht man 8 Registrierinstrumente in einer Reihe zur Einzelüberwachung einzelner Sendergruppen, wie z. B. der Grube Clarenberg, der Beißelgrube und der 8 Kölner Kabel usw. Diese 8 Registrierinstrumente werden auf der Schaltbühne montiert. Außerdem bekommt der Betriebsleiter in seinem Zimmer die registrierende Anzeige von der Eigenerzeugung Fortuna I und Fortuna II. Für die Direktion wird nun ein Instrument aufgestellt, das nach dem „Telewatt-Teilsummen-Registrierverfahren" arbeitet. Es handelt sich dabei um einen Dreifachschreiber, der selbsttätig das Belastungsgebirge aufschreibt, u. zw. in folgender Weise: Messung *1* = Eigenerzeugung Fortuna I, Messung *2* = Eigenerzeugung Fortuna I plus Fortuna II. Man kann also an der Messung *2* beobachten: erstens wie hoch ist die Summe Fortuna I plus Fortuna II, zweitens wie hoch ist die Leistung von Fortuna II allein. Die Messung *3* gibt nun die Linie des endgültigen Belastungsgebirges, u. zw. Fortuna I + Fortuna II + Grube Fortuna + Beißelgrube + Grube Clarenberg + RWE-Lieferung. Normal

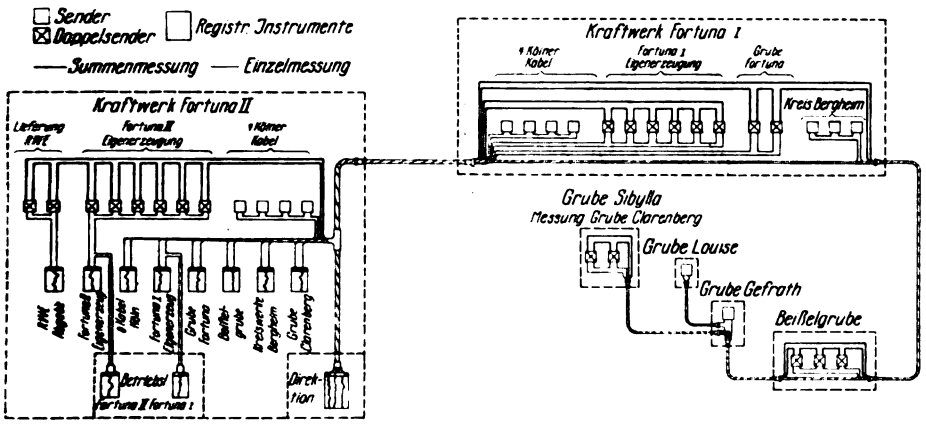
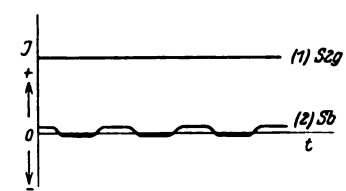


Abb. 7. Die Fernmeßanlage des Rheinischen Elektricitätswerks im Braunkohlenrevier mit Teilsummenregistrierung in Fortuna II.



Kurve (*1*) Schematische Darstellung der Stromkurve eines Senders
Kurve (*2*) Wie (*1*), jedoch bei verstellter neutraler Zone

Abb. 8.

Wir kommen zurück zur Abb. 3. In der Zentrale Silberhütte steht der Sechsfarbenschreiber, der mit den 6 Sendern durch $n + 1$ Leitungen verbunden ist. Aus der in der Abbildung befindlichen Zahlentafel ist für den vorliegenden Fall gezeigt, wie sich aus den 6 Messungen das gesamte Belastungsgebirge für die Unterstationen darstellt. Zu beachten ist noch der Sender S_2 in der Station Teichtal. Dieser Sender ist als Doppelsender[4] ausgeführt und gibt noch außer der Messung nach der Zentrale Silberhütte seine Einzelmessung nach der Station St. Andreasberg. Man sieht, wie hier eine Messung neben der anderen aufgebaut wird, wie Teilsummen gebildet und Einzelmessungen übertragen werden, ohne daß in der ganzen Anlage auch nur ein Relais oder eine Hilfstromquelle verwendet werden mußte.

Dieselbe Anlage, ins Große übertragen, wird augenblicklich nach dem Telewatt-System für das Rheinische Elektricitätswerk im Braunkohlenrevier AG. gebaut. Diese an sich umfangreichen Messungen sind nach dem vorhergehenden wohl ohne viel Erklärungen verständlich. In der Abb. 7 sieht man zunächst rechts 2 Doppelsender in der Grube Sibylla, 1 Sender in der Grube Louise, 1 Sender in Grube Gefrath, 3 Doppelsender in der wird also die Linie *3* über der Linie *2* liegen, da es sich bei der Linie *3* um eine höhere Eigenerzeugung handelt als bei der Linie 2. Theoretisch könnte aber wohl der Fall eintreten, daß die Energierichtung der RWE-Lieferung sich ändert und daß die Linie *3* plötzlich die Linie *2* schneidet. In diesem Augenblick ist aus dem Registrierstreifen ganz eindeutig zu erkennen, daß vom RWE Strom hereingenommen wird.

Diese Gesamtanlage wurde zusammen mit den leitenden Stellen des Rheinischen Elektricitätswerkes im Braunkohlenrevier durchgearbeitet. Wie man aus dem Schaltplan ersieht, wird in der ganzen Anlage nicht ein einziges Relais verwendet; auch Hilfstromquellen werden an keiner Stelle benötigt, so daß die Anlage neben der Meßgenauigkeit auch in bezug auf Betriebsicherheit den höchsten Ansprüchen genügt. Vorgesehen ist nach dem von dem Verfasser beschriebenen Vielfach-Fernmeßverfahren über zwei Leitungen[5] die Fernübertragung der Meßwerte im Direktionszimmer nach den Direktionszimmern in Köln[6], so daß also die drei Linien des Belastungsgebirges, die in Fortuna II geschrieben werden, auch in Köln jederzeit beobachtet werden können.

[4] Stern, ETZ 1928, S. 1326, Abb. 2.

[5] Stern, ETZ 1929, S. 351. — Keinath, ETZ 1929, S. 1537.

[6] DRP. angem.

Digitized by Google

Bei dieser Gelegenheit soll noch kurz darauf hingewiesen werden, daß es verschiedene Verfahren beim Telewatt-System gibt, mit denen diese an sich komplizierten Summationsmessungen durchgeführt werden. Man muß nämlich bedenken, daß die Sender wohl alle an Stromwandler mit 5 A angeschlossen werden, daß aber beinahe für jeden Sender das Übersetzungsverhältnis zum Stromwandler verschieden ist. Es kommt z. B. in einer großen Anlage vor, daß ein Sender an einen Stromwandler 5/1000 A und ein anderer Sender an einen Stromwandler 5/10 A angeschlossen wird. Es muß also der eine Sender einen Meßstrom geben, der einhundertmal geringer ist als der Meßstrom des anderen. Um dies zu erreichen, gibt es nun verschiedene Mittel. Man kann z. B. die Wicklung der Stromspulen verringern, weiter verstärkte Bremsmagnete im Sender verwenden, weiter die Wicklungszahl der Meßdynamos vermindern, weiter den Luftspalt und die magnetischen Nebenschlüsse der Meßdynamomagnete verändern usw. Ein an sich interessantes Mittel ist auch die Verstellung der neutralen Zone einer Meßdynamo. Durch die Verstellung der neutralen Zone kann man nämlich bei diesen Meßdynamos auch noch eine Regelung des Meßstromes hervorrufen. Natürlich ändert sich dadurch die Kurve des Gleichstromes. Durch die Wahl der richtigen mittleren Drehzahl einer solchen Meßdynamo mit verstellter neutraler Zone kann man vollkommen verhindern, daß die etwas verzerrte Kurvenform eines solchen Senders ungünstig auf die Anzeigeinstrumente wirkt. Dies geschieht insbesondere schon ganz von selbst dadurch, daß die Verstellung der neutralen Zone meistens nur bei solchen Sendern vorgenommen wird, die einen ganz minimalen Anteil der Last zu liefern haben. Man könnte also z. B. bei dem Sender, der mit dem Übersetzungsverhältnis 10 : 5 mit einem Sender mit dem Verhältnis 1000 : 5 arbeitet, die neutrale Zone etwas verstellen und könnte dadurch noch eine feine Regelung des Lastanteiles am Summenmeßstrom hervorrufen. Abb. 8 zeigt zwei Kurven. Die fast ganz gerade Kurve *1* ist die Meßstromkurve eines *S2g*-Senders. Die Kurve *2* ist die Kurve eines *Sb*-Senders mit verstellter neutraler Zone. Der Gleichstrommittelwert dieser Kurve *2* kann so eingestellt werden, daß er in obigem Beispiel dem Wandler-Übersetzungsverhältnis 10 : 5 entspricht.

Nach diesem kurzen Eingehen auf Eichverfahren soll noch eine andere wichtige Betriebsmeldung besprochen werden. Die neuen Tarife der Elektrizitätswerke unter sich haben es mit sich gebracht, daß die Werke sehr oft so arbeiten, daß zu einem bestimmten Tarif eine Grundlast abgenommen werden kann. Wird diese Grundlast überschritten, so tritt ein anderer, höherer Tarif in Kraft. Manche Werke haben nur die Aufgabe, in einem Netz zu verhindern, daß die Grundlast überschritten wird. Die Grundlastüberwachung ist bei mehreren Übergabestellen schon außerordentlich schwierig, da der Beamte die Grundlast nur ermitteln kann, wenn er die Angaben mehrerer direkt zeigender Wattmeter addiert. Fast unmöglich wird die richtige Addition, wenn die Übergabestellen räumlich weit auseinanderliegen. Bis der Beamte in der Überwachungsstelle telephonisch von den einzelnen Stellen die zu addierenden Summenwerte erhält, hat sich bereits die Last wieder so geändert, daß trotz aller Anstrengungen die Grundlast überschritten worden sein kann.

Das Telewatt-System hat nun für derartige wirtschaftlich bedeutungsvolle Fälle eine besondere Zusatz-Signaleinrichtung. Die Meßanlage an sich arbeitet wieder wie üblich ohne Hilfsbatterien und Relais, und es werden einfach an allen zur Summation gehörigen Übergabestellen Telewatt-Sender eingebaut. Diese Telewatt-Sender werden in Serie geschaltet, und man kann in der Überwachungsstelle an einem normalen Schalttafelinstrument jederzeit die Gesamtlast ablesen. Es sind nun schon Fälle vorgekommen, in denen der Beamte in der Überwachungsstelle das Instrument nicht dauernd beobachtet hat, so daß trotzdem ein Überziehen der Grundlast eingetreten ist. Aus diesem Grunde wird zur Kontrolle des Beamten im Zimmer des Betriebsleiters ein Registrierinstrument aufgehängt, das den Verlauf der gesamt bezogenen Energie genau aufzeichnet. Außerdem wird mit dem Registrierinstrument eine Signaleinrichtung verbunden, die in folgender Weise wirkt: Sobald die Grundlast bis 95 % erreicht ist, ertönt ein Glockensignal. Wird die Grundlast noch weiter überschritten, ertönt ein Hupensignal im Maschinensaal und außerdem erscheint auf einem Transparent (Abb. 9) die Mitteilung, daß die Grundlast überschritten ist. Auf diese Weise ist erreicht worden, daß die Reservemaschinen noch rechtzeitig einsetzen können und daß nach Möglichkeit die Grundlast nicht überschritten wird. Zur vollkommenen Automatisierung eines Betriebes hat man also nur noch nötig, durch ein Steuerrelais, das mit der Meßeinrichtung verbunden ist, bei Überschreitung der Grundlast durch einen Servomotor eine höhere Leistungsabgabe der spitzendeckenden Maschinen hervorzurufen.

Abb. 9. Signaleinrichtung im Anschluß an eine Summen-Fernmeßanlage.

Bei dieser Gelegenheit soll auch noch auf ein Zusatzregistrierinstrument aufmerksam gemacht werden. Es handelt sich dabei um einen Einfachschreiber nach Art der Fallbügelinstrumente, der in die Meßleitung einer Telewatt-Summenmeßanlage geschaltet werden kann. Entgegen den normalen Einfachschreibern schneidet der Zeiger dieses Apparates die Summenbelastungskurve direkt in das Registrierpapier ein, so daß der ablaufende Streifen aus zwei Teilen besteht, von denen der eine Teil bereits die genau ausgeschnittene Belastungskurve sämtlicher Summationsstellen enthält. Bei richtig abgemessenem Papiervorschub in der Stunde kann der abgelaufene Streifen direkt in der Kartothek für das Belastungsgebirge verwendet werden. Es fällt jede Zwischenarbeit eines Beamten für diese statistischen Zwecke fort, da der Apparat selbsttätig die Belastungskurve auf dem Registrierstreifen ausschneidet[7].

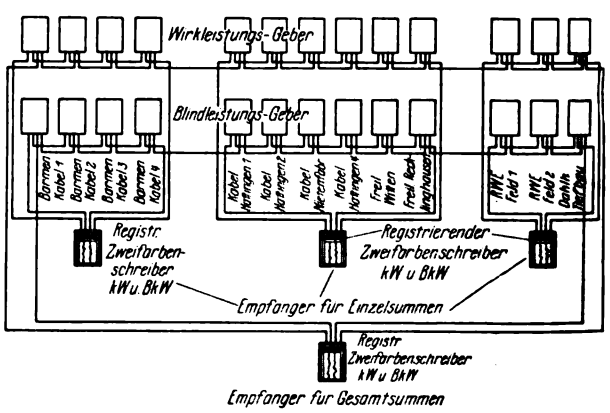


Abb. 10. Einzelsummen- und Gesamtsummenbildung im Gemeinschaftswerk Hattingen (Westf.).

Interessant liegen auch die Verhältnisse bei den in Abb. 10 gezeigten Lastverteilanlagen für das Gemeinschaftswerk Hattingen. Dort werden Gesamtsummen und Gruppensummen in größerem Ausmaß gebildet ohne Verwendung von Hilfsbatterien und Relais. Die in Abb. 10 gezeigten Anlagen sind in der Zwischenzeit noch durch Verwendung eines Sechsfarbenschreibers erweitert worden, dessen 6 Messungen außerdem noch über nur zwei zum gleichzeitigen Fernsprechverkehr dienende Leitungen nach Dortmund übertragen werden[8]. Die Beschreibung der Einrichtungen für diesen Doppelverkehr soll einer späteren Arbeit vorbehalten bleiben. Bemerkt sei nur, daß auch beim gleichzeitigen Fernsprech- und Fernmeßverkehr besonders einfache Schaltungen verwendet werden können, so daß wiederum von Hilfsbatterien und Relais abgesehen werden kann.

[7] DRP. angem.
[8] Stern, ETZ 1928, S. 1327.

Digitized by Google

Kennlinien für den Betrieb und Entwurf von elektrischen Kraftwagen.

Von **E. Marquard**, Aachen, und **H. Reimers**, Zwickau.

Übersicht. Die steigende Verwendung von Elektrokarren und elektrischen Nutzkraftwagen und die mehrfachen Mißerfolge mit elektrischen Personenwagen geben Veranlassung zu einer gründlichen Untersuchung ihrer Betriebsbedingungen und Betriebseigenschaften. Bei der Betrachtung des Motors, der Batterie und des Gesamtfahrzeugs vom fahrtechnischen Standpunkt aus ergibt sich eine Kennliniengruppe, welche sich auf leicht durchführbare Fahrversuche stützt. Diese Kennliniengruppe gestattet die Berechnung der Wirtschaftlichkeit für Personen- und Lastenförderung und die Aufstellung eines Fahrplanes für elektrische Omnibusse; sie gibt die Möglichkeit, die Änderung der Betriebsbedingungen bei Änderung von Motor und Batterie vorauszubestimmen, ist also ein bequemes Hilfsmittel für den Betrieb (Rentabilitätsberechnung) und Entwurf (Vorausbestimmung optimaler Betriebseigenschaften).

Die zunehmende Verbreitung von elektrischen Kraftwagen[1] läßt es wünschenswert erscheinen, auf ihre Eigenschaften tiefer einzugehen und einige wesentliche Gesichtspunkte für ihre Beurteilung und ihren Entwurf herauszustellen. Eine strenge Behandlung dieser Fragen wird zeigen, daß die Ermittlung der Betriebseigenschaften von Elektrofahrzeugen mit Hilfe von Fahrversuchen wesentlich einfacher durchzuführen ist als bei Benzinfahrzeugen.

Die Betriebseigenschaften des Elektromobils sind zunächst abhängig von drei Organen: dem Akkumulator als Energiespeicher, dem Motor als Energiewandler und dem Triebwerk als der eigentlichen Arbeitsmaschine. Weiterhin sind von Einfluß die Federung und die Beschaffenheit der Fahrbahn. Die vorliegende Arbeit zerfällt dementsprechend in Einzelbetrachtungen, die das Verhalten des Motors, des Akkumulators, des Fahrwerks und zusammenfassend des Fahrzeugs als Gesamtorganismus behandeln.

Um zwischen einmotorigen und zweimotorigen Fahrzeugen nicht unterscheiden zu müssen und um die Anwendung der Ergebnisse auf Fahrzeuge mit benzinelektrischem Antrieb zu erleichtern, sind die Gedankengänge durchweg so allgemein wie möglich gehalten und die gezeigten Diagramme meistens ohne Maßstäbe dargestellt.

I. Motor.

Es seien hier nur die Gleichstrommotoren behandelt, da sie aus Akkumulatorenbatterien gespeist werden können und daher nahezu allein für Automobilfahrzeuge in Frage kommen. Die Eigenschaft der Reihenschlußmotoren, im Leerlauf unzulässig hohe Drehzahlen anzunehmen, kommt infolge der stets vorhandenen Belastung durch das Fahrzeuggewicht beim Fahrzeugmotor natürlich nicht zur Geltung. Vielmehr ist der Reihenschlußmotor der gegebene Fahrzeugmotor, denn er hat neben dem großen Anzugmoment den Vorzug, die Stromaufnahme beispielsweise in Steigungen in mäßigen Grenzen zu halten. Der Nebenschlußmotor nähme Steigungen mit nahezu unverminderter Fahrgeschwindigkeit; dabei wächst aber die Stromaufnahme derart an, daß die Batterie in bergigem Gelände in aller Kürze entladen wäre.

Wesentlich ist für die folgenden Betrachtungen, daß der Elektromotor bei einer gegebenen Belastung mit einer einzigen, scharf definierten Drehzahl und Stromaufnahme arbeitet, daß er also auf jede Belastungsänderung, etwa auf eine Änderung der Straßenbeschaffenheit oder der Steigung, sofort selbsttätig mit einer bestimmten geänderten Drehzahl und Stromaufnahme antwortet. Wenn die Charakteristik des Motors bekannt ist, kann also eine dieser beiden Größen direkt als Maß für den Fahrwiderstand dienen; davon wird weiter unten noch die Rede sein.

Für eine willkürliche Änderung der Fahrgeschwindigkeit muß zur Schaltung gegriffen werden. Bei zweimotorigen Wagen können z. B. die beiden Batteriehälften parallel oder hintereinander, ebenso können die beiden Motoren parallel oder hintereinander geschaltet werden, so daß diese mit der gesamten, der halben oder einem Viertel der Batteriespannung arbeiten. Hieraus wird ersichtlich, wie falsch der so naheliegende Vergleich der Schaltung des Elektrowagens mit der Getriebeschaltung des Benzinwagens ist. Denn durch Gangwechsel des Benzinwagengetriebes wird nicht die Motorleistung geändert, sondern die Leistungsübertragung. In diesem Sinne entspricht die Schaltung des Elektrowagens mehr der Betätigung des Gashebels beim Benzinwagen, denn hier wird in beiden Fällen die Energiezufuhr variiert. Es sei noch erwähnt, daß willkürliche Geschwindigkeitsänderung selbstverständlich auch durch Ankerwiderstände oder durch Feldänderung möglich ist; beides ist jedoch sehr unbeliebt, da die Stromwärme in Widerständen immer einen unwiederbringlichen Energieverlust darstellt.

Die Lebensdauer des Elektromotors ist sehr stark von der Erwärmung der Wicklungen bestimmt; Abb. 1 zeigt diese Abhängigkeit, wie sie von der Firma Brown, Boveri & Cie. aus zahlreichen Versuchen ermittelt wurde[2],

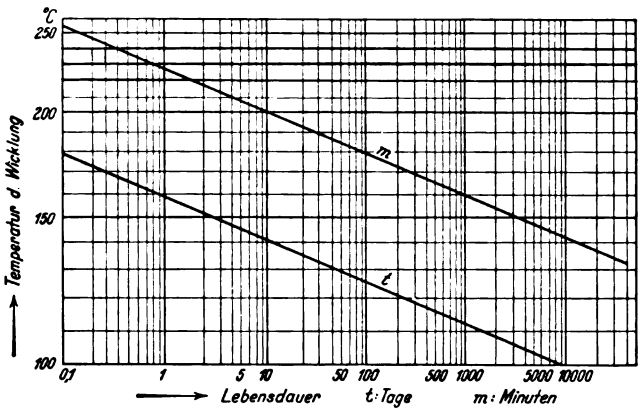


Abb. 1. Lebensdauer des Elektromotors, abhängig von der Erwärmung der Wicklung.

und die, in Worten ausgedrückt, folgendermaßen lautet: Die Lebensdauer ist eine Exponentialfunktion der Ankertemperatur. Auf dieser Grundlage fußt auch die Steuerformel für Elektromobile. Die diesbezügliche Bestimmung besagt:

„Für Elektromobile ist die Nutzleistung durch eine zweistündige Dauerbelastung des Motors im Versuchsraum zu ermitteln, wobei die nach den „Normalien für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren" des VDE ermittelte Temperaturzunahme der Wicklung die in § 19 daselbst angegebenen Grenzen weder überschreiten noch um mehr als ein Drittel unterschreiten darf. Von der hiernach ermittelten, dem Motor in Watt zugeführten Leistung sind bei Radnabenmotoren 10 %, bei Motoren mit Vorgelege 30 % in Abzug zu bringen, so daß sich die anzugebende Nutzleistung des Wagens berechnet zu

$$N \text{ in PS} = n\,\eta\,\frac{\text{Leistung in Watt}}{736},$$

wobei n die Zahl der Motoren, η gleich 0,9 bzw. 0,7."

Zur Bewertung des Gleichstrommotors in fahrtechnischer Hinsicht ist die Kenntnis folgender Abhängigkeiten nötig:

1. Wirkungsgrad, abhängig von der Stromaufnahme,
2. Drehzahl, abhängig von der Stromaufnahme.

Aus 1. und 2. ergibt sich

3. Drehmoment, abhängig von der Stromaufnahme.

Aus 2. und 3. ergibt sich:

4. abgegebene Leistung, abhängig von der Stromaufnahme,

alle für konstante Klemmenspannung.

Ferner ist erforderlich:

5. Ankererwärmung, abhängig von der Stromaufnahme bzw. umgerechnet in
6. Betriebszeitenkurve für eine festgesetzte zulässige Ankererwärmung.

Leistung, Drehmoment und Wirkungsgrad stehen in der bekannten Beziehung

$$E\,I\,\eta = c\,\mathfrak{M}\,\omega = N \text{ Watt}.$$

Schließlich muß nach den R.E.B./1925 zur Prüfung der Isolation noch eine Wicklungsprobe und zur Prüfung der Festigkeit gegen Fliehkraftwirkungen (z. B. bei schnellem Bergabfahren) eine Schleuderprobe vorgenommen werden.

Die Temperaturzunahme der Wicklungen wird durch die Widerstandszunahme und durch Thermometer in mehrstündigem Lauf bei Vollast gemessen. Dabei wird die Un-

[1] Vgl. a. ETZ 1927, S. 1460; 1926, S. 1377; 1925, S. 178.

[2] BBC-Mitt. Mannh. Bd. 13, S. 91.

Digitized by Google

sicherheit der Anfangs- und Endwerte der Messungen durch geschickte graphische Auftragung ausgeschaltet. Man zeichnet die Temperatur-Zeitkurve und trägt daraus die augenblickliche Temperaturzunahme über der Augenblickstemperatur auf. Diese Kurve $\Delta\vartheta = f(\vartheta)$ ist, wie nachher rechnerisch gezeigt wird, eine Gerade und schneidet auf der ϑ-Achse die Endtemperatur Θ ab (Abb. 2).

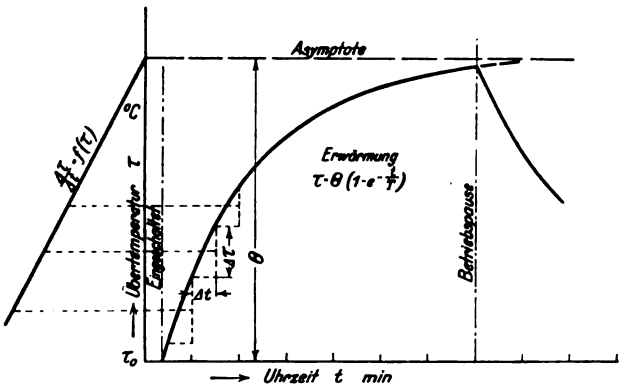


Abb. 2. Erwärmungskurve und Ermittlung der Endtemperatur.

Zur rechnerischen Behandlung betrachtet man den Anker der Maschine als homogenen Körper; diese Annahme ist mit großer Näherung zutreffend. Für die Erwärmung homogener Körper gilt die Gleichung:

Zugeführte Wärme = Wärmespeicherung + Wärmeabgabe oder in Buchstaben

$$Q\,\mathrm{d}t = c\,G\,\mathrm{d}\vartheta + A\lambda\vartheta\,\mathrm{d}t,$$

worin bedeuten

- Q Wärmezufuhr/s,
- c spezifische Wärme,
- G Gewicht des wärmeaufnehmenden Körpers,
- t Zeit,
- ϑ_0 Anfangstemperatur der Erwärmung,
- ϑ Übertemperatur über ϑ_0,
- A Oberfläche des wärmeabgebenden Körpers,
- λ Wärmeabgabezahl in cal/cm² für 1 s und 1 °.

Ist ferner Θ die konstante Endtemperatur der Erwärmung nach unendlich langer Erwärmungszeit, so gilt für den Beharrungszustand, in welchem das Wärmespeicherungsvermögen des erwärmten Körpers erschöpft ist, die Gleichung

$$\text{Wärmezufuhr} = \text{Wärmeabgabe}$$

$$Q = A\lambda\Theta$$

und daraus

$$Q\,\mathrm{d}t = c\,G\,\mathrm{d}\vartheta + \frac{Q\vartheta}{\Theta}\,\mathrm{d}t.$$

Durch Umformung ergibt sich daraus

$$c\,G\,\mathrm{d}\vartheta = Q\left(1-\frac{\vartheta}{\Theta}\right)\mathrm{d}t; \qquad \frac{\mathrm{d}\vartheta}{\mathrm{d}t} = \frac{Q}{c\,G}\left(1-\frac{\vartheta}{\Theta}\right),$$

die Gleichung einer Geraden, die wir vorhin zur Konstruktion der Endtemperatur benutzt haben und deren Richtigkeit durch Einsetzen der Randbedingungen leicht ersichtlich ist; aus derselben Gleichung ergibt sich durch Trennung der Variabeln und Integration die Gleichung der Erwärmungskurve

$$\vartheta = \Theta\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right),$$

worin die Zeitkonstante

$$T = \frac{c\,G\,\Theta}{Q} = \frac{c\,G}{A\lambda}$$

ist. Mit den entsprechenden Randbedingungen ergibt sich analog die Gleichung der Abkühlungskurve

$$\vartheta = \Theta\, e^{-\frac{t}{T}}.$$

Die Zeitkonstante ist eine Konstante der Maschine. Wenn sie bekannt ist, kann für jede Betriebszeit die Endtemperatur rechnerisch bestimmt werden. Bei aussetzendem Betrieb ist für Betriebszeiten und Betriebspausen jeweils ein entsprechendes Stück der Erwärmungs- und Abkühlungskurve maßgebend.

Damit haben wir nun alle Einzelheiten zusammengetragen, die für die Kenntnis des Fahrzeugmotors wichtig sind. Als Resultat dieser Überlegung sind in Abb. 3, 4 und 5 die erforderlichen Motorkennlinien zusammengefaßt.

II. Akkumulator.

In Abb. 6 ist der Ladevorgang für ein Element der Akkumulatorenbatterie graphisch dargestellt. Das Schaubild zeigt den Verlauf von Ladespannung und Ladestrom bei Ladung mit Handregelung, also unter den günstigsten vorkommenden Verhältnissen. Zu erwähnen ist, daß

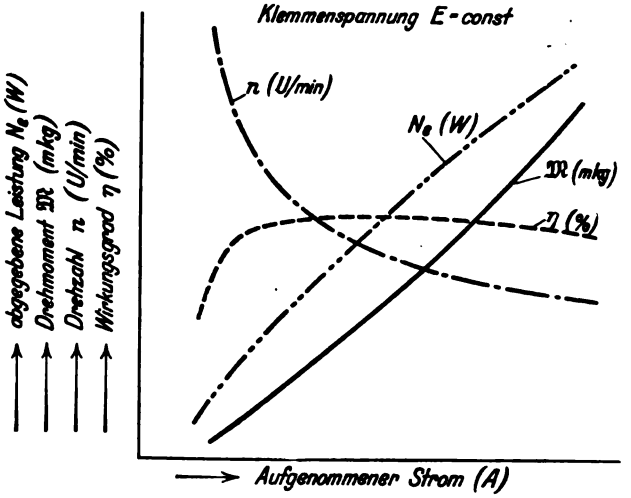


Abb. 3. Motorkennlinien: Drehzahl, Wirkungsgrad, Drehmoment, abgegebene Leistung des Elektromotors.

der Ladevorgang mit dem selbsttätigen Pöhlerschalter[3] ganz ähnlich verläuft. Aus Spannung und Strom ist für jeden Augenblick der Ladung durch Multiplikation die Ladeleistung ermittelt; die Fläche unter der Leistungskurve

$$F = \int E I\,\mathrm{d}t$$

stellt den aufgewandten Energiebetrag dar.

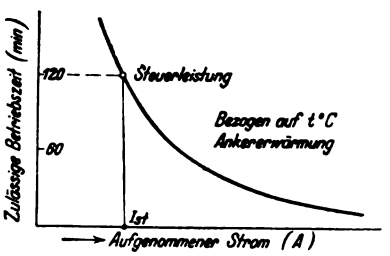


Abb. 4.

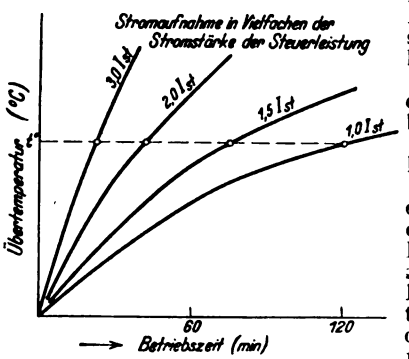


Abb. 5.

Abb. 4 und 5. Erwärmungskurven bei verschiedener Stromaufnahme und Betriebszeitenkurve.

Wenn man den Entladevorgang für dasselbe Element bei verschiedenen Entladegeschwindigkeiten aufzeichnet, so läßt sich unter der Annahme einer konstanten mittleren Entladespannung hieraus der Wirkungsgrad der Akkumulatorenbatterie bestimmen (Abb. 7). In dieses Diagramm ist zur späteren Verwendung noch die Kurve der Kosten für 1 h Entladung eingetragen, die einfach durch Division der bekannten Ladekosten durch die Entladedauer errechnet ist. Auf die sich aus diesen Kurven ergebenden wirtschaftlichen Erwägungen soll erst in einem späteren Abschnitt im Zusammenhang mit der Wirtschaftlichkeit des Motors eingegangen werden.

III. Fahreigenschaften und Fahrversuche.

Der im Automobilbau geübte Fahrversuch bezweckt zumeist ein generelles Urteil über größte erreichbare Fahrgeschwindigkeit, über Beschleunigungsvermögen, Bremsweg, Steigfähigkeit, Wendefähigkeit, eine Ermittlung des Durchschnittsverbrauchs an Brennstoff und Öl, und erstreckt sich schließlich auf allgemeine Fahrsicherheit und -bequemlichkeit, Geräusche u. dgl. Über streng durchgeführte und als wissenschaftlich anzusprechende Fahrversuche wird aus Kreisen der Industrie nur selten etwas bekannt, und das liegt ganz wesentlich an den phy-

[3] Vgl. W. Klein, ETZ 1926, S. 929.

Digitized by Google

sikalischen Schwierigkeiten, die solchen Versuchen anhaften. Der wissenschaftliche Maschinenversuch fordert vor allem zweierlei: Erstens muß er reproduzierbar und zweitens muß er vergleichsfähig sein. In manchen technischen Disziplinen sind diese beiden Grundforderungen ohne Zutun erfüllt; in manchen anderen ist es doch wenigstens gelungen, allgemein anerkannte Vergleichsgrundlagen zu schaffen; man denke nur an den Wasserturbinenbau mit seinen Begriffen der Einheitsturbine, der hydrodynamischen Ähnlichkeit, der spezifischen Drehzahl usw. Nichts von alledem im Automobilbau. Einer der grundlegenden Werte, der Straßenreibungskoeffizient als Maß für den Fahrwiderstand, ist

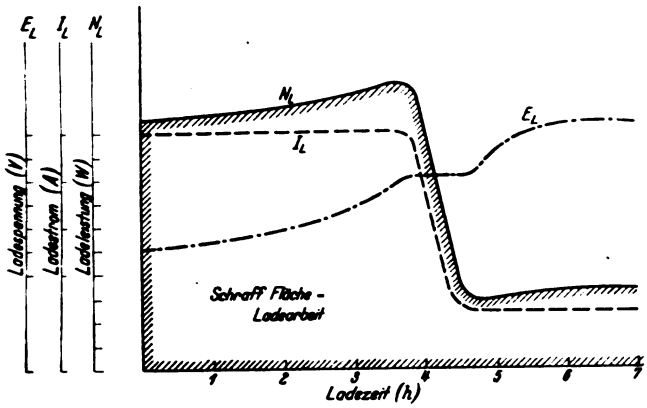


Abb. 6. Ladestromstärke, Ladespannung und Ladeleistung, zeitlicher Verlauf des Ladevorgangs der Akkumulatorenbatterie.

sogar so unklar und umstritten, daß sich in der Literatur sehr abweichende Angaben darüber vorfinden. Dazu kommt die Unmöglichkeit, auf der Straße die Motorleistung konstant zu halten, dazu kommt weiter, daß z. B. der Einfluß des Raddurchmessers, der Bereifungsart, der Beschaffenheit der Straßendecke auf den Rollwiderstand noch durchaus nicht geklärt ist — und daraus wird erklärlich, daß genaue Angaben über die Versuchsbedingungen, deren Fehlen man bei Abnahmeversuchen und Leistungs-

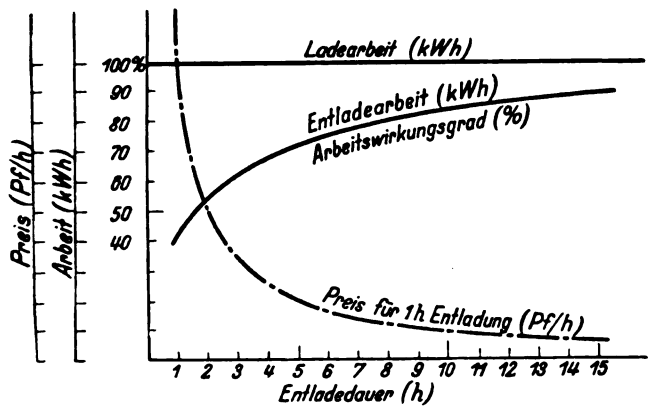


Abb. 7. Arbeitswirkungsgrad der Batterie. Kosten für 1 h Entladung.

prüfungen an anderen Maschinen als grobe Fehler empfinden würde, bei Fahrversuchen kaum üblich sind. In Fällen, in denen man auf Strenge der Versuchsbedingungen bewußt hinstrebt, begnügt man sich mit Versuchen auf Fahrprüfständen, welche die Eigenheiten der Straße möglichst weitgehend nachahmen, so daß die Bedingungen der Reproduzierbarkeit und der Vergleichsfähigkeit wenigstens einigermaßen erfüllt sind.

Die eben geschilderten Schwierigkeiten verringern sich ganz beträchtlich bei Fahrversuchen mit elektrischen Kraftwagen infolge der früher gekennzeichneten Eindeutigkeit im Verhalten des Elektromotors gegenüber einem gegebenen Fahrwiderstand, wie aus den folgenden Abschnitten klar werden wird. Zu diesem Zwecke knüpfen wir an die begonnenen Gedankengänge wieder an. Wir haben die Eigenschaften des Motors und des Akkumulators kennengelernt und betrachten nunmehr das Fahrzeug als Ganzes. Zur Verfolgung des Energieumsatzes während der Fahrt nehmen wir zunächst an, wir befahren eine gerade ebene Strecke von gleichbleibender Straßenbeschaffenheit mit konstanter Fahrgeschwindigkeit. Dann stellt sich der Energieumsatz im Sankey-Diagramm nach Abb. 8 dar. Dabei haben wir die Verlustleistung in Akkumulatorverluste, Motorverluste, Getriebeverluste und Rollverluste gruppiert. In dieser Aufteilung ist der Akkumulatorverlust als Leistungsverlust nicht unmittelbar einleuchtend, weil wir weiter oben den Akkumulatorwirkungsgrad nur als Arbeitswirkungsgrad definieren konnten. Da der Ladevorgang sich praktisch immer in gleicher Weise vollzieht, wissen wir nur, daß wir in der geladenen Batterie eine bestimmte Arbeit aufgespeichert haben. Diese Arbeit ist allerdings nicht ganz konstant, sondern von dem Zustand des Akkumulators (Säuredichte, Güte der Platten, Art der Ladung) abhängig. Welchen Teilbetrag der Ladearbeit wir entnehmen können, richtet sich nach der Entladegeschwindigkeit, d. h. mit der praktisch tragbaren Annahme konstanter Entladespannung bei gleichbleibender Fahrbahn, Fahrgeschwindigkeit und Nutzlast nach der Entladestromstärke. Wenn wir am Bilde des Sankey-Diagrammes festhalten wollen, wäre also für die gleichbleibende Ladearbeit bei veränderten Fahrbedingungen ein geänderter Wert der Ladeleistung einzusetzen. Für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ist diese Darstellungsweise wenig geeignet und soll später durch eine zweckmäßigere ersetzt werden.

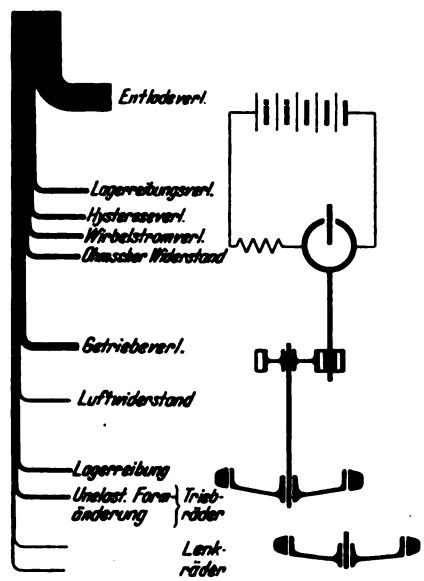


Abb. 8. Sankey-Diagramm des Energieumsatzes während der Fahrt.

Der Getriebewirkungsgrad ist durch Abbremsen auf dem Stand zu ermitteln. Diese Prüfung läßt sich am besten dem fabrikmäßigen Einlaufenlassen der Getriebe angliedern. In der Regel ist die Abhängigkeit des Getriebewirkungsgrades von der Belastung nur gering, da mit zunehmender Belastung die Erhöhung des Widerstandes infolge der Vergrößerung der Zahndrücke durch die Verbesserung der Schmierfähigkeit bei Erwärmung des Schmiermittels kompensiert wird. Die Ermittlung der Rollverluste auf dem Stand erfordert teure und komplizierte Prüfeinrichtungen (Laufband- oder Trommelprüfstand), die zudem noch die Verhältnisse der Fahrt auf der Straße nur unvollkommen wiedergeben. Es ist daher ratsamer, die Widerstandsarbeit durch Fahrversuche zu bestimmen. Dafür kommen der Auslaufversuch und der Kurzstreckenversuch in Frage, die beide hier besprochen werden sollen. Der Auslaufversuch wird schon lange Zeit im Eisenbahn-Maschinenbau an Lokomotiven vorgenommen und ist vor einiger Zeit in einer sorgfältigen Arbeit[4] auf den Kraftwagen übertragen worden. Die Grundlagen dieses Versuchs sind folgende: Das Fahrzeug wird auf Geschwindigkeit gebracht und rollt dann ohne Zufuhr mechanischer Energie auf der Ebene oder in leichtem Gefälle aus; seine Geschwindigkeit vermindert sich unter der Wirkung der Fahrwiderstände, die ihm anfangs innewohnende kinetische und potentielle Energie geht in Widerstandsarbeit über. Diese setzt sich zusammen aus Reibungsarbeit in den Motorlagern und Radlagern, Reibungsarbeit im Getriebe, unelastischer Formänderungsarbeit in den Reifen und Arbeit des Luftwiderstandes. Es besteht gegenüber der Widerstandsarbeit beim normalen Fahren nur der eine Unterschied, daß dort das Getriebe durch das Antriebsmoment belastet ist, während es beim Auslaufversuch leerläuft. Wie oben erwähnt, ist jedoch

[4] Essers, Automobil-Rundschau Bd. 24, H. 18 u. 19.

Digitized by Google

der Getriebeverlust nur wenig von der Belastung abhängig. Die kinetische Energie ist gleich der Energie des geradlinig bewegten Fahrzeugs plus der Energie der drehenden Teile: Anker des Motors, Zahnräder, Räder und Reifen. Nach bekannten Gesetzen der Mechanik können wir diese beiden Energieanteile durch Einführung einer reduzierten Masse (m_{red}) vereinigen. Die Bewegungsgleichung lautet dann

$$G \sin \alpha - W + m_{red} \frac{d^2 s}{d t^2} = 0$$

$$W = G \sin \alpha + m_{red} \frac{d v}{d t},$$

wenn W den Fahrwiderstand, G das Gewicht und α die Steigung bezeichnen.

Bei bekanntem Gesamtgewicht und bekanntem konstanten Gefälle ist demnach zur Ermittlung des Fahrwiderstandes nur die experimentelle Bestimmung der Geschwindigkeitsabnahme in der Zeit, also der Verzögerung notwendig.

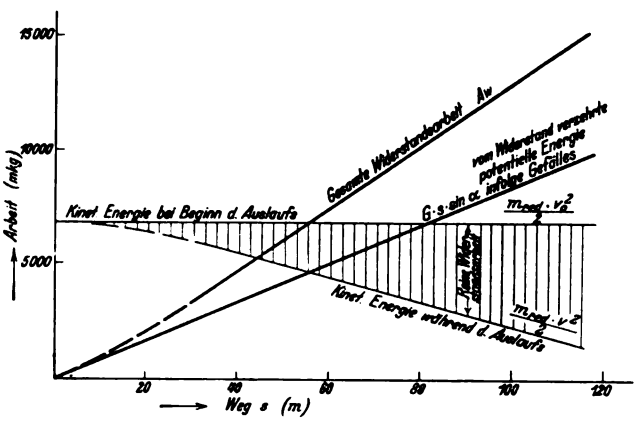


Abb. 9. Auswertung des Auslaufversuchs durch Bestimmung der Widerstandsarbeit abhängig vom Auslaufweg.

Man kann auch mit Hilfe der vorhin angedeuteten Energiebetrachtung zu einer Gleichung für den Fahrwiderstand kommen. Ist die Fahrgeschwindigkeit zu Beginn der Messung v_0, so gilt

$$\frac{m v_0^2}{2} + \frac{J \omega_0^2}{2} \pm G s \sin \alpha - \frac{m v^2}{2} - \frac{J \omega^2}{2} = \mathfrak{A}_w$$

für die Widerstandsarbeit oder

$$\frac{m_{red}}{2} (v_0^2 - v^2) \pm G s \sin \alpha = \mathfrak{A}_w .$$

Weiterhin ist

$$W s = \mathfrak{A}_w$$

$$W \Delta s = \Delta \mathfrak{A}_w$$

$$W = \frac{\Delta \mathfrak{A}_w}{\Delta s} .$$

In vielen Fällen wird der Widerstand über einen großen Teil der betriebsmäßigen Fahrgeschwindigkeiten konstant sein. Dann ist W einfach durch das Steigungsmaß tg α der Geraden $\mathfrak{A}_w = f(s)$ gegeben. Die Bestimmung des Fahrwiderstandes nach dieser Überlegung ist in Abb. 9 gezeigt. Der Anteil des Luftwiderstandes am gesamten Fahrwiderstand ist dann, wenn der Versuch bei Windstille unternommen wird (die relative Windgeschwindigkeit also gleich der jeweiligen Fahrgeschwindigkeit ist), bei geringer Fahrgeschwindigkeit ($V < 25$ km/h) vernachlässigbar klein. Er beträgt zahlenmäßig

$$W_L = F c \frac{\gamma}{2 g} v^2,$$

worin F die Hauptspantfläche ist,

$c = 0.55 \ldots 0{,}60$,

$\frac{\gamma}{g} = \frac{1}{16}$ bei normaler Luftdichte.

Die Aufteilung des Gesamtfahrwiderstandes in Einzelwiderstände kann natürlich nach den angegebenen Richtlinien noch weiter getrieben werden, bietet aber mehr wissenschaftliches als praktisches Interesse.

Das Verhältnis des Fahrwiderstandes zum Gesamtgewicht des Fahrzeuges $\mu = \frac{W}{G}$ sei Fahrwiderstandskoeffizient genannt und als Konstante betrachtet, obwohl er das streng genommen nicht ist. Er ist eine Zahl, die für Vorausberechnungen, z. B. der notwendigen Antriebsleistung, ganz schätzbar ist; anderseits darf nie vergessen werden, daß der Koeffizient seine zahlenmäßige Größe ganz heterogenen Einflüssen verdankt, die teilweise vom Fahrzeug, teilweise von der Fahrbahn und vom Luftwiderstand abhängen; insbesondere ist also der Fahrwiderstandskoeffizient nicht ohne weiteres eine Kennziffer für die Beschaffenheit der Straße. Das wird nur selten klar ausgesprochen, und daher sind die Angaben der Literatur in diesem Punkt auch sehr widersprechend und mißverständlich.

IV. Kennlinien des ausgeführten Fahrzeuges.

Nachdem wir uns im vorstehenden über die Einzelheiten des elektromotorischen Antriebs und ihr Zusammenwirken klar geworden sind, soll nun eine Gruppe von Diagrammen zusammengestellt werden, welche die Betriebseigenschaften eines ausgeführten elektrischen Kraftwagens erschöpfend darstellen. Im letzten Abschnitt sollen dann einige Gesichtspunkte für den Entwurf, d. h. für die Bemessung von Akkumulatorenbatterie und Motor erörtert werden. Die vorgeschlagene Kennliniengruppe stützt sich hauptsächlich auf die Ergebnisse des leicht ausführbaren und aufschlußreichen Kurzstreckenversuchs. Dieser Versuch wird mit mindestens drei verschiedenen Nutzlasten auf einer ausgemessenen Strecke von etwa 100 m Länge ausgeführt. Besonders günstig liegen die Verhältnisse, wenn ebene und Steigungstrecken von derselben Straßenbeschaffenheit zur Verfügung stehen. Für Steigungstrecken ist zu fordern, daß die Steigungen bekannt und über die Meßstrecke konstant sind. Der Einfluß der Windgeschwindigkeit kann in der Ebene durch Befahren in beiden Fahrtrichtungen eliminiert werden, wenn Stirn- bzw. Rückenwind weht. Die Meßstrecke wird mit konstanter Fahrgeschwindigkeit und mit möglichst gerader Spur befahren; dabei wird die Fahrgeschwindigkeit durch Abstoppen zwischen den Streckenmarken bestimmt, ferner werden die vom Motor aufgenommene Stromstärke I_1 und Spannung E_1 gemessen. Weicht die Klemmenspannung von der bisher immer angenommenen mittleren Entladespannung E_m ab, so kann die Stromaufnahme angenähert auf diese reduziert werden mit der Beziehung

$$E_1 I_1 \eta_1 = E_m I_2 \eta_2 ; \quad \eta_1 \approx \eta_2$$

$$I_2 \approx I_1 \frac{E_1}{E_m} .$$

Zweckmäßig wird dieser Versuch in allen Schaltstufen durchgeführt. Fahrgeschwindigkeit und Stromaufnahme werden über der Nutzlast aufgetragen. Die hiermit in Abb. 10 zusammengestellte Kennliniengruppe bedarf hiernach keiner weiteren Erläuterung mehr. Es leuchtet ein, daß die Diagramme 1, 2 und 8 dieser Kennliniengruppe nur von Motor und Getriebe, die Diagramme 3 und 4 nur von der Akkumulatorenbatterie bedingt sind. Von dieser Feststellung werden wir späterhin noch Gebrauch machen. Für jeden Betriebspunkt lassen sich entnehmen

1. Stromaufnahme I [A],
2. Fahrgeschwindigkeit V [km/h],
3. Entladedauer T [h],
4. Kosten der Entladung K für 1 h [Pf/h],
5. spezifische Förderleistung N [Nutz-tkm/h],
6. zulässige pausenlose Betriebszeit [min].

Daraus ergeben sich durch einfache Rechnung:

7. Aktionsradius mit einer Ladung $S = V \cdot T$ [km],
8. spezifische Förderkosten $P = K/N$ [Pf/Nutz-tkm].

Diese Rechnungen sind in Abb. 10 durch Hilfsdiagramme ersetzt[5].

Mit Hilfe eines solchen Betriebskurvenblattes ist es z. B. ein leichtes, den Fahrplan für den Betrieb eines elektrischen Omnibusses auf einer bestimmten Strecke mit bekanntem Höhenprofil und bekannter Straßenbeschaffenheit zu bestimmen, die reinen Betriebskosten der Strecke zu kalkulieren und die Haltepausen zur Auswechselung der Batterie im voraus festzulegen. Allerdings muß ein solches Streckendiagramm die Straßenbeschaffenheit bei Regenwetter und Glatteis berücksichtigen; außerdem muß je nach der Anzahl der Haltestellen ein geeigneter Zuschlag für das Anfahren gemacht werden. Parallel dazu muß kontrolliert werden, ob die zulässige Ankererwärmung nirgends überschritten wird.

V. Gesichtspunkte für den Entwurf.

In der Kennliniengruppe Abb. 10 sind die Diagramme 1, 2 und 8 nur durch den Motor und die Übersetzung be-

[5] Kurven konstanten Aktionsradius VT = konst.: gleichseitige Hyperbeln. Kurven konstanter spez. Förderkosten $\frac{K}{N}$ = konst.: Gerade.

Digitized by Google

dingt, die Diagramme 3 und 4 nur durch die Akkumulatorenbatterie. Um die Frage zu beantworten, wie sich dasselbe Fahrzeug mit einem anderen Motor verhalten würde, müssen wir nochmals auf die Motorkennlinien der Abb. 3 zurückkommen. Dort waren für konstante Entladespannung die Drehzahl, der Wirkungsgrad, das Drehmoment und die Leistung des Motors aufgetragen. Bei bekannter Übersetzung $\ddot{u}$ ist (unter Vernachlässigung des Geschwindigkeitsverlustes durch Schlupf der Triebräder) die Fahrgeschwindigkeit

$$V = n \frac{\pi D \,.\, 60}{\ddot{u} \,.\, 1000} \text{ [km h]},$$

wenn D den Rolldurchmesser des Rades darstellt. In dem besprochenen Diagramm ist also die Kurve der Drehzahl zugleich, nur mit geändertem Maßstab, die Kurve der Fahrgeschwindigkeit.

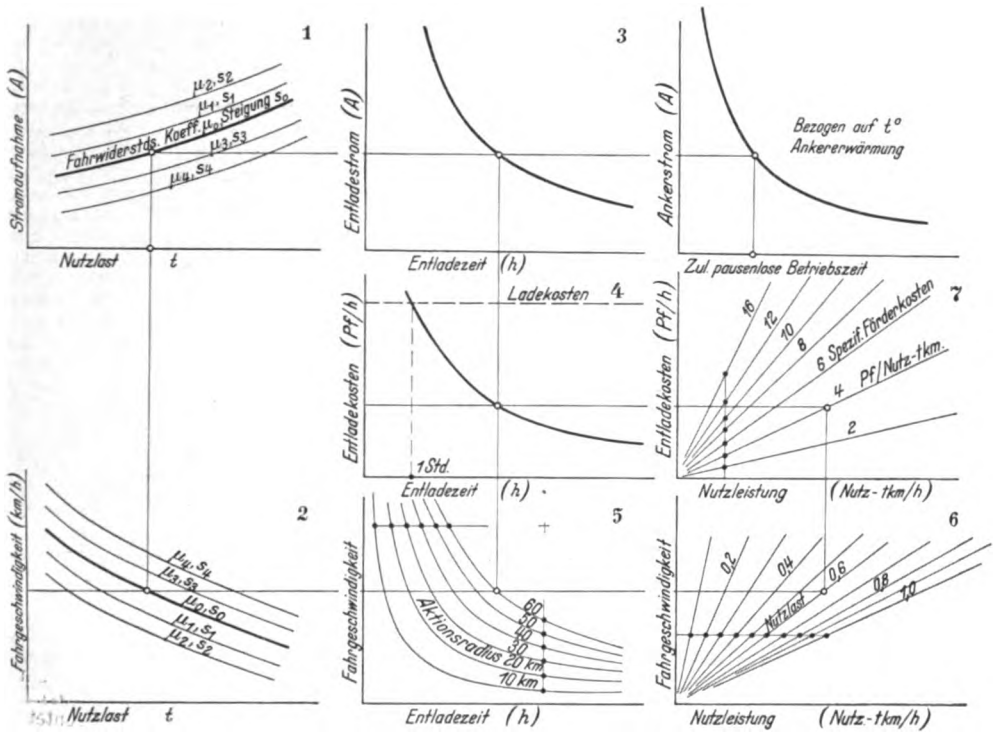


Abb. 10. Kennliniengruppe des Elektrofahrzeugs.

Die Leistung an der Ankerwelle ist

$$N_{\text{Mot}} = E I \eta_{\text{Mot}} \text{ [W]}.$$

Können wir, gestützt etwa auf die Ergebnisse des Auslaufversuchs, für eine bestimmte Straßenbeschaffenheit und ein bestimmtes Fahrzeug den Fahrwiderstandskoeffizienten μ angeben, der wie gesagt den Getriebewiderstand, den Luftwiderstand und den Rollwiderstand enthält, so ist das Drehmoment am Radumfang

$$\mathfrak{M} = W \frac{D}{2} = (G + Q)\,\mu \frac{D}{2} \text{ [mkg]}$$

und die Leistung am Radumfang

$$N = \mathfrak{M}\,\omega = \frac{(G + Q)\,\mu\, D \pi n}{60} \text{ [mkg/s]}.$$

Nach Einsetzen des vorhin aufgestellten Ausdrucks

$$V = n \frac{\pi D \,.\, 60}{\ddot{u} \,.\, 1000} \text{ [km/h]}$$

wird

$$N = \frac{(G + Q)\,\mu\, V \ddot{u}}{3{,}6} \text{ [mkg/s]}.$$

Aus der Gleichsetzung dieser beiden Leistungswerte ergibt sich der wie oben definierte Fahrwiderstandskoeffizient rechnerisch auf Grund der Ergebnisse des Kurzstreckenversuchs auf ebener Strecke:

$$\frac{E I \eta_{\text{Mot}}}{735{,}5} = \frac{(G + Q)\,\mu\, V \ddot{u}}{3{,}6 \,.\, 75} \text{ [PS]}$$

$$\mu = \frac{3{,}6 \,.\, 75\, E I \eta_{\text{Mot}}}{735{,}5\,(G + Q)\, V \ddot{u}} = 0{,}367 \frac{E I \eta_{\text{Mot}}}{(G + Q)\, V \ddot{u}}.$$

In der Steigung ist das Drehmoment am Radumfang

$$\mathfrak{M} = (G + Q)(\mu + \sin \alpha) \frac{D}{2} \text{ [mkg]},$$

worin G Eigengewicht des Fahrzeugs [kg],
Q Nutzlast [kg],
α Steigungswinkel der Straße,
D Rolldurchmesser des Reifens [m].

Aus dieser letzten Gleichung läßt sich bei bekanntem μ das jeweilige Drehmoment für jede Nutzlast und jede Steigung ermitteln. Damit sind auch die jeweils zugehörige Drehzahl und Stromaufnahme des Motors gegeben, so daß die Diagramme 1 und 2 der Kennliniengruppe Abb. 10 aus der Motorcharakteristik allein abgeleitet werden können. Die Ordinaten des kleinsten und größten Drehmoments (also beste Straßenbeschaffenheit, ebene Fahrbahn und schlechteste Straßenbeschaffenheit, größte Steigung) grenzen im Schaubild der Motorkennlinien den Arbeitsbereich des Motors während der Fahrt ein.

Damit ist die vorliegende Aufgabe als gelöst zu betrachten. Die Betriebsbedingungen eines konstruktiv festgelegten Fahrzeugs beim wahlweisen Einbau verschiedener Motoren lassen sich ohne weiteres überblicken, wenn man auf die angegebene Weise aus den Kennlinien der Motoren die Kurven der Fahrgeschwindigkeit und der Stromaufnahme, beide abhängig von der Nutzlast, herleitet und in die Kennliniengruppe der Abb. 10 einsetzt. Es muß hier nochmals darauf hingewiesen werden, daß der Einfluß des Raddurchmessers auf die Fahreigenschaften in ähnlicher Weise nicht entwickelt werden kann, da sich mit dem Rolldurchmesser D des Reifens auch der Fahrwiderstandskoeffizient μ ändert.

Die oben aufgestellten Gleichungen zeigen nach einigen Umformungen, von welchen Größen die fahrtechnische Wirtschaftlichkeit des Motors bedingt ist. Die Wirtschaftlichkeit der Lastförderung wird ohne Zweifel um so größer, je kleiner der Stromverbrauch für 1 km geförderter Nutzlast wird. Dieser spezifische Stromverbrauch beträgt

$$L_{\text{spez}} = \frac{E I}{Q V} \text{ [Wh/Nutz-tkm]}.$$

Nach früherem ist

$$V = \frac{n \pi D \,.\, 60}{\ddot{u} \,.\, 1000},$$

also

$$L_{\text{spez}} = \frac{1000\, E I \ddot{u}}{60\, Q\, n \pi D} \text{ [Wh/Nutz-tkm]}.$$

Bei gleichem Fahrzeug, gleicher Straße, gleicher Nutzlast, aber verschiedenen Motoren gleicher Nennspannung ist

E = konst., $\ddot{u}$ = konst.,
D = konst., Q = konst.,

also

$$L_{\text{spez}} = c \frac{I}{n}.$$

Wir können demnach den reziproken Wert

$$\lambda = \frac{n}{I}$$

den Wirtschaftlichkeitsfaktor des Motors nennen. Dieser Quotient ist nur von der Konstruktion des Motors abhängig, also rein elektrotechnischer Natur; darauf soll hier nicht näher eingegangen werden.

Digitized by Google

Wir kommen nun zu der zweiten Aufgabe, die Betriebseigenschaften eines Fahrzeugs mit gegebenem Motor und wahlweise einzubauender Batterie zu beurteilen. Hier muß beachtet werden, daß die Änderung der Batteriegröße oft auch eine merkliche Änderung des Fahrzeuggewichtes nach sich zieht. Es sind also in diesem Falle in der Kennliniengruppe Abb. 10 nicht nur die Diagramme 3 und 4 abzuändern, sondern auch gegebenenfalls die Diagramme 1 und 2 einer Korrektur zu unterziehen. Man kann diese Schwierigkeit umgehen, wenn man Stromaufnahme und Fahrgeschwindigkeit nicht über der Nutzlast, sondern über dem Bruttogewicht des Fahrzeugs aufträgt. In allem andern sind die Gedankengänge bei dieser Untersuchung ganz analog den vorhergegangenen, so daß sich eine Wiederholung erübrigt.

Die Auswuchtung rotierender Apparateteile*.

Von Dr. **W. Späth**, Barmen.

Übersicht. Beschreibung einer elektrischen Einrichtung zur Bestimmung der Lage und Größe von Wuchtfehlern in rotierenden Teilen. Verschiedene Typen von Auswuchtmaschinen als Ausführungsbeispiele. Betrachtungen über die Empfindlichkeit und Genauigkeit derartiger Einrichtungen.

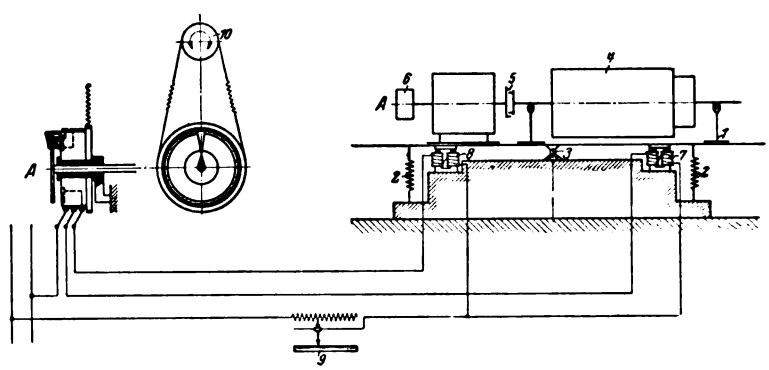
In der Serienfabrikation, besonders im elektrotechnischen Apparatebau, kommen häufig verhältnismäßig kleine aber sehr schnell umlaufende Rotationskörper, wie Motorenanker, Ventilatoren, Staubsaugerteile u. dgl. vor, deren genaue Ausbalancierung mit Rücksicht auf die hohe Umlaufzahl sehr wünschenswert ist. Anderseits ist die Belastung der Kalkulation dieser in großen Serien hergestellten Teile durch verhältnismäßig langsam arbeitende Auswuchtvorrichtungen ziemlich fühlbar. Es ist deshalb Aufgabe der Auswuchttechnik, unter Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse bei der Auswuchtung von Massenfabrikaten Spezialeinrichtungen zu schaffen, die eine möglichst schnelle und wirtschaftliche Auswuchtung mit genügender Genauigkeit gewährleisten. Je größer die in dieser Hinsicht erzielten Fortschritte sind, desto mehr wird die Spezialauswuchtmaschine sich in die Massenfabrikation wie jede andere Werkzeugmaschine einreihen lassen.

Im folgenden sollen einige neuzeitliche Auswuchtmaschinen beschrieben werden, die den gekennzeichneten Anforderungen in jeder Hinsicht entsprechen dürften und die eine wirtschaftliche Auswuchtung von kleinen Umlaufkörpern bis herunter zu etwa 100 g Gewicht ermöglichen. Neben der Wahl des einzuschlagenden Auswuchtverfahrens zur genauen Erfassung der statischen und dynamischen Unbalance spielt die Art der Bestimmung der Lage und Größe der Wuchtfehler eine ausschlaggebende Rolle. Die zu beschreibenden Auswuchtapparate sind in dieser Hinsicht durchweg mit einer elektrischen Einrichtung zur Festlegung der Wuchtfehler, im folgenden kurz „Wuchtkopf" genannt, ausgerüstet, deren Vorzüge besonders bei der Auswuchtung großer Serien gleichartiger Körper in Erscheinung treten[1]. Es sei deshalb zur Vermeidung von Wiederholungen eine Beschreibung der Wirkungsweise des elektrischen Wuchtkopfes vorausgeschickt.

Der elektrische Wuchtkopf.

Bekanntlich treten bei allen Auswuchtmaschinen durch eine etwa vorhandene Unbalance des rotierenden Prüfkörpers in einem durch Federung künstlich erzeugten mechanischen Schwingungsystem infolge der Zentrifugalkräfte periodische Kräfte auf. Diese periodischen Kräfte erzeugen besonders große Ausschläge des Schwingungssystems, wenn ihr Takt mit der Eigenfrequenz des Schwingungsystems zusammenfällt, also Resonanz herrscht. Die Aufgabe besteht nun darin, aus den Schwingungsausschlägen des federnden Systems auf Lage und Größe der diese Schwingungen verursachenden Wuchtfehler zu schließen. In der elektrischen Meßtechnik wird bei genauen Messungen vielfach von Kompensationsmethoden Gebrauch gemacht, bei denen die Wirkung der zu messenden Größe durch die Wirkung einer meßbar veränderlichen Größe aufgehoben und auf diese Weise die zu messende Größe bestimmt wird. Auf ähnlicher Grundlage beruht das elektrische Auswuchtverfahren, bei dem in jeder Halbschwingung den diese Schwingungen verursachenden Zentrifugalkräften elektromagnetische Impulse meßbar veränderlicher Größe entgegenwirken. Durch passende Einstellung dieser elektromagnetischen Impulse bezüglich Phase und Amplitude kann eine völlige Kompensation der mechanischen Wirkung des Wuchtfehlers und damit eine Beruhigung der mechanischen Schwingungen erzielt werden. Aus der Stellung der Steuerorgane zur Verstellung der Phase und Amplitude der elektromagnetischen Gegenkräfte im Augenblick der Beruhigung der Schwingungen können sofort Lage und Größe des Wuchtfehlers angegeben werden.

Die elektromagnetischen Impulse müssen wenigstens theoretisch zur Erzielung einer vollkommenen Kompensation entsprechend den sinusförmig schwankenden Kraftwirkungen der Wuchtfehler ebenfalls von sinusförmigem Verlauf sein. Es hat sich aber gezeigt, daß infolge der Trägheit des in Resonanz schwingenden mechanischen Systems, das als Energiespeicher wirkt, bei geeignet gewählter Umdrehungszahl es völlig genügt, in jeder Halbschwingung des Schwingungsystems lediglich einen stoßartig wirkenden Impuls auszuüben, um praktisch ausreichende Kompensation zu erzielen. Hierdurch wird die Erzeugung der elektromagnetischen Kompensationsimpulse außerordentlich einfach. An Stelle eines kleinen, mit dem Prüfkörper synchron umlaufenden Wechselstromgenerators genügt in den meisten Fällen eine einfache Unterbrechervorrichtung. Nur in speziellen Fällen, z. B. bei der Auswuchtung in sehr hoch liegender Betriebsdrehzahl, wird man auf den Generator zurückgreifen, der in diesem Fall gewisse Vorteile aufweist. Bei größeren Auswuchtmaschinen mit ihren verhältnismäßig großen bewegten Massen genügt bereits eine Arbeitsfrequenz von etwa 200 U/min, während für kleine Maschinen eine solche von 600 ... 1000 U/min gewählt wird, um eine Kompensation durch Stromstöße zu erzielen.



1 Schwingrahmen *2* Federn *3* Schwingachse *4* Prüfkörper *5* Kupplung *6* Unterbrecher *7, 8* Elektromagnete *9* Widerstand mit Skala *10* Phasenverstellung

Abb. 1. Der elektrische Wuchtkopf.

Zur näheren Erläuterung der Wirkungsweise des elektrischen Wuchtkopfes ist in Abb. 1 ein Schema der Einrichtung dargestellt. Es bedeutet *1* den Rahmen zur Aufnahme des Prüfkörpers *4*. Durch die Federn *2* wird dem Rahmen eine Schwingfähigkeit um die Achse *3* gegeben. Der Prüfkörper ist auf Kugellagern bzw. Rollenlagern drehbar gelagert und wird durch eine Antriebsvorrichtung über eine Kupplung *5* angetrieben. Wird der Prüfkörper in Umlauf gesetzt, so treten in der kritischen Drehzahl bekanntlich bei Anwesenheit eines Wuchtfehlers kräftige Schwingungen des Rahmens auf, die in vergrößertem Maßstab auf eine Zeigervorrichtung übertragen werden. Mit dem Prüfkörper rotiert in gleicher Drehzahl eine Unterbrechervorrichtung *6*, die den Strom einer Gleichstromquelle periodisch schließt und öffnet und in jeder Halbschwingung den beiden Elektromagneten *7* und *8* je einen Stromstoß bei jeder Umdrehung zuführt. Durch Verstellen der an der Rotation nicht teilnehmenden Bürsten kann

* Erweiterte Wiedergabe eines Vortrages der vorjährigen Tagung des Schwingungs-Ausschusses des VdI in Göttingen.

[1] Die elektrische Auswuchtvorrichtung wird nach Angaben des Verfassers von der Firma Losenhausenwerk AG., Düsseldorf, hergestellt.

Digitized by Google

der Augenblick des Einsetzens der elektromagnetischen Impulse in den Elektromagneten 7 und 8 im Vergleich zur Lage des rotierenden Prüfkörpers beliebig verstellt werden. Die Stärke der Impulse wird an einem Widerstand geregelt, der für beide Magnete gleichzeitig zur Einstellung des Stromes dient.

Eine Auswuchtung geht folgendermaßen vor sich. Nach Ingangsetzen der Maschine und Einregelung der Umlaufzahl in die kritische Schwingungszahl wird mit Hilfe des Widerstandes eine bestimmte Stromstärke eingestellt, die nach den sich zeigenden Schwingungsausschlägen gefühlsmäßig gewählt wird. Der Schwingungsausschlag wird hierdurch entweder größer oder kleiner. Nun wird an einem Handrad die Phase verstellt, wobei sofort eine Stellung der kleinsten Schwingungen gefunden wird. Durch eine

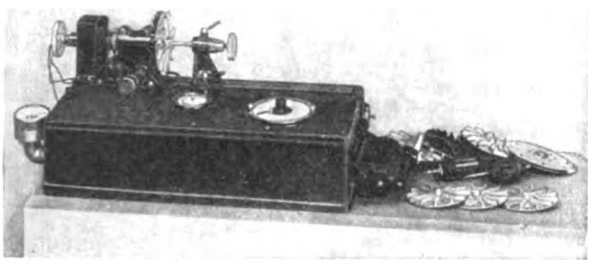


Abb. 2. Auswuchtmaschine für Prüfkörper bis 500 g.

kleine Nachregelung der Stromstärke ist der schwingende Rahmen nunmehr zur völligen Ruhe zu bringen. Dieser Vorgang ist nach kurzer Übung schon in wenigen Sekunden zu erledigen. Hierauf wird die Maschine abgeschaltet. Die Stellung der Bürsten der Unterbrechereinrichtung, durch einen Zeiger markiert, gibt nach Übereinanderstellen mit einem zweiten mit dem Prüfkörper rotierenden Zeiger sofort die Ebene des Wuchtfehlers an, derart, daß z. B. nach Übereinanderstellen der Zeiger die Ebene des Wuchtfehlers senkrecht durch die Achse des Prüfkörpers verläuft. Die Stellung des Schiebewiderstandes zeigt nach vorhergehender Eichung unmittelbar die Größe des Wuchtfehlers in Gramm an.

Einige Auswuchtapparate.

Aus einer Anzahl von Sonderkonstruktionen für die verschiedensten Zwecke sollen im folgenden einige Beispiele näher beschrieben werden. Hierbei wird sich Gelegenheit finden, auch auf das Auswuchtverfahren, das jeweils am vorteilhaftesten Verwendung findet, näher einzugehen. Abb. 2 zeigt einen Apparat zur Auswuchtung kleiner flacher Körper, wie Ventilatoren, Flügelräder usw. bis zu einem Gesamtgewicht von etwa 500 g. Bei derartigen Körpern ist lediglich mit einem statischen Fehler, also mit einer Verschiebung des Schwerpunktes aus der Rotationsachse zu rechnen, während ein dynamisches Kräftepaar nicht auftreten kann. Der Prüfkörper wird auf einen Dorn gesteckt und die Maschine hierauf durch einen Drehschalter angelassen. Die Maschine schwingt nach einmaliger Einregelung der Drehzahl an einem rechts sichtbaren Widerstand sofort in der kritischen Drehzahl. Der Rahmen des Maschinchens hat eine Schwingfähigkeit um die Längsachse und schwingt also bei Vorhandensein eines Wuchtfehlers von vorn nach hinten, senkrecht zur Papierebene. Die sich zeigenden Schwingungen werden an einer Meßuhr im Deckel des Gehäuses bequem sichtbar beobachtet. Links ist das Handrädchen zur Verstellung der Phase, rechts im Deckel der Knopf zur Verstellung der Stärke der Stromimpulse. Die Bedienung ist außerordentlich einfach und ähnelt etwa der Einstellung eines Radioapparates. Nach Kompensierung der Schwingungen wird die Maschine stillgesetzt und die oben erwähnten Zeiger, die links in dem Gehäuse angebracht sind, werden übereinander gestellt. Dann liegt der Wuchtfehler bei dieser Maschine in einer horizontalen Ebene durch die Achse des Prüfkörpers gegen den Beschauer. Hier ist also das entsprechende Übergewicht abzunehmen. Die Größe des wegzunehmenden Fehlers wird an einer Skala unmittelbar abgelesen. Im praktischen Betrieb wird die Lage des Fehlers durch Kreide markiert und die Zahl der wegzunehmenden Gramm angeschrieben, worauf die Beseitigung des Fehlers in einem besonderen Arbeitsgang erfolgt. Um die Leistungsfähigkeit der Maschine beurteilen zu können, seien einige Zahlenwerte für die Auswuchtung der in Abb. 2 sichtbaren Flügelräder angegeben. Das Aufstecken des Rädchens auf den Dorn erfordert etwa 5 s, das Einschalten und Einlaufen in die kritische Drehzahl bei den sehr kleinen bewegten Massen nimmt etwa ebenfalls 5 s in Anspruch. Die Einstellung des Wuchtkopfes auf etwa $^1/_{10}$ g Genauigkeit erfolgt in 5 ... 10 s, Abschalten und Stillsetzen in 3 s. Für die Markierung der Wuchtfehlerebene und die Anschreibung der Größe des Wuchtfehlers in Gramm sind etwa 10 s zu rechnen, so daß eine Auswuchtzeit von etwa einer halben Minute, entsprechend einer stündlichen Leistungsfähigkeit von rd. 100 ... 120 Stück sich ergibt. Der Wuchtvorgang ist hierbei völlig mechanisch und verlangt weder Überlegung noch Rechnung. Über die hierbei erzielte Genauigkeit wird im nächsten Abschnitt im Zusammenhang berichtet.

Bei langgestreckten Körpern kann außer einer statischen Unbalance bekanntlich noch ein dynamisches Kräftepaar auftreten, das die Achse des Prüfkörpers zu kippen versucht. Dieser dynamische Fehler wird bei Massenwuchtungen kleiner Körper, deren Umlagerung ohne Schwierigkeit zu bewerkstelligen ist, am besten auf einer zweiten Maschine bestimmt[2]. Durch diese Trennung des Wuchtvorganges in zwei Arbeitsgänge wird eine Reihe von Vorzügen erzielt. Zunächst fällt jede Verstellung der Auswuchtmaschinen fort, nachdem sie einmal für den betreffenden Prüfkörper hergerichtet sind. Dann hat die getrennte Bestimmung des statischen und dynamischen Fehlers den Vorteil einer schärferen Fabrikationskontrolle. Letzten Endes wird die Auswuchtung nicht als Selbstzweck betrieben, sondern sie soll Hinweise auf die möglichen Fehlerquellen und deren Abstellung bereits im Fabrikationsprozeß liefern. Die getrennte Bestimmung der Fehler zeigt in dieser Hinsicht wesentlich schärfer die etwaigen Ursachen auf als etwa ein Auswuchtprozeß, bei dem die Auswirkungen beider Fehler gleichzeitig beobachtet werden. Von Vorteil ist die getrennte Bestimmung der Fehler besonders auch dort, wo mit einer elastischen Deformation des Prüfkörpers bei der Rotation zu rechnen ist. Die genaue Untersuchung des Prüfkörpers hinsichtlich der vorhandenen wahren Fehler infolge ungleicher Massenverteilung und deren scharfe Trennung von Fehlern, die durch Verschiebungen des Schwerpunktes bei der Rotation verursacht sind, wird hierdurch ermöglicht. Es kann jedoch hier nicht näher auf diese Verhältnisse eingegangen werden.

In Abb. 3 sind zwei Maschinen zur getrennten Bestimmung des statischen und dynamischen Fehlers für ein Prüfkörpergewicht bis zu etwa 10 kg dargestellt. Beide Maschinen sind wiederum mit dem elektrischen Wuchtkopf ausgerüstet. Der Prüfkörper wird zunächst auf der stati-

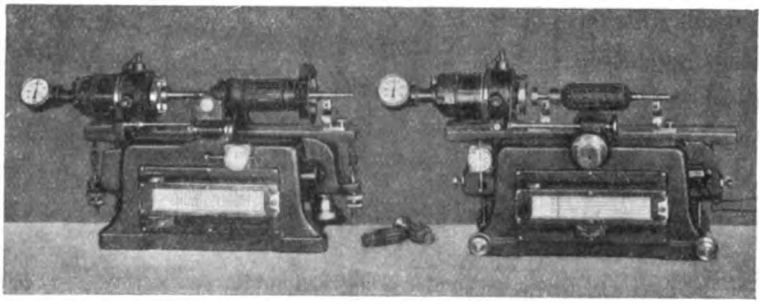


Abb. 3. Auswuchtanlage für Prüfkörper bis 10 kg; links Maschine für dynamischen, rechts für statischen Ausgleich.

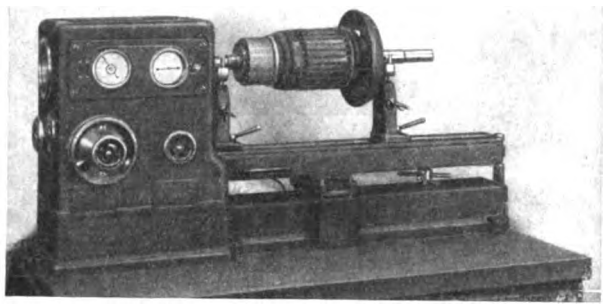
schen Maschine (rechts), die in ähnlicher Weise wie in Abb. 2 senkrecht zum Beschauer hin- und herschwingt, statisch ausgewuchtet. Hierauf wird der Prüfkörper auf der dynamischen Maschine, die um eine Achse senkrecht zur Achse des Prüfkörpers schwingt, dynamisch zur Beseitigung des etwa vorhandenen Kräftepaares nachgewuchtet. Im übrigen sind Arbeitsweise und Bestimmung der Fehler die gleichen wie bei der Maschine in Abb. 2, so daß darauf nicht näher eingegangen zu werden braucht.

In Abb. 4 und 5 sind etwas größere Maschinen zur Beseitigung dynamischer Fehler in Prüfkörpern bis zu einem Gewicht von 20 kg dargestellt. Diese Maschinen verlangen eine statische Vorwuchtung, die etwa gemäß der Anlage Abb. 3 mit Hilfe einer rotierenden Maschine oder aber auf einer statischen Schwerpunktwaage erfolgen kann. In

[2] Die getrennte Bestimmung des statischen und dynamischen Fehlers ist besonders von der Firma Krupp entwickelt worden. Lizenznehmer für die Kruppschen Wuchtmaschinenpatente ist das Losenhausenwerk Düsseldorf. — Vgl. z. B. H. Hort, ETZ 1925, S. 1073, und Jahrb. Schiffbautechn. Ges. 1926, S. 158.

Digitized by Google

manchen Fällen kann jedoch auch eine einzelne dynamische Maschine zur völligen Auswuchtung vorgesehen werden, wobei der Prüfkörper nach dem ersten Wuchtgang herumgedreht und ein zweiter Wuchtgang angeschlossen wird. Es wird also auf die getrennte Beseitigung des statischen und dynamischen Fehlers verzichtet und die allgemeine Unbalance in bezug auf zwei Körperschnittebenen bestimmt. Hierbei ist es vorteilhaft, das Ausgleichgewicht des ersten Wuchtganges in die Körperschnittebene zu bringen, die beim Herumdrehen des Körpers in die Schwingachse fällt. Für dieses Auswuchtverfahren hat die Firma Losenhausen eine Lizenz von der Firma Schenck, Darmstadt, erworben.



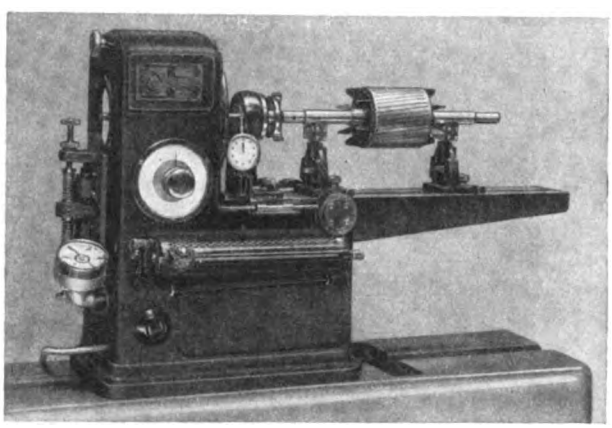


Abb. 4 u. 5. Auswuchtmaschinen für Prüfkörper bis 20 kg.

Über größere Typen von Auswuchtmaschinen bis zu Prüfkörpergewichten von 2 t soll an anderer Stelle berichtet werden.

Eichung.

Sollen die beschriebenen Maschinen wie jede andere Werkzeugmaschine in die laufende Fabrikation eines bestimmten Modells eingereiht werden, so werden sie für die betreffende Type eingestellt und geeicht. Zunächst wird durch Einlegung passender Federn dem Prüfkörper eine bestimmte Schwingungszahl erteilt, die dann ein für allemal festliegt. Nehmen wir an, daß diese kritische Drehzahl zu 800 U/min gewählt werde. Ferner wird am besten von vornherein festgelegt, an welchen Stellen die Anbringung von Gewichten oder das Wegbringen von Gewichten erfolgen soll, worauf bereits beim Entwurf durch entsprechende Ausbildung des Prüfkörpers in manchen Fällen Rücksicht genommen werden kann. Nehmen wir z. B. an, daß die Maschine nach Abb. 4 zur Bestimmung des Kräftepaares geeicht werden soll. Der Prüfkörper lasse eine Beseitigung von Übergewichten am Radius von r [cm] zu, wobei der Abstand der beiden Ausgleichgewichte in Richtung der Längsachse l [cm] betrage. Zwecks Eichung werden nunmehr Einzelgewichte von etwa 1, 2, 5 und 10 g an einer Stelle mit dem Abstand L [cm] von der Schwingachse der Maschine angebracht und nach Ingangsetzen der Maschine die sich zeigenden Ausschläge durch Verstellung des elektrischen Wuchtkopfes kompensiert. Die jeweilige Stellung der Skala am Schiebewiderstand wird eingezeichnet. Um aus den wenigen Eichwerten eine vollständige Skala zu bekommen, werden die Meßpunkte in Form einer Kurve aufgetragen, die den Ausschlag des Skalenzeigers als Funktion des Drehmomentes $G\,L$ zeigt. Aus dieser Kurve können genaue Skalen ohne weiteres entnommen werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß das Drehmoment eines Kräftepaares proportional $M\,l\,r$ ist, so daß aus der Gleichung

$$M\,l\,r = G\,L\,r$$
$$M = G\,\frac{L}{l}$$

der jeweilige Wert des auf beiden Seiten des Prüfkörpers vorhandenen Übergewichts zu bestimmen ist. In ähnlicher Weise erfolgt die Eichung der statischen Maschine.

Empfindlichkeit.

Über die Empfindlichkeit einer derartigen Einrichtung sollen einige prinzipielle Bemerkungen angeschlossen werden. Hierbei ist scharf zu unterscheiden zwischen der Empfindlichkeit der Anzeige der Maschine als solcher und der Empfindlichkeit des elektrischen Wuchtkopfes. Die elektrische Auswuchtvorrichtung kann natürlich infolge der Möglichkeit der überaus feinfühligen Einstellung der elektromagnetischen Kräfte durch stufenlose Widerstandsregelung mit jeder gewünschten Genauigkeit und Empfindlichkeit ausgestattet werden. Die reichen Hilfsmittel der Elektrotechnik stehen in dieser Hinsicht zur Verfügung. Es hat sich gezeigt, daß für die Praxis gewöhnliche Schiebewiderstände vollauf genügen. Durch entsprechende Bemessung dieser Widerstände wird eine stärkere Erwärmung vermieden, so daß ein etwaiger Fehler infolge Änderung des Widerstandes durch Erwärmung zu vernachlässigen ist. Auch die Unterbrechereinrichtung arbeitet bei den verhältnismäßig langsamen Unterbrecherzahlen einwandfrei. Ihr genaues Arbeiten kann z. B. dadurch geprüft werden, daß die Maschine einen Probelauf bei kompensiertem Ausschlag ausführt. Eine Unregelmäßigkeit in der Arbeit des Unterbrechers würde sich in diesem Fall durch Auftreten von Schwingungen zeigen müssen. Dies ist jedoch nicht der Fall. Darüber hinaus wäre das einmalige Ausbleiben eines Kontaktes von ganz untergeordneter Bedeutung, da infolge der Trägheit des schwingenden Teils eine sofortige Auswirkung ausgeschlossen ist. Es ist also möglich, mit verhältnismäßig einfachen Mitteln eine sehr genaue und äußerst bequem zu bedienende Auswuchteinrichtung bei jeder Maschine vorzusehen.

Während die Genauigkeit der elektrischen Auswuchtvorrichtung jeder Anforderung zu genügen vermag, verdienen die Verhältnisse der eigentlichen Maschine eine besondere Beachtung. Um es gleich vorauszuschicken, ist die Empfindlichkeit derartiger Maschinen weit über die praktischen Anforderungen hinaus zu steigern, anderseits ist es jedoch völlig unwirtschaftlich, mit einer übertriebenen Genauigkeit arbeiten zu wollen. Es hat keinen Zweck, einen Fehler auf der Maschine bis $^1/_{10}$ g zu bestimmen, während die Beseitigung des Fehlers vielleicht ohne besondere Kontrollen nur auf ½ g möglich ist und dies für eine praktische Auswuchtung völlig genügt. Die Verhältnisse ähneln etwa denen einer Waage, deren Handhabung bei empfindlicher Einstellung entsprechend umständlicher wird und bei der praktisch auch nur bis auf einen den jeweiligen Verhältnissen angepaßten Rest ausgewogen wird.

Ein mechanisches Schwingungssystem, wie es von einer Auswuchtmaschine dargestellt wird, wird theoretisch bei Abwesenheit von dämpfenden Einflüssen durch einen kleinen Wuchtfehler zu einer unendlich großen Schwingungsamplitude aufgeschaukelt. Anderseits ist die Zeit, die zur Erreichung des Endausschlages benötigt wird, ebenfalls unendlich groß. In der Praxis bewirken unvermeidliche Dämpfungseinflüsse eine Mindestdämpfung von etwa 0,05 (logarithmisches Dekrement der Dämpfung). Die maximal zu erreichende Vergrößerung der Wuchtfehlerwirkung durch die Aufschaukelung des Resonanzsystems berechnet sich hierfür zu 64, während anderseits das Schwingungssystem sich bis auf 90 % des endgültigen Ausschlages erst nach 64 Schwingungszyklen aufgeschaukelt hat. Die große Empfindlichkeit der Maschine wird also nur durch eine langsame Einstellung des Endausschlages erkauft, so daß sich beim schnellen Auslauf des Prüfkörpers der zu messende Ausschlag gar nicht einstellen kann oder aber wie im vorliegenden Fall bei der Kompensation des Wuchtfehlers durch irgendwelche Einrichtungen beim Lauf in der kritischen Drehzahl sich ein verhältnismäßig träges Folgen des Schwingungssystems ergibt.

Für den Konstrukteur handelt es sich deshalb darum, ein günstiges Kompromiß zwischen Empfindlichkeit und Einstelldauer zu schaffen, u. zw. durch Wahl einer geeigneten Dämpfung des schwingenden Systems, eventuell durch künstliche Mittel. Eine Dämpfung von 0,25 ... 0,3 ergibt eine für die Praxis noch bei weitem ausreichende Empfindlichkeit, während die Einstelldauer des Systems derart abgekürzt wird, daß das System beinahe augen-

Digitized by Google

blicklich der elektrischen Kompensationseinrichtung folgt. Dies kommt in einer Einstelldauer auf Null durch Kompensation von wenigen Sekunden zum Ausdruck. Ferner ist die Einstellung der kritischen Umlaufzahl, die bei sehr kleinen Dämpfungen sehr genau bestimmt und aufrechterhalten werden muß, ohne Schwierigkeiten durchführbar.

Mit der beschriebenen elektrischen Auswuchtvorrichtung ist die Lage der Fehlerebene überraschend genau einzustellen. Im normalen Auswuchtprozeß ist diese mit einer Genauigkeit von ± 3 ° einzustellen. Bei sehr kleinen Wuchtfehlern wird die Sicherheit der Einstellung sinngemäß etwas ungenauer, doch für praktische Zwecke noch völlig ausreichend. Die Bestimmung des Wuchtfehlers seiner absoluten Größe nach gelingt in einmaligem Wuchtgang auf etwa ± 6 % genau, so daß in einmaligem Wuchtgang der Fehler praktisch vollkommen beseitigt werden kann.

Auswucht-Kontrollplatte.

Zum Schlusse sei noch auf eine Einrichtung hingewiesen, die nicht unmittelbar zum Auswuchten, sondern zur Kontrolle der ausgewuchteten Apparate nach dem Zusammenbau dienen soll. Es besteht häufig der Wunsch, einen Apparat nach dem Zusammenbau auf ordnungsmäßigen Lauf zu kontrollieren. Hierzu dient die Auswucht-Kontrollplatte gemäß Abb. 6. Sie besteht aus einer Platte, auf der der zu kontrollierende Körper fest aufgesetzt und in Betrieb genommen wird. Die Platte zeigt gleichzeitig zwei Schwingmöglichkeiten, eine um eine Längsachse parallel mit der Achse des Körpers und eine um die hierzu senkrechte Achse. Schwingungen in der ersten Richtung zeigen eine unvollkommene Beseitigung des statischen Fehlers, Schwingungen in der zweiten Richtung eine solche des dynamischen Fehlers an. Damit ist die Möglichkeit gegeben, eine nur kurze Zeit in Anspruch nehmende Revision in Betriebsdrehzahl vor dem endgültigen Versand einzuschalten, wobei Apparate, deren Schwingungen ein bestimmtes zulässiges Maß überschreiten, ausgeschieden werden können. Dadurch ist eine letzte Prüfung und damit die Gewähr gegeben, nur einwandfreie Prüflinge zum Versand zu bringen.

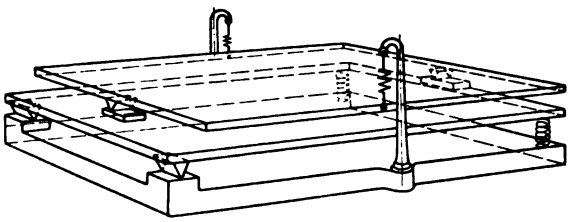


Abb. 6. Auswucht-Kontrollplatte.

Derartige Einrichtungen, die dahin ergänzt werden können, daß sie Kräfte und Momente in drei zueinander senkrechten Richtungen anzuzeigen imstande sind, ermöglichen die genaue Untersuchung aller Massenkräfte, die in irgendwelchen laufenden Maschinen auftreten. Sie können Verwendung finden z. B. bei der Untersuchung von Explosionsmotoren, schlagenden Werkzeugen, Sägegattern, Flugzeugen, Lokomotiven, um nur einige Beispiele zu nennen.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Nebelprüfung von Hochspannungsisolatoren. — Nach den VDE-Vorschriften[1] sind alle Freiluftisolatoren zur Ermittlung ihres elektrischen Sicherheitsgrades einer genau geregelten Prüfung unter künstlichem Regen von 3 mm/min Niederschlaghöhe zu unterziehen. Daneben ist es aber vielfach erwünscht, z. B. bei der Prüfung neuer

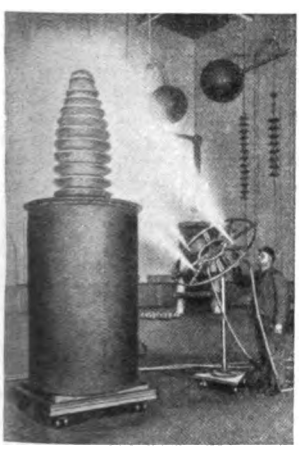


Abb. 1

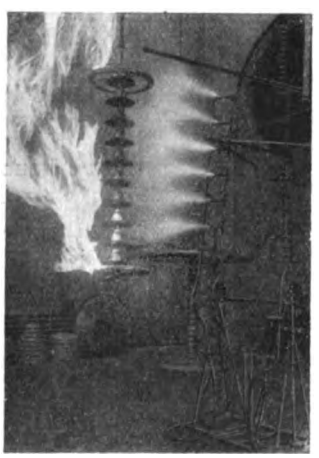


Abb. 2.

Fahrbare Nebelständer zur Isolatorenprüfung.

Typen, das Verhalten der Isolatoren auch unter der Einwirkung von Nebel zu untersuchen, da ja hierbei Teile benetzt werden, die bei der Regenprüfung durch die Schirme geschützt sind. Weiter kommt eine Prüfung unter künstlichem Nebel bei der Untersuchung der Rückwirkung von Staubniederschlägen in Frage, da vielfach derartige Niederschläge in trockenem Zustande nur eine geringe Herabsetzung der Überschlagspannung bewirken, während sie in feuchtem Zustande in hohem Maße leitend sind. Bei der Regenprüfung besteht im vorstehenden Falle die Gefahr, daß die Niederschläge noch vor der Beendigung der Versuche abgespült werden.

Die Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. hat daher ihre elektrischen Versuchsfelder außer mit fest eingebauten Nebeleinrichtungen[1] bereits seit längerer Zeit mit fahrbaren Nebelständern ausgerüstet. Bei diesen Ständern sind die Streudüsen, in denen Wasser beliebiger Leitfähigkeit durch Druckluft in nebelfeinen Tau zerstäubt wird, entweder auf einem Rohrkranz (Abb. 1) oder, wie dies für die Benebelung großer Ketten zweckmäßig ist, auf einem langgestreckten Träger aus Gasrohr angeordnet (Abb. 2). Da diese die Streudüsen tragenden Vorrichtungen auf dem Kopf der in der Höhe verstellbaren Ständer drehbar gelagert sind, lassen sich die Nebelstrahlen in jeder gewünschten Richtung einstellen und auch sehr große Ketten und Durchführungen in ihrer ganzen Länge der Einwirkung des Nebels aussetzen. *fi*

[1] Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an (Sonderdruck VDE 419).

Leitungen.

Zur Erdung langer, mit Petersenspulen kompensierter Leitungen. — T. Ohtsuki entwickelt unter Benutzung der Gleichungen für lange Leitungen die Abstimmungsbedingungen für die Kompensation durch Petersen-Erdschlußspulen, diskutiert das erhaltene Ergebnis nach verschiedenen Seiten und stellt Vergleiche mit den anderen üblichen Systemen der Behandlung der Neutralen an.

Die günstigsten Verhältnisse in bezug auf Strom- und Spannungsverlauf längs der Leitung erzielt man durch Anschluß je einer Spule an beiden Leitungsenden. Eine stetige Verteilung der Spulen über die ganze Länge der Leitung bringt eine weitere, aber so unwesentliche Verbesserung, daß diese Komplikation praktisch nicht in Frage kommt. Der Einfluß der Transformatorreaktanzen wächst mit steigender Leitungslänge, die Gleichungen zu ihrer Berücksichtigung werden angegeben. Desgleichen wird der Einfluß der Erdung über irgendeine Impedanz rechnerisch festgelegt. An einem sehr ausführlich durchgerechneten Beispiel einer einphasigen 100 kV-Leitung von bis zu 8000 km Länge werden Vergleiche zwischen den verschiedenen Verfahren zur Behandlung der Neutralen gezogen, u. zw. werden berücksichtigt

1. isolierter Nulleiter,
2. Erdung über Ohmschen Widerstand,

[1] Vgl. ETZ 1924, S. 179; 1927, S. 512; 1928, S. 331.

Digitized by Google

3. Erdung über Petersen-Erdschlußspule,
4. feste Erdung der Neutralen.

Es wird zahlenmäßig nachgewiesen, daß der Anschluß von 2 Erdschlußspulen an Anfang und Ende der Leitung in bezug auf Spannungserhöhungen den beiden ersten Methoden überlegen ist. Die feste Erdung der Neutralen ist zwar frei von Spannungserhöhungen, dafür treten entsprechende Erscheinungen im Verlauf des Erdschlußstromes (Kurzschluß) auf. Gleichzeitig ist die Tatsache, daß bei 1. und 2. dieselben Spannungserhöhungen auftreten wie bei 3, ein Beweis dafür, daß die Eigenschaften der Leitung und nicht das Vorhandensein von Erdschlußspulen für diese Spannungserhöhungen verantwortlich zu machen sind. Die praktische Grenze für die noch durch eine bzw. zwei (an beiden Enden) Spulen zu kompensierende Leitungslänge wird formelmäßig festgelegt und beträgt für praktische Leitungen rd. 500 km. Von dieser Länge an kommt Unterteilung in Frage, am besten in Verbindung mit Synchronmaschinen zur Konstanthaltung der Spannung, die ebenfalls in Abständen von max. 500 km anzuordnen sind.

Die Abstimmungsbedingungen werden dann noch für das Dreiphasensystem aufgestellt und auch hier ein Beispiel mit ähnlichen Eigenschaften wie die Einphasenleitung durchgerechnet. Die Ergebnisse decken sich mit den obigen. Ferner wird der Einfluß dreifacher Oberwellen in der Spannung behandelt und der Nachweis erbracht, daß von allen Erdungssystemen des Nullpunktes die Erdung über Erdschlußspulen die günstigsten Verhältnisse ergibt. Durch ihre Drosseleigenschaft unterdrücken die Spulen die durch die Eigenschaften der Leitungen hervorgerufenen Resonanzerscheinungen besonders wirksam. Die Frage des Anschlusses weiterer Netzteile an eine kompensierte Strecke wird dahin beantwortet, daß die Kompensation unbedingt auf diese Teile ausgedehnt werden muß. Die ganzen Betrachtungen sind angestellt unter Annahme einer konstanten Induktivität. Die Eisensättigung ist also nicht berücksichtigt. (T. Ohtsuki, Select. Pap., J. Inst. El. Engs. Japan, Nr. 14.) *C. S. A.*

Apparate.

Flußverteilung in Wechselstrommagneten mit Kurzschlußringen. — Im Gegensatz zu Gleichstrommagneten machen Wechselstrommagnete beim Entwurf erhebliche Schwierigkeiten, da beim Nulldurchgang des Flusses die Zugkraft ebenfalls zu Null wird, der Anker unter dem Einfluß der Gegenkraft sich zu bewegen beginnt und erst bei Neuanstieg des Flusses wieder angezogen wird. Das sich ergebende Wechselspiel erzeugt das als Brummen der Magnete bekannte Geräusch. Zur Abhilfe werden Kurzschlußringe verwendet, die einen Teil der Polfläche umschließen und den diesen Flächenteil durchsetzenden Fluß in der Phase gegen den Hauptfluß verschieben, so daß die Nulldurchgänge der beiden Flüsse zu verschiedenen Zeiten erfolgen und ein völliges Verschwinden der Gesamtzugkraft nie eintritt.

Ein Meßverfahren zur Untersuchung der physikalischen Verhältnisse der Flußverteilung gibt N. Andersen an. Um den gesamten Eisenquerschnitt, den vom Kurzschlußring umschlossenen Eisenquerschnitt und um den freien Eisenquerschnitt sind Prüfspulen gleicher Windungszahl gelegt und die in ihnen induzierten Spannungen oszillographiert worden. Aus den aufgenommenen Spannungskurven wurden mit Hilfe analytischer und graphischer Methoden die Integralkurven gezeichnet, die, da $E = s \frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t}$ und somit $N = \frac{1}{s}\int E\,\mathrm{d}t$ ist, den zeitlichen Verlauf des Flusses darstellen. Aus den so ermittelten Zeitlinien der Teilflüsse sind mit Hilfe der Gleichung

$$P = \frac{1}{8\pi} Q B^2$$

die Zugkräfte errechnet und so der zeitliche Verlauf der beiden Teilkräfte gefunden worden.

Die Gestalt der Fluß- und Zugkraftkurven, die Verschiebung der Teilflüsse gegeneinander und die kleinste auf den Anker ausgeübte Gesamtzugkraft können aus diesen Bildern entnommen werden. Der Verfasser hat das Verfahren angewandt, um die Beeinflussung der Wirksamkeit von Kurzschlußringen durch die Frequenz des Flusses und den Widerstand des Ringes wenigstens durch einige Versuche festzustellen, wobei die Dichte des Gesamtflusses und das Verhältnis der umschlossenen zur freien Fläche, das vorher zu 2 : 1 bestimmt worden war, ungeändert blieben. Die Ergebnisse sind in folgender Zahlentafel zusammengestellt:

Spannung V	Frequenz Hz	Material des Kurzschlußringes	Phasenverschiebung Grad	größter Zug der umschlossenen Fläche lbs.*	größter Zug der freien Fläche lbs.*	Verhältnis der größten Zugkräfte zueinander	kleinster Gesamtzug lbs.*
67	25	Eisen	51	145	240	1,65	77
160	60	Eisen	54	105	250	2,38	55
360	133	Eisen	55	55	215	3,80	40
67	25	Messing	64	120	355	2,95	95
160	60	Messing	63	75	340	4,05	65

* 1 lb. = 0,454 kg.

Die bei Verwendung von Kurzschlußringen erstrebte Wirkung eines zeitlich möglichst wenig veränderlichen Halteflusses würde erfordern, daß die beiden Teilflüsse gleich groß und zeitlich um 90° gegeneinander verschoben wären. Folglich wird die Beeinflussung der Phasenlage und des Verhältnisses der Flußamplituden zueinander getrennt betrachtet, wobei freilich der Verfasser als Phasenverschiebung den Abstand der Nulldurchgänge und als Amplituden den Scheitelwert der stark verzerrten Feldkurven bezeichnet. Es ergibt sich (vgl. a. Zahlentafel), daß die angestrebte Verschiebung von 90° durch keinen Kurzschlußring erreicht wurde und daß bei gleichbleibender Anordnung des Ringes die Phasenlage durch die Frequenz des Flusses fast gar nicht und durch erhebliche Widerstandsänderungen (Messing hat den halben Widerstand wie Eisen) nur wenig beeinflußt wird. Die geforderte Gleichheit der Scheitelwerte der Zugkraftkurven wird ebenfalls nicht erreicht. Das Verhältnis wird stark beeinflußt durch Widerstand und Frequenz, u. zw. wird bei abnehmendem Widerstand und wachsender Frequenz die Zugkraft des umschlossenen Teiles kleiner, d. h. die ausgleichende Wirkung immer geringer.

Die verhältnismäßig engen Grenzen, die der Aufsatz sich hinsichtlich der experimentellen Untersuchung setzt (es wird nur die Zugkraft und nicht auch die Erwärmung berücksichtigt), lassen darauf schließen, daß die angegebenen Versuchsdaten vorwiegend als Anwendungsbeispiel zu dem zuerst beschriebenen Meßverfahren gedacht sind. Zur Erlangung eines vollständigen Überblicks wären neben den bereits im Aufsatz behandelten Abhängigkeiten noch der Einfluß der Anordnung des Kurzschlußringes auf die mit dem im Kurzschlußring fließenden Strom verkettete Streuinduktivität, der Einfluß des Luftspaltes am Anker auf die Ausbildung des verschobenen Flusses, der Einfluß der Gesamtsättigung und endlich auch die Beeinflussung der Erwärmung der Magnetsysteme durch den Kurzschlußring zu untersuchen. Bei der Durchführung einer derartigen Untersuchung erscheint das geschilderte Verfahren wegen der Einfachheit seiner Anwendung und der durchsichtigen Darstellung der das Arbeiten bedingenden physikalischen Verhältnisse als ein wertvolles Hilfsmittel. (N. Andersen, The Electric Journ. Bd. 26, S. 82.) *Bd.*

Beleuchtung.

Untersuchung über die Lichtverteilung von Beleuchtungskörpern. — Die Eigenschaften von Beleuchtungskörpern werden gewöhnlich durch Angabe ihrer Lichtverteilungskurven und ihres Wirkungsgrades beschrieben. Von größtem praktischen Interesse ist aber weiter eine Angabe über die Gleichförmigkeit der Beleuchtung, welche die Beleuchtungskörper bei bestimmten Aufhängehöhen und Abständen zu geben vermögen. Da die übliche Definition des Gleichförmigkeitsgrades als des Verhältnisses zwischen dem größten und kleinsten Wert der Beleuchtungstärke nichts über den tatsächlichen Verlauf der Beleuchtungstärke aussagen kann, gibt Wetzel zunächst eine neue Definition des Gleichförmigkeitsgrades. Besitzen die einzelnen Oberflächenelemente ΔS_1, ΔS_2 ... einer beleuchteten Fläche die Beleuchtungsstärken E_1, E_2 ..., so errechnet sich die mittlere Beleuchtungsstärke E_m zu $\frac{\sum E \Delta S}{\sum \Delta S}$. Es werden nun die Abweichungen der einzelnen Beleuchtungstärken E_1, E_2 ... von diesem Mittel E_m gebildet, diese Differenzen mit den zugehörigen Oberflächenelementen ΔS multipliziert, die halbe Summe der absoluten Werte gebildet und durch die gesamte Oberfläche $\sum \Delta S$ dividiert: $\frac{\sum (E - E_m)\Delta S}{2 \sum \Delta S}$. Wird diese „mittlere Abweichung der Beleuchtungstärken" durch die mittlere Beleuchtungstärke E_m dividiert und von 1 abgezogen, so ergibt sich ein Maß für die Gleich-

Digitized by Google

förmigkeit der Beleuchtung: $u = 1 - \frac{\sum (E - E_m)\Delta S}{2 E_m \sum \Delta S}$, eine Größe, die zwischen 0 und 1 schwankt. Unter der Annahme, daß die betreffenden Beleuchtungskörper gleichmäßig verteilt sind, läßt sich für bestimmte Aufhängehöhen und Abstände der eben definierte Gleichförmigkeitsgrad ermitteln. Dieser ist dann nur von dem Verhältnis von Aufhängehöhe zum Abstand abhängig. Für verschiedene Typen von Beleuchtungskörpern für Innen- und Außenbeleuchtung wird die Abhängigkeit des Gleichförmigkeitsgrades von dem Verhältnis Abstand zu Aufhängehöhe graphisch dargestellt. Solche Kurven geben ein anschauliches Bild von der Beleuchtungsverteilung unter den verschiedenen Aufhängebedingungen und lassen z. B. leicht für einen bestimmten Gleichförmigkeitsgrad und Aufhängehöhe den zugehörigen Abstand der einzelnen Beleuchtungskörper entnehmen oder auch die für einen vorliegenden Fall günstigsten Beleuchtungskörper auswählen. Man könnte die verschiedenen Typen der Gleichförmigkeitskurven auch zu einer Klassifikation der Beleuchtungskörper heranziehen. (J. Wetzel, Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 975.) *Schb.*

Über den Wirkungsgrad von Scheinwerfern. — A. Dargenton leitet unter Annahme kugelförmiger Leuchtkörper Formeln zur Berechnung derjenigen Öffnungswinkel von Scheinwerfern und Linsen ab, bei denen die höchste Lichtstärke in der optischen Achse erzielt wird. Er bestätigt zunächst das Ergebnis von Fresnel, der für die wirksamste Öffnung eines Parabolspiegels folgende Werte erhalten hatte:

Bei Vorgabe einer bestimmten Größe der Spiegeloberfläche

$$\varphi_{opt} = 108°,$$

bei Vorgabe eines bestimmten Spiegeldurchmessers

$$\varphi_{opt} = 126{,}5°,$$

wobei φ den Winkel zwischen der Achse und dem Strahl vom Brennpunkt zum Spiegelrand darstellt. Verfasser berechnet dann auf ähnlichem Wege den günstigsten Öffnungswinkel von Fresnel-Ringlinsen gegebener Größe und erhält $\varphi_{opt} = 63°$. Die günstigsten Winkel für Linsen und Scheinwerfer gegebener Größe ergänzen sich fast zu 180°. Als günstigster Öffnungswinkel von Fresnel-Gürtellinsen ergibt sich 45°. (A. Dargenton, Rev. d'Optique théor. et instrum. Bd. 7, S. 109.) *F. Bn.*

Heizung. Öfen.

Vergleichsgrundlagen für den Elektrizitäts- und Gasverbrauch im Haushalt. — Als erweiterten Sonderdruck aus der Elektrizitätswirtsch. 1929, Nr. 480 und 486 hat die VdEW einen Aufsatz von Dr.-Ing. H. F. Mueller und Dipl.-Ing. Fr. Mörtzsch: „Vergleichsgrundlagen für den Elektrizitäts- und Gasverbrauch im Haushalt" herausgegeben. Die Verfasser bauen ihre Schlußfolgerungen hauptsächlich auf schweizerischen Angaben, besonders denen von Härry, auf, und unterstützen sie durch Untersuchungen, welche Mörtzsch auf Grund des der VdEW zur Verfügung stehenden Materials angestellt hat; nähere Angaben über letzteres werden indes nicht gemacht, sondern es wird nur erwähnt, daß es einer großen Anzahl von Haushaltungen in den Versorgungsgebieten der Elektrizitätswerke Falkenberg, Schweinfurt, Schwandorf, Altwürttemberg, des Ostpreußenwerks und anderer entstamme. Was der Arbeit ihre anzuerkennende Bedeutung gibt, sind aber nicht die von den Verfassern festgestellten Zahlenwerte, sondern die klare und überzeugende Darlegung, daß die Aufstellung von vollkommen einwandfreien Verhältniszahlen für Deutschland auf Grund der bisher hier vorgenommenen Messungen und durchgeführten Versuche noch nicht möglich ist, daß solchen Verhältniszahlen und überhaupt der Frage nach den reinen Energiekosten für die Einführung des elektrischen Kochens aber auch keine entscheidende Rolle zukommt; das elektrische Kochen werde sich vielmehr unaufhaltsam durchsetzen, wie die Petroleumlampe durch das elektrische Licht schon verdrängt worden sei zu einer Zeit, als die größere Billigkeit der elektrischen Beleuchtung sich noch keineswegs rechnerisch nachweisen ließ. Sollten die in der Arbeit errechneten Verhältniszahlen sich tatsächlich als etwas zu günstig für das elektrische Kochen erweisen, so könnte dieses den Siegeszug der Elektrowärme höchstens etwas verzögern, ihn aber nicht zum Stillstand bringen; „denn nicht immer ist ja diejenige Betriebsart die zweckmäßigste, die scheinbar die niedrigsten Kosten verursacht. Vor allem im Haushalt wird derjenigen Energieform die Zukunft gehören, die den gesunden Forderungen des Menschen nach Bequemlichkeit, Arbeitsersparnis, Sauberkeit und Hygiene mit den einfachsten und geeignetsten Mitteln nachkommt."

Trotz dieser Einschränkung über den absoluten Wert der von den Verfassern festgestellten Zahlen kann man aus ihnen doch manche wichtigen Schlüsse ziehen. So geht aus den mitgeteilten Versuchsergebnissen hervor, daß der mittlere Kochverbrauch je Tag und Kopf mit wachsender Personenzahl der Familie stark abfällt; denn er ergab sich bei Familien von

2	3	4	5	6	Personen
zu durchschnitlich					
1,20	1,00	0,85	0,76	0,68	kWh.

Diese Zahlen gelten für Kochplattenherde und ohne Heißwasserspeicher. In Familien, welche Sparkochgeräte verwendeten, sanken die Werte auf 0,69, 0,57, 0,50, 0,48, 0,46 herab. Ist auch heute die Verwendung von Sparkochgeräten noch nicht Allgemeingut geworden, so zeigen diese Versuchsergebnisse doch die zukünftige Entwicklungslinie der Rationalisierung des Kochprozesses mit Hilfe hierfür besonders geeigneter elektrischer Geräte. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß der Stromersparnis bei Sparkochgeräten bisher wenigstens eine etwas größere Unbequemlichkeit in deren Handhabung gegenübersteht, anderseits aber, daß sich in den Spargeräten das Kochen ohne jede Beaufsichtigung vollzieht. In wohlhabenderen Kreisen wird sich daher der Plattenherd, in minderbemittelten Familien, besonders dort, wo die Hausfrau mit erwerbstätig ist, zunächst das Spargerät einbürgern.

Beim Vergleich von Elektrizität und Gas kommen die Verfasser zu dem Ergebnis, daß unter sachgemäßer Berücksichtigung aller zu beachtenden Umstände, wie Heizwert, Temperatur, Druck des Gases, sich ein Durchschnittsverhältnis von 1 : 2,2 bei Plattenherden und 1 : 2 bei Sparkochern ergibt, d. h. also, daß die Energiekosten bei Gas und Elektrizität auch dann noch die gleichen sind, wenn der Kilowattstundenpreis 50 % oder etwas mehr des Gaspreises beträgt.

Die bisher mitgeteilten Zahlen galten für Küchen, in denen keine Heißwasserspeicher vorhanden sind. Über den Kochstromverbrauch in den Haushaltungen mit Heißwasserspeichern werden Richtzahlen angegeben, die aus Messungen in der Römerstadt bei Frankfurt a. M. und aus dem der VdEW zur Verfügung stehenden Material errechnet sind. Sie gelten für Plattenherde und stellen sich, wiederum als Durchschnittsverbrauch je Kopf und Tag in Familien von 2 bis 5 Personen, auf 1,0, 0,82, 0,73, 0,68.

Für die Heißwasserbereitung selbst mit und ohne Bad sind in der genannten Arbeit folgende Zahlenwerte je Kopf und Tag angegeben:

	2	3	4	5	Personen
ohne Bad nach dem VdEW-Material	0,75	0,6	0,5	0,43	kWh
mit Bad nach Berechnungen					
a aus der Römerstadt	2,25	1,55	1,30	1,08	„
b in Zürich	2,07	1,59	1,30	1,15	„

Die Verfasser heben jedoch ausdrücklich hervor, daß bei der ungemein starken Ungleichheit der Wirtschafts- und Lebensgewohnheiten nicht nur in verschiedenen Gegenden und Bevölkerungsschichten, sondern auch bei gleichgestellten Familien einer engeren Umgebung die genannten Zahlen nicht den Anspruch erheben könnten, als Durchschnittswerte zu gelten, ihnen komme nur als Richtzahlen eine gewisse Bedeutung zu. Aus diesem und anderen Gründen, deren Besprechung hier zu weit führen würde, lehnen die Verfasser die Aufstellung von Verhältniszahlen zwischen elektrisch und mit Gas arbeitenden Heißwasseranlagen ab. Damit entfällt aber auch die Möglichkeit, heute schon einwandfreie Vergleichsgrundlagen für den gesamten Elektrizitäts- und Gasverbrauch im Haushalt zu geben; denn die Heißwasserbereitung hat an dem gesamten Wärmebedarf der Hauswirtschaft einen beträchtlichen Anteil. Thierbach.

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Elektrisierung der Bay-Ridge-Bahn. — Im Jahre 1927 wurde die Elektrisierung der Strecke Port Morris—Bay Ridge beendet und in Betrieb genommen. Dadurch ist es der New York, New Haven & Hartford Railroad möglich, ihre Güterzüge von New Haven, Conn., bis Bay Ridge Yard an der New York Bay, von wo die Fracht über die Bay nach Greenville, N. Y., zur Pennsylvania-Bahn weiter-

Digitized by Google

geleitet wird, elektrisch zu befördern (Abb. 3). Die Long Island Co läßt auf dieser Strecke lokale Güterzüge zwischen Bay Ridge und Fresh Pond verkehren. Ein Teil dieser Strecke wurde bereits 1918 elektrisiert infolge des steigenden Personenverkehrs zwischen Washington und Orten in Pennsylvania; er umfaßt die Strecke bei Port Morris, östlich der Hell Gate Bridge und weiter zwei Strecken von Port Morris über die Hell Gate Bridge durch Bovery Bay Junction nach Sunnyside auf der Pennsylvaniabahn, von wo Verbindung mit New York City durch die Tunnels unter dem East River besteht. Die Strecke Port Morris—Bay Ridge wird mit Einphasenstrom 11 000 V betrieben, wie die New-Haven-Bahn, deren Verlängerung sie ja bildet; ihre Länge beträgt 35 km, die Gleislänge

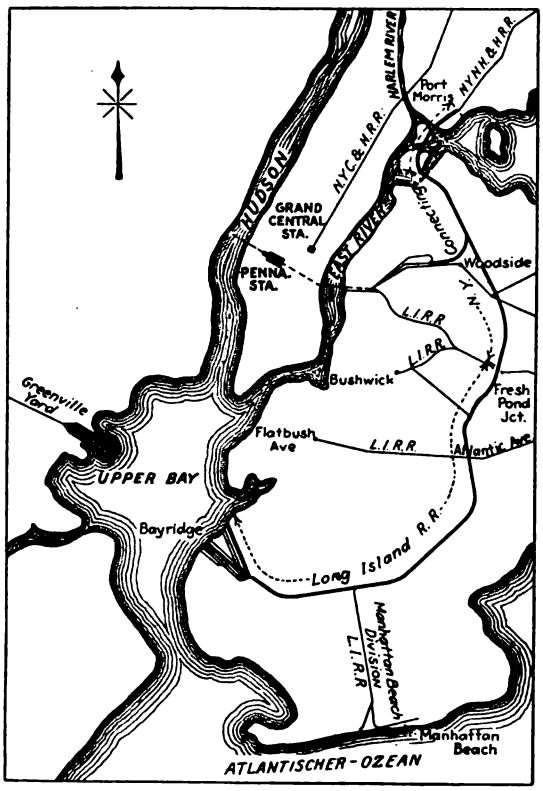


Abb. 3.

jedoch 155 km; die höchste Steigung beträgt 12 ‰. 50 Überführungen und 2 Tunnels sind vorhanden. Die Strecke ist zweigleisig, teilweise viergleisig ausgebaut. Von Bay Ridge bis Oak Point verkehrten vor der Elektrisierung Dampfzüge von max. 1950 t. In Oak Point wurden die Züge auf 3450 t gebracht und mit den elektrischen Doppellokomotiven weiterbefördert. Nunmehr fahren Züge mit 32 Wagen und 1452 t Gewicht mit einer einfachen Lokomotive und mit 64 Wagen und 2900 t Gewicht mit einer Doppellokomotive ohne Aufenthalt in Oak Point von Bay Ridge bis Cedar Hill Yard (New Haven) durch. Es verkehren täglich 8 Züge in östlicher und 8 Züge in westlicher Richtung. Die schwerste Dampflokomotive (J—2) hat ein Gewicht auf den Treibachsen von 98 t und eine Anfahrzugkraft von 23,6 t; die elektrische Güterzuglokomotive von 145 t, bzw. 41,8 t.

Die Linie wird von den Kraftwerken der New-York-New-Haven-Hartford-Bahn gespeist. Die Kraft wird mit 22 000 V zu 6 Freiluftstationen geleitet. Die Fahrleitung ist in Vielfachaufhängung ausgeführt. Die Querketten sind an den eisernen Masten befestigt, die auf betoniertem Untergrund errichtet sind.

Die Long Island Co. hat für ihren Güterverkehr 14 Verschiebelokomotiven von der Achsanordnung 1 C 1. Treibraddurchmesser 1570 mm; totales Gewicht 65,3 t; Höchstzugkraft 20,6 t; drei in Reihe geschaltete Wechselstrommotoren von je 190 PS. (Railway Age Bd. 85. S. 1099.)

Tbr.

Fernmeldetechnik.

Der Bordpeilempfänger im Flugzeug. — M. H. Gloeckner behandelt im Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie den neuen Telefunken-Flugzeug-Bordpeilempfänger. Im ersten Teil wird auf die innere Wirkungsweise des Gerätes eingegangen, im zweiten die Anwendung des Bordpeilers im Zielflug ausführlich beschrieben.

Die günstigen Erfahrungen, die der versuchsweise Einsatz von Schiffseigenpeilgerät im Flugzeug gezeitigt hat, haben zur Durchbildung eines Gerätes geführt, das sich den Eigentümlichkeiten des Flugzeugs besonders anpaßt. So ist auch das Verfahren der „Seitenbestimmung" auf eine neue hochfrequenztechnische Grundlage gestellt worden, indem durch einen schaltungstechnischen Kunstgriff die bisher zur Erfüllung der Phasenbedingung notwendige Abstimmung der Hilfsantenne fallengelassen ist. In einem ausführlichen Abschnitt werden die für den Peilempfänger charakteristischen Schaltungselemente theoretisch durchleuchtet und ihre Wirkungsweise im Vektordiagramm erläutert.

Nachdem im weiteren Grundsätzliches über den systematischen Verlauf der Peilfehler aus der Bordablenkung gesagt ist, wird der Gang der Funkbeschickungsaufnahme für das Versuchsflugzeug (Junkers F 13) beschrieben. Die für verschiedene Wellenlängen aufgenommenen Funkbeschickungskurven zeigen nur unbedeutende Unterschiede.

Aus dem Anwendungsgebiet der Flugfunkeigenpeilung ist der Zielflug herausgegriffen. Es wird hier zwischen drei Arten von Zielflügen unterschieden:

1. Zielflug ohne Vorhaltewinkel gegen die Abdrift. Die durch Sichtortung ermittelte Flugkurve (Flug Berlin—Hamburg) wird mit der berechneten verglichen. Für bestimmte Windverhältnisse wird der prozentuale Zeitverlust des Fluges ohne Vorhaltewinkel gegenüber dem Flug auf dem Großkreis in Abhängigkeit von der Windrichtung errechnet. Zielflüge ohne Vorhaltung wurden des weiteren ausgeführt auf den Strecken Berlin—Leipzig und Berlin—Langenberg. Als Zielsender dienten in jedem Falle die Rundfunkstationen.

2. Zielflug zwischen zwei Sendern. Die Vor- und Nachteile dieser Methode werden aus den Ergebnissen eines Hin- und Rückfluges zwischen den Sendern Königswusterhausen und Langenberg dargelegt.

3. Zielflug nach Kompaß und Funkpeiler. Der Flug wird nach Kompaß ausgeführt, die Abdrift durch Funkpeilung ermittelt und entsprechend berücksichtigt. Die tatsächliche Flugkurve wird durch Sichtortung ermittelt und der Gesamtpeilfehler (Kompaß- und Funkpeilfehler) berechnet.

Die beschriebenen Zielflüge wurden stets erfolgreich durchgeführt. Merkliche Fehlweisungen des Peilstrahls bei Flügen zur Zeit des Sonnenunterganges lagen nicht vor. Die Abhängigkeit der mittleren Minimumbreite von der Entfernung des gepeilten Senders verläuft exponentiell. Die mittlere Miniumbreite des Langenberger Senders im Flugzeug beträgt in einer Entfernung von 400 km etwa 7°; sie ist, wie auch der zur Erzeugung eines absoluten Peilminimums aufzuwendende Hilfsantennenbedarf, ständig größeren Schwankungen unterworfen. (M. H. Gloeckner, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33, S. 92.) *Sb.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Elektrische Leitfähigkeit in Hartgummi, Pyrexglas, geschmolzenem und kristallinem Quarz. — Für die quantitative Messung außergewöhnlich kleiner Ströme in der Größenordnung von $10^{-17} \ldots 10^{-18}$ A, wie sie bei einer Untersuchung der Leitfähigkeit von Isolierstoffen nötig wird, ist das Quadrantenelektrometer geeignet. Zur Vermeidung gewisser durch die Bewegungen der Nadel verursachter Kapazitätsänderungen desselben und dadurch bedingter meßtechnischer Mängel ist dieses in der von Race angegebenen Brückenschaltung, Abb. 4, lediglich als sehr empfindliches Nullinstrument zu benutzen. C_s stellt einen Kondensator dar, der aus einer Platte des zu untersuchenden Isolierstoffes gebildet wird, auf die Metallelektroden mit chinesischer Tusche unter Beifügung von feingepulvertem Graphit aufgekittet wurden. Der Schutzring um die obere Elektrode bleibt bei den Messungen dauernd geerdet. C_A ist ein Luftkondensator bekannter Kapazität. Vor Anlegen einer Spannung von der Batterie B_2 an die untere Belegung des Kondensators C_s wird das Elektrometer kurzgeschlossen und dieser Kurzschluß erst einige Zeit nach dem ersten Ladestromstoß aufgehoben. Infolge des weiter fließenden Ladestromes sammeln sich auf den isolierten Belegungen von C_s und C_A Ladungen an, die eine zunehmende Spannung der Beläge gegen Erde und damit Ausschlag des Elektrometers zur Folge haben würden, wenn nicht durch Nachregeln der an C_A liegenden Spannung mit Hilfe des Spannungsteilers P der isolierte Teil der Brücke künstlich auf Erd-

Digitized by Google

potential gehalten würde. Der Mittelwert des eine bestimmte Zeit Δt durch C_s geflossenen Stromes ergibt sich damit zu

$$i_m = \frac{\Delta q}{\Delta t} = C_A \frac{\Delta e}{\Delta t},$$

wenn Δe die in diesem Zeitintervall mittels P vorgenommene Spannungsänderung an der unteren Belegung von C_A bedeutet.

Bei den Untersuchungen wurde auf diese Weise also die Änderung des Stromes durch C_s nach dem ersten Ladestromstoß sowie die Entladung nach Wegnahme der Spannung und Erdung der unteren Belegung von C_s über längere Zeit verfolgt. Die Messung ergab, daß der Polarisationsstrom eine umgekehrte Exponentialfunktion der Zeit ist, d. h.: $i_p = \text{konst.}\ t^{-b}$. Die Kurven des Ladestromes über der Zeit nähern sich bei Pyrexglas und Hartgummi einer waagerechten Asymptote, die als Grenzwert die Stromleitung durch den Isolierstoff angibt, die bei Pyrexglas einen recht beträchtlichen Teil des Ladestromes ausmacht. Hartgummi wurde bei den auf die Plattendicke bezogenen Spannungen von 200 ... 800 V/cm untersucht, wobei sich der Polarisationsstrom proportional der angelegten Spannung und der Exponent b als unabhängig von dieser ergab.

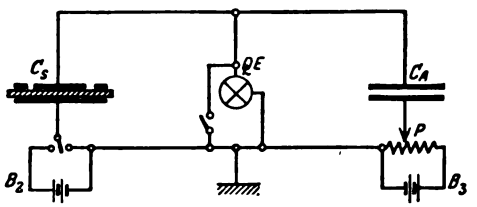


Abb. 4. Vereinfachtes Schaltbild der Meßanordnung.

Bei geschmolzenem Quarz konnten derartige quantitative Beziehungen nicht nachgewiesen werden, und es zeigte sich auch unmöglich, dieselbe Kurve bei der gleichen Spannung zweimal zu erhalten. Im Gegensatz zu den Ergebnissen bei Hartgummi waren die Werte abhängig vom Vorzeichen der angelegten Spannung. Bei der Aufladung, die in diesem Falle vom ersten Augenblick des Anlegens der Spannung ab beobachtet wurde, war ein mehrfacher Richtungswechsel des Ladestromes zu bemerken. Eine restlos befriedigende Erklärung konnte hierfür auch nach voraufgehender sorgfältig vorgenommener Depolarisierung und Ausscheidung aller sonstigen Fehlermöglichkeiten bei der Beobachtung nicht gefunden werden. Race vermutet, daß bei der Depolarisation ein nicht neutrales, aber trotzdem stabiles Gleichgewicht eintritt und jede Änderung der angelegten Spannung langsame Schwingungen um eine neue Gleichgewichtslage zur Folge hat. Platten aus kristallinem, parallel zur Achse geschnittenem Quarz mit im Vakuum aufgespritzten Goldblattelektroden ergaben bei der Depolarisierung einen Strom, der noch über dem in den ersten 1,5 min beobachteten Ladestrom lag. Selbst einen Monat nach Fortnahme der Spannung war noch ein Entladestrom meßbar, obwohl die Belegungen während der ganzen Zeit kurzgeschlossen blieben, woraus die besondere Schwierigkeit erhellt, bei diesem Stoff eine vollständige Beseitigung des Ladungsrückstandes zu erzielen. — Der Verfasser hebt hervor, daß der Mechanismus der Leitung in Dielektriken verschieden von dem in Metallen sein muß und mithin dem Begriff des dielektrischen Widerstandes eine andere physikalische Bedeutung beizulegen ist als dem elektrischen Widerstande der Metalle. (H. Race, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 788.) *O. N.*

Hochspannungstechnik.

Autovalve-Überspannungsableiter. — Die Konstruktion von Überspannungsableitern setzt die Kenntnis der Vorgänge auf den Leitungen voraus. Die theoretischen Grundlagen sind längst bekannt. Praktische Messungen von Wanderwellen sind jedoch erst neuerdings ermöglicht worden durch den Klydonographen und den Kathodenstrahloszillographen. Mehrjährige Beobachtungen mit diesen Apparaten haben zu folgenden Schlußfolgerungen geführt: Die meisten Störungen werden durch Gewitter verursacht und nur wenige durch Schaltvorgänge; die Höhe der Überspannungen ist durch die Überschlagspannung der Isolation begrenzt. Als Höchstwert ergibt sich etwa die zehnfache normale Betriebspannung der Leitung gegen Erde, doch sind diese hohen Werte schon sehr selten; die größte Stirnlänge der Wanderwellen ist etwa 3 ... 2 µs entsprechend 900 ... 600 m Leitungslänge bei einer Wellengeschwindigkeit von 300 000 km/s; sehr hohe Überspannungen, besonders solche großer Steilheit, werden sehr rasch gedämpft; niedrigere Überspannungen unter der Koronagrenze haben jedoch meist große Reichweiten. Die Gefährlichkeit der Überspannungen hängt ab von Höchstwert, Steilheit und Dauer; sehr kurzzeitige Überspannungen sind auch bei beträchtlicher Höhe meist ungefährlich.

Die Überspannungsableiter haben nun die Aufgabe, alle für die Isolation einer Anlage gefährlichen Überspannungen ohne Entladeverzug unschädlich zu machen, ohne ihrerseits sekundäre Störungen hervorzurufen. Sie sollen sehr große Ströme führen, also geringen Widerstand besitzen und dabei mit ihrer Gegenspannung nicht unter die Netzspannung heruntergehen, um das Nachfolgen des Betriebstromes zu verhindern. Diese Forderungen werden von allen Ventilableitern[1] erfüllt. Der Autovalve-Ableiter der Westinghouse Electric & Mfg. Co. hat jedoch gegenüber den elektrolytischen den Vorzug größerer Wirtschaftlichkeit. Der wirksame Bestandteil der Autovalve-Ableiter ist eine Säule von geschichteten Platten aus silitähnlichem Material, die durch Glimmerringe getrennt sind. Die Platten haben ungefähr 50 mm Dmr. und 4 mm Stärke, die Glimmerringe eine Dicke von etwa 0,1 mm. Die Plattenzahl richtet sich nach der Höhe der jeweiligen Betriebspannung. Die oberste Platte wird unter Vorschalten einer Funkenstrecke mit der Leitung, die unterste Platte mit Erde verbunden. Im normalen Betrieb teilt sich die Spannung im Verhältnis der Kapazitäten auf die geschichteten Platten und die Funkenstrecke, wobei der größte Teil auf die Funkenstrecke entfällt. Die Funkenstrecke hat hauptsächlich den Zweck, irgendwelchen Stromfluß im normalen Zustand zu verhindern.

Bei auftretenden Überspannungen wird die Funkenstrecke durchschlagen, und im gleichen Moment entsteht zwischen den Einzelplatten eine solche Spannung, daß in den dünnen Luftschichten, die sich zwischen Glimmerring und Platten befinden, ein Glimmen beginnt. Dieses Glimmen verbreitet sich proportional mit steigendem Stromfluß über die Oberfläche der einzelnen Platten, wobei der Spannungsabfall auf 1 Glimmschicht etwa 350 V beträgt. Diese Glimmspannung ist die wirksame Gegenspannung, die fast unabhängig von der Stromstärke annähernd konstant bleibt. Diese Gegenspannung bewirkt, daß der Strom erlischt, sobald die äußere Spannung unter einen bestimmten Wert, der noch über der Betriebspannung liegen muß, gesunken ist. Daß sich statt des Glimmens nicht ein Lichtbogen entwickelt, wird durch den hohen spezifischen Widerstand der silitähnlichen Scheiben bedingt, der eine örtlich hohe Stromdichte nicht zuläßt; dennoch ist der gesamte Widerstand des Ableiters wegen des verhältnismäßig großen Querschnitts der Scheiben äußerst niedrig: etwa 6 Ω/kV bei der LV- und etwa 2 Ω/kV Betriebspannung bei der SV-Type. Die Ansprechspannung der Autovalve-Ableiter beträgt etwa das Doppelte der Betriebspannung.

Die erwähnten Typen SV (Stationstype) und LV (Leitungstype) unterscheiden sich darin, daß die SV-Type vier parallel geschaltete Säulen enthält, während bei der LV-Type nur eine Säule vorhanden ist. Die SV-Type ist für große Anlagen bestimmt, während die LV-Type für alle kleineren Anlagen gedacht ist, für die sich die Ausgaben für die teure große Type nicht rechtfertigen lassen. Für Niederspannungsanlagen wurden zwei weitere Typen geschaffen für 0 ... 300 V und für 300 ... 750 V. Die Type für 0 ... 300 V ist die einzige, die keine Vorfunkenstrecke besitzt.

Als Vorteile der Autovalve Lightning Arresters werden besonders hervorgehoben:

Schnelles Ansprechen, kein nachfolgender Betriebstrom, keine Wartung, keine Abnutzung, wetterfeste, dauerhafte Konstruktion, geringe Größe, geringes Gewicht. (Druckschrift Nr. 1737 C der Westinghouse Co.: Protection, The Autovalve Lightning Arresters.) *H. N.*

Unmittelbare Bestimmung der Überschlagspannung von Kugel- und Spitzenfunkenstrecken. — Weder für die 100 cm-Kugelfunkenstrecke noch für Spitzen lagen bisher für Spannungen über 550 kV durch ein unmittelbares Verfahren gewonnene Eichwerte der Durchbruchspannung vor. Carroll und Cozzens haben diese durch absolute Messungen mit einer Fehlergrenze von 2 % nunmehr ermittelt, indem sie die Spannungswerte aus dem Ohmschen Spannungsabfall an einem bekannten, zwischen Hochspannungspol und Erde geschalteten Wasserwiderstand unmittelbar vor dem Funkenstreckenüberschlag be-

[1] Vgl. a. ETZ 1927, S. 586 u. 1706.

Digitized by Google

stimmten. Der Strom durch diesen Widerstand wurde dabei mit einem Oszillographen gemessen und lag für alle Messungen bei 50 mA, so daß bei 1000 kV ein Widerstand von 20 MΩ mit 50 kW Leistungsaufnahme erforderlich wurde. Bei rascher Spannungsteigerung innerhalb der für den Versuch zulässigen Grenzen ist ein dauerndes Einschalten dieses Widerstandes nicht erforderlich, wenn der Oszillograph erst im Augenblick der Spannungsmessung angeschaltet und unmittelbar darauf die Spannung vom Widerstand fortgenommen wird. Es genügt dazu ein mit destilliertem Wasser gefülltes Glasrohr solcher Länge, daß kein Überschlag, und von solchem Durchmesser, daß während des Stromdurchgangs keine unzulässige Erwärmung des Wassers eintreten kann.

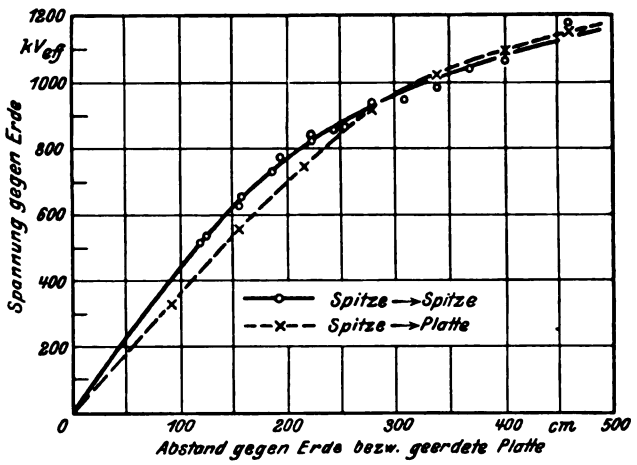


Abb. 5. Durchbruchspannungen zwischen Spitzen und Spitze gegen Platte.

Die Versuche wurden so durchgeführt, daß zunächst der Generator auf den Transformator geschaltet und dann die Erregung durch einen mittels Hebedaumens betätigten Kontakt eingeschaltet wurde. Nach etwa 1 s erfolgte durch einen weiteren Kontakt Öffnung der Blende des Oszillographen, dessen Glühlampe kurz zuvor eingeschaltet worden war. Durch Vorversuch war die Erregung so eingestellt, daß der Überschlag an der Funkenstrecke innerhalb 10 Perioden nach Öffnen des Verschlusses am Oszillographen eintrat. In weniger als 2 Perioden nach dem Überschlag wurde dieser Verschluß durch ein Relais wieder geschlossen und nach 6 Perioden der Generator durch Überlastungsrelais vom Transformator getrennt. Innerhalb 20 s nach dem Überschlag wurde auch der Wasserwiderstand durch Vergleich mit einem bekannten Widerstand gemessen. Nach jedem Überschlag wurde ein Teil des Wassers in der Glasröhre aus einem Vorratsbehälter mit frischem, kaltem Wasser ersetzt. Das Produkt des so bestimmten Widerstandes und des durch ihn hindurchfließenden Stromes, dessen Effektivwert aus den Oszillogrammen ermittelt wurde, ergab dann die effektive Durchbruchspannung der Funkenstrecke.

Um den Einfluß der Raumkapazität des nur teilweise durch eine Kreisscheibe von 90 cm Dmr. am oberen Ende abgeschirmten Wasserwiderstandes auf den Strom zu ermitteln, wurde dieser außer durch den Oszillographen am unteren Ende auch durch einen kleinen, isoliert aufgehängten und mit dem Anfang des Glasrohres verbundenen zweiten Oszillographen gemessen. Es ergab sich dabei ein Unterschied von noch nicht 2 %, so daß der durch äußere elektrostatische Felder bedingte Stromfluß für die Spannungsmessung vernachlässigt werden durfte. Auch die unmittelbare Vergleichsmessung der Durchbruchspannungen an einer auf 100 cm Schlagweite eingestellten Funkenstrecke mit Kugeln von 100 cm Dmr., indem einmal ein Wasserwiderstand von 30, das andere Mal von 10 MΩ unter Beibehaltung derselben Abschirmung am oberen Ende verwandt wurde, zeigte nur 1 % Abweichung. Ein durch ungenügende Schirmung beträchtlicher Ladestrom wäre bei dieser Verringerung des Wasserwiderstandes sicherlich von stärkerem Einfluß auf die Meßwerte gewesen. Als Spannungsquelle dienten zwei Transformatorensätze mit je drei in Kaskade geschalteten Gliedern von je 350 kV und einer Scheinleistung von 350 kVA, die von einem 1800 kVA-Generator mit sinusförmiger Spannungskurve gespeist wurden. Die Symmetrie der beiden Sätze gegen Erde wurde durch Vergleichsmessungen der Spannungen nach der vorbeschriebenen Widerstandsmethode überprüft, wobei die Abweichungen innerhalb der Meßfehlergrenzen lagen.

Abb. 5 zeigt die für eine aus ¾"-Messingstäben gefertigte Spitzenfunkenstrecke ermittelte Abhängigkeit der Durchbruchspannung von der Schlagweite. Die Funkenstrecke befand sich etwa 9 m über Fußboden. Die eingezeichneten Punkte sind Mittelwerte aus 5 ... 20 Einzelbeobachtungen, die im Höchstfall weniger als 10 % vom Mittelwert abweichen. Luftdichte und Feuchtigkeit wurden nicht berücksichtigt, da ihr Einfluß rechnungsmäßig kaum über 2 % lag. Für Spitze gegen Platte wurde die Durchbruchspannung bei 0,9 ... 4,5 m Schlagweite bestimmt. Die Spitze war dabei lotrecht über dem mit einer Eisenplatte von 0,8 m² belegten Fußboden aufgehängt. Die größten Abweichungen vom Mittelwert der Meßpunkte überschritten selten 5 %. Die Verfasser weisen darauf hin, daß die starke Abnahme der Durchbruchfeldstärke dieser praktisch auch der Schlagweite einer Leitung gegen den Mast entsprechenden Anordnung bei Schlagweiten über 2,7 m für die lichten Abstände der Höchstspannungsleitungen von ihren Masten eine wirtschaftliche Grenze ergibt, wenn üblicherweise an einer Trockenüberschlagspannung der Isolatoren in Höhe der dreifachen Betriebspannung festgehalten wird. Bei den Messungen darf der Einfluß des Abstandes der Platte von Erde und den umgebenden Gebäudewänden nicht unberücksichtigt bleiben. Abb. 6 gibt die Durchbruchspan-

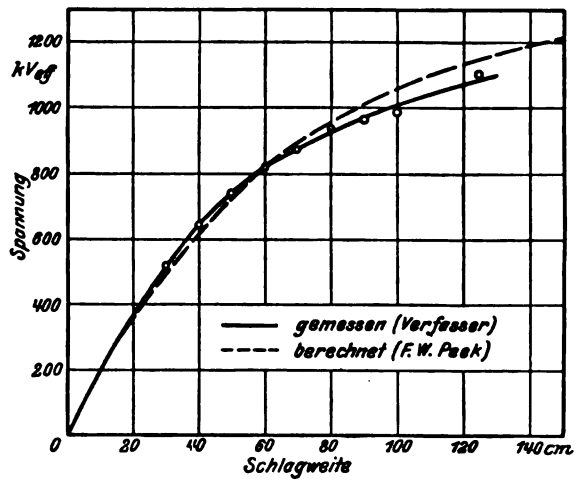


Abb. 6. Durchbruchspannung zwischen Kugeln von 100 cm Dmr.

nung für eine Kugelfunkenstrecke mit Kugeln von 100 cm Dmr. im Vergleich zu den Rechnungswerten von F. W. Peek wieder. Für Schlagweiten über 75 % des Kugeldurchmessers ergaben sich hierbei und auch bei 50 cm-Kugeln häufig Überschläge unter dem Rechnungswert, selbst wenn die Oberflächen dieser aus Aluminium gefertigten Kugeln vorher gereinigt und poliert worden waren. Erst nach mindestens 50 Überschlägen wurden die richtigen Spannungswerte erreicht, und es mußte diese Vorbehandlung wiederholt werden, wenn die Kugeln länger als 6 ... 8 h unbenutzt geblieben waren. Die Durchbruchspannung überschreitet hiernach für eine bestimmte Schlagweite im Höchstfall nicht die der theoretischen Kurve von Peek sehr angenäherten Werte, kann aber bis zu 50 % darunter liegen. Dieses noch nicht restlos geklärten Oberflächeneigenschaften zuzuschreibende Verhalten von Aluminiumkugeln läßt deren Verwendung für Spannungen über 900 kV zweifelhaft erscheinen. Im übrigen sind die Unterschiede der versuchsmäßig bestimmten Mittelwerte von der Peekschen Kurve bis 70 cm Schlagweite zu vernachlässigen und betragen bei 125 cm nur 5 %. Die geringen Abweichungen zwischen 10 ... 60 cm sind durch eine Korrektion für den bei den Versuchen eingehaltenen größeren Abstand der Funkenstrecke vom Boden bedingt. Der Vergleich der mit den 100 cm-Kugeln erhaltenen Werte mit der Durchbruchspannung einer parallel dazu geschalteten 50 cm-Kugelfunkenstrecke bei 55 cm Schlagweite ergab für diese einen 8 % unter dem Peekschen liegenden Wert. In allen Fällen blieb der Lichtbogenstrom beim Überschlag auf weniger als 2 A beschränkt und dauerte nur 6 Perioden, so daß selbst durch mehr als 1000 Überschläge keine Schädigung der Aluminiumkugeln eintrat.

Bei den Vorversuchen war an den Kugelfunkenstrecken eine noch ungeklärte Erscheinung wiederholt

Digitized by Google

zu beobachten. Es wurden beide Transformatorensätze der Symmetrie halber mit je einer 100 cm-Kugel verbunden und diesen je eine geerdete 50 cm-Kugel auf 100 cm Schlagweite gegenübergestellt. Nach Wegnahme der 50 cm-Kugel auf der einen Seite und Steigerung der Spannung auf den dieser Schlagweite entsprechenden Wert schlug nicht die unberührt gebliebene Funkenstrecke des anderen parallelgeschalteten Transformatorsatzes über, sondern es erfolgte von der einzeln zurückgebliebenen 100 cm-Kugel ein Überschlag auf 2,4 m gegen Erde. Die 50 cm-Kugel wurde darauf an ihren Platz zurückgebracht, diese Funkenstrecke auf 110 cm eingestellt und die Spannung erneut gesteigert, worauf die andere noch auf 100 cm eingestellte Funkenstrecke überschlug. Der Bericht erwähnt, daß diese Beobachtung nicht mit der Rechnung in Einklang zu bringen ist und auch aus sonstigen Überlegungen schwer erklärt werden kann.

Der isoliert und mit Käfigschirmung aufgehängte Oszillograph diente ferner zur Bestimmung des Koronastromes aus einer Spitze. Die Oszillogramme lassen erkennen, daß dieser Strom in keiner Periode dieselbe Kurve wie in den voraufgehenden zeigte. Infolge Raumladewirkungen hat der Koronastrom ferner nicht unbeträchtliche Phasenverschiebung gegen die erzeugende Spannung. (J. S. Carroll u. B. Cozzens, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 892.) *O. N.*

Chemie.

Mechanisierte Förderung in Galvanisierungsanlagen. — Bei der Galvanisierung und den dazu gehörigen Vor- und Nacharbeiten handelt es sich um Arbeitsvorgänge, deren Mechanisierung lange Zeit hindurch ein in der Praxis nicht zu lösendes Problem darstellte. Selbst in großen Betrieben mit durchweg fließender Fertigung mußte das Gleichmaß des Durchflusses vor der Galvanisierungsabteilung Halt machen, weil alle Lösungen in der Praxis versagten. Dabei ist der Galvanisierungsprozeß seiner Natur nach sehr gut für die Mechanisierung geeignet, da die Bedienung sich ohnehin auf die Beschickung und Abnahme des fertigen Gutes beschränkt. Die entscheidenden Schwierigkeiten liegen hier in der Lösung der Förderfrage, während die galvanotechnischen Bedingungen geradezu einer Mechanisierung bedürfen. Es ergeben sich vom fördertechnischen Standpunkte bei der Mechanisierung des Galvanisierungsvorganges zwei Besonderheiten. Einmal ist bei der langen Dauer der Niederschlagbildung zur Erhaltung des Gesamtflusses der Werkstücke dauernde Bewegung erforderlich, u. zw. muß das Tempo dieser Bewegung auf die verschiedenen hintereinanderliegenden Bäder abgestimmt sein; zum anderen liegt es in der Natur des Durchwanderns verschiedener Flüssigkeiten, daß das Gut innerhalb der Wannen horizontal, beim Übergang in das nächste Bad dagegen vertikal bewegt werden muß. Zu den sich hieraus ergebenden Fragen sind in den letzten Jahren drei verschiedene Lösungen gefunden worden, die in mehr oder weniger wirtschaftlicher Weise eine Mechanisierung ermöglichen: das amerikanische, englische und deutsche Prinzip. Zur Veranschaulichung dienen die Abb. 7 ... 9.

Das amerikanische Verfahren beschäftigt sich im wesentlichen mit der Frage des Überhebens aus einem Bade in das nächste, ohne den Gesamtfluß im Zusammenhange sicherstellen. Die Förderung durch das Bad selbst erfolgt in der üblichen Weise durch Riemen oder Ketten, die das Gut über Schienen weiter führen. Diese überhaupt erstmalige Lösung der Frage mechanischer Überhebung sucht den Vorgang in gleicher Weise auszuführen, wie dies von Hand geschah. Ein um eine aufrechte Achse drehbarer und gleichzeitig heb- und senkbarer Arm nimmt die Werkstücke ähnlich der menschlichen Hand aus einem Bade heraus und befördert sie von einem sinnreichen aber auch recht komplizierten Mechanismus geleitet in das nächste Bad. Abgesehen von der Empfindlichkeit des komplizierten Mechanismus und der Gefahr von Stauungen am Ende der Bäder durch das Fehlen zwangsläufiger Verbundenheit, konnte dieses Verfahren sich auch in Deutschland nicht einführen, weil die Anlage nicht voll selbsttätig arbeitet. Das Beschicken des ersten Bades muß von Hand erfolgen und bleibt von der Gewissenhaftigkeit der Bedienung abhängig.

Einen wesentlichen Fortschritt stellt das auf dem englischen Prinzip aufgebaute Verfahren dar, bei welchem die waagerechte Fortbewegung des Gutes durch sämtliche hintereinander liegende Bäder mittels eines einzigen Kettensystems erfolgt, während das Überführen aus einem Bade in das andere durch besonders aufrecht verlaufende Ketten bewerkstelligt wird, die die Träger der Werkstücke selbsttätig von der Hauptbahn abheben und im Bereich des nächsten Bades wieder auf diese setzen. Bei zweckmäßiger Bemessung der Mitnehmerelemente ist es hier natürlich möglich, eine Zwangsläufigkeit der Bewegung innerhalb des Bereiches der Badreihe zu erreichen. Immerhin sind auch hier noch nicht alle Anforderungen an einen wirtschaftlichen, vollständig selbsttätigen Betrieb erfüllt. Zunächst muß das Gut auch hier von Hand in das mechanische Fördersystem eingesetzt werden und kann es bei der sich zwangsläufig ergebenden Anordnung der Ketten auch nicht selbsttätig verlassen. Bei der außerordentlich verschiedenen Durchlaufsdauer in den einzelnen Bädern ergibt sich außerdem eine Wirtschaftlichkeitsverminderung der Anlage durch die hieraus bedingte große räumliche Aus-

Abb. 7. Amerikanisches Verfahren.

dehnung. Bei der Gemeinsamkeit der Hauptkette können die verschiedenen Behandlungszeiten in den einzelnen Bädern nämlich nur dadurch erreicht werden, daß man die Längen der einzelnen Bäder den Durchlaufzeiten proportional setzt. Dies führt zu außerordentlich großen und teuern Anlagen mit erheblichem Platzbedarf. Es können auch die Breitenmaße zwischen zwei Anodenreihen nicht

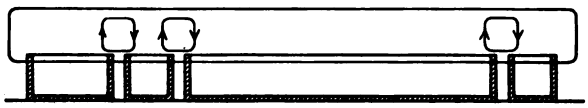


Abb. 8. Englisches Verfahren.

entsprechend vergrößert werden, da zur Vermeidung von Stromschattenbildungen die Waren in der Breite nicht nebeneinander gehängt werden sollen. Die Anlage ist in einem geregelten Werkstoffffluß nur schwer organisch einzureihen, was selbst bei dem amerikanischen Prinzip leichter war.

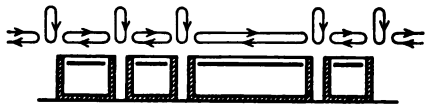


Abb. 9. Deutsches Verfahren.

Das vor einigen Jahren von der Firma Dr. W. Kampschulte, Solingen, herausgebrachte deutsche Verfahren sieht eine Reihe von einzelnen, zwangsläufig verbundenen und sowohl aufeinander als auch auf die Durchlaufzeiten der einzelnen Bäder abgestimmten Fördersysteme vor. Die oberhalb eines Bades auf Schienen laufenden und von einer Kette bewegten Werkstückträger sind mit Haken versehen, an denen sie am Badende von den Mitnehmern einer aufwärts laufenden Kette übernommen werden, die sie auf die Laufschiene des nächsten Bades absetzen, wo sie wiederum von Mitnehmern der neuen Badkette weitergeführt werden. Die Verschiedenheit der Durchlaufzeiten kann hier sowohl durch die Größe der Bäder als vor allem auch durch die Geschwindigkeit der einzelnen Kettensysteme geregelt werden. Die Anordnung der Überhebevorrichtungen ermöglicht es hier ohne weiteres, das Gut in das erste Bad von einer beliebigen mechanischen Fördervorrichtung zu übernehmen und es aus dem letzten Bade wiederum auf eine solche zu befördern, so daß die Anlage nicht nur in sich rein mechanisch arbeitet, sondern auch den selbsttätigen Anschluß an die fließende Fertigung der voraufgehenden und nachfolgenden Betriebe gestattet. Hierdurch wird vor allen Dingen der sonst übliche und nachteilige Aufenthalt zwischen der mechanischen Reinigung der Werkstücke und dem ersten Bad verhindert. Durch die Umkehrmöglichkeit der Durchlaufrichtung in einem der Bäder ist eine sehr wirtschaftliche Raumausnutzung möglich, die gleichzeitig mit einem großen Anpassungsvermögen an die vorhandenen räumlichen Verhältnisse verbunden ist. Es ist ferner im Gegensatz zum englischen System möglich, sehr kleine Sätze zu bauen, die trotzdem wirtschaftlich bleiben, was vor allem dort von Wichtigkeit ist, wo es sich um die Galvanisierung verschiedenartiger Gegenstände handelt, bei denen sowohl die Anordnung der Bäder wie auch deren Zusammensetzung verschieden sein muß, so daß mehrere Anlagen mit kleinerer Leistung erwünscht sind. Bei der Ein-

Digitized by Google

fachheit und Zwangsläufigkeit der Anlage ist auch deren Versagen kaum möglich, zumal dafür gesorgt ist, daß Fehler in der Bedienung sich nicht nachteilig auf den Mechanismus der Anlage auswirken können. Die nicht unerhebliche Raum- und Personalersparnis wird ergänzt durch Herabsetzung des Aufwandes an Salzen unter den gleichmäßigeren Stromverhältnissen und durch die Vereinfachung der Nachbearbeitung bei der größeren Gleichmäßigkeit der Metallüberzüge. Es ist selbstverständlich, daß die elektrischen und chemischen Bedingungen sich in einem stetigen und gleichmäßigen Durchlauf der Werkstücke ebenfalls gleichmäßiger gestalten und einfacher regeln lassen als bei Standbädern. Weitere Vereinfachungen lassen sich durch Verbindung mehrerer Funktionen in einem Bade erzielen. Die erwähnte, auf dem deutschen Prinzip aufgebaute Anlage sieht vor allem durch selbsttätige Polwendung eine Verbindung der Entfettung und der molekularen Aufrauhung im gleichen Bade vor.

fi

Allgemeiner Maschinenbau.

Erzeugung und Verwertung von Höchstdruckdampf in der Floridsdorfer Löffler-Anlage. — In der Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architektenvereins berichtet Arno Demmer über die neue Höchstdruckanlage nach Löffler in der Floridsdorfer Lokomotivfabrik. Die Ersparnis an Kohlen beträgt bei einer Anlage für 130 atü, 480 ° gegenüber einer solchen für 35 atü, 400 ° etwa 15 % bei gleichem Turbinenwirkungsgrad; hierdurch ist genügend Anreiz gegeben, eine Anlage für derartige Temperaturen und Drücke zu bauen. Während verschiedene führende Kesselfabriken die Bauart des herkömmlichen Steilrohrkessels für Drücke über 100 atü beibehalten haben, sind daneben auch Sonderkonstruktionen entwickelt worden, von denen diejenigen nach Benson, Schmidt und Löffler bisher am weitesten durchgebildet sind. Als Veranlassung für diese Abweichung von der gewöhnlichen Bauart gibt Demmer zwei Gründe an; einmal liegt bei Höchstdruck die Sattdampftemperatur so hoch, daß bei Kesselsteinablagerungen zu hohe örtliche Überhitzungen an den Siederohren auftreten können, so daß Rohrbrüche bei Höchstdruck und schlechtem Speisewasser häufiger auftreten müssen als bei geringen Drücken, zweitens glaubt der Verfasser, daß bei Drücken über 45 atü die Rohrwandstärken so groß werden, daß das Einwalzen in die Trommeln nicht mehr möglich sein würde; diese zweite Annahme ist jedoch irrig, das Einwalzen macht keinerlei Schwierigkeiten.

Das Löffler-Verfahren besteht darin, daß man nur den Überhitzer den Feuergasen aussetzt, während der Sattdampf dadurch erzeugt wird, daß man einen Teil des überhitzten Dampfes in einen Verdampfer zurückführt, wo er seine Überhitzungswärme an das Speisewasser abgibt, so daß dieses verdampft. Wesentlich ist dabei, daß zur Aufrechterhaltung der Strömung eine Umwälzpumpe verwendet wird, die den Dampf ständig durch den Kreislauf hindurchtreibt, so daß keine Wärmestauungen vorkommen können.

Die Floridsdorfer Versuchsanlage wurde für 100 atü, 500 ° gebaut. Die Arbeiten wurden im Jahre 1924 begonnen; damals war über die Materialeigenschaften der Rohre bei hohen Temperaturen noch so wenig bekannt, daß Floridsdorf selbst Warmzerreißversuche durchführen mußte, um Aufschluß über die zulässigen Überhitzungstemperaturen zu bekommen; man wählte Stahlrohre, die bei 500 ° noch eine zweifache Sicherheit gegen die Streckgrenze ergaben. Auch für die Schrauben wurde Stahl verwendet, mit dem bei 400 ° Kerbschlagproben durchgeführt worden waren.

Ferner mußten, ehe das Löffler-Verfahren erfolgreich verwirklicht werden konnte, zwei Fragen geklärt werden:

1. Wie kühlt überhitzter Hochdruckdampf die Rohrwandung?
2. Welchen Widerstand gibt der Überhitzer bei der Geschwindigkeit, die für die genügende Kühlung der Rohre notwendig ist?

Zur Klärung dieser Fragen wurden an der Floridsdorfer Versuchsanlage dampf- und gasseitig sehr zahlreiche und genaue Temperaturmessungen durchgeführt, und insbesondere wurde auch die Temperatur der Rohrwand selbst mit einer höchst sinnreichen Einrichtung, dem „mechanischen Thermometer" genau festgestellt. Dieser Apparat wurde bei dem späteren Betriebskessel zu einer Einrichtung vervollkommnet, die bei auftretenden Wärmestauungen selbsttätig ein Ventil hinter dem Überhitzer öffnet und infolgedessen immer für schnelle Abfuhr der Wärme sorgt.

Die Temperaturmessungen ergaben folgende wichtige Tatsachen:

1. Der Wärmeübergang ist bei Hochdruck besser als bei Niederdruck.
2. Der Störungswiderstand war nicht größer als 3 bis 4 at im ganzen Überhitzer.
3. Die Nachrechnung der Dampfmenge ergab, daß die Entropietafel von Mollier richtigere Werte liefert als diejenige von Stodola.

Eine Hauptschwierigkeit bei allen Hochdruckkesseln liegt in der geringen Lebensdauer der Wasserstandsgläser; Löffler verwendete elektrische Anzeigeinstrumente, die sich sehr gut bewährten.

Das wichtigste Element des Löffler-Verfahrens ist die Umlaufpumpe. Hier waren zwei Schwierigkeiten zu überwinden, die Schmierung und die Abdichtung durch die Stopfbüchsen. Die Schmierung ließ sich mit Kondensat einwandfrei durchführen, so daß auf eine besondere Wasserschmierung verzichtet werden konnte; die Stopfbüchsenfrage bereitete jedoch anfangs einige Sorge. Nach langwierigen Versuchen an einer besonders zu diesem Zweck aufgestellten Versuchsanlage für Stopfbüchsen ergaben sich zwei Lösungen als brauchbar, eine Weichpackung aus reinen Asbestzöpfen und eine Kammerringpackung aus einer besonderen Legierung. Hiervon wurde die zweite gewählt, weil die Weichpackungen den Nachteil haben, daß sie oft nachgezogen und zeitweise neu verpackt werden müssen. Bei der endgültigen Kammerringpackung betrug die Undichtigkeit nur wenige Kilogramm in der Stunde.

Auf Grund der Erfahrungen an der Versuchsanlage beschloß die Floridsdorfer Lokomotivfabrik, das eigene Dampfkraftwerk von 2000 kW auf Hochdruckdampf von 120 atü, 485 ° umzubauen. Da man zur Zeit der Konstruktion dieser Betriebsanlage im Jahre 1925 noch keinen genügenden Überblick über die Betriebsicherheit von Kohlenstaubfeuerungen hatte, blieb man in Floridsdorf bei der Rostfeuerung, jedoch mit Vorwärmung der Verbrennungsluft; dabei wurden Feuerraumbelastungen von 480 000 kcal/m³h im Dauerbetrieb erreicht; durch Verringerung der Luftvorwärmung kam man sogar ohne Schaden auf 690 000 kcal/m³h. Die Strahlungsfläche des Kessels ist hierbei gleich der halben Rostfläche, und die ersten Rohre haben eine Belastung von über 150 000 kcal/m³h; trotzdem war die Wandungstemperatur der Rohre nur wenig höher als die Dampftemperatur.

Die Umlaufpumpe wurde bei dieser Betriebsanlage mit der Speisepumpe direkt gekuppelt, sie wurde in Abweichung von der Versuchsanlage mit Kolbenschiebersteuerung ausgerüstet; hierdurch treten jedoch Schwingungen in den Leitungen auf, die zwar durch Ausgleichskolben in den Rohrleitungen ausgeglichen werden konnten; in Zukunft wird man aber wieder zur Steuerung mit freifallenden Plattenventilen zurückkehren. Im übrigen arbeitet die Pumpe einwandfrei, insbesondere hat sich die Selbstschmierung mit Kondensat bestens bewährt.

Die Armaturen wurden in Floridsdorf selbst gebaut, weil keine befriedigenden Konstruktionen anderweitig zu bekommen waren.

Einer der wichtigsten Punkte im Dampfkesselbetrieb ist die Speisewasserfrage; hier hat das Löffler-Verfahren den großen Vorteil, daß in den feuerberührten Heizflächen keine Kesselsteinablagerungen vorkommen können, weil nur Überhitzerheizfläche den heißen Gasen ausgesetzt wird.

Direktor Demmer berichtet hierüber folgendes:

„Wir haben unseren Betriebskessel ein halbes Jahr mit einem von 30 auf 7 deutsche Härtegrade chemisch gereinigten Grundwasser gespeist und speisen ihn jetzt mit auf 4 ... 5 ° gereinigtem Hochquellwasser. Wenn man bedenkt, daß wir im Tage normal 50 ... 60 t Dampf erzeugen, so bedeutet dies 3 kg Kalk, die wir täglich in unseren Behälter hineinspeisen. Diese 3 kg Kalk setzen sich nun infolge der Wasserbewegung nicht an, sondern konzentrieren sich im Wasserinhalt. Der Behälter wird früh und mittags im Betriebe unter vollem Druck abgeschlammt und dadurch die Konzentration verringert."

Verschiedene Versuche und Beobachtungen ergaben, daß auch bei größerer Konzentration kein Kalk ausfällt, während dies bei einem alten parallel betriebenen 12 atü-Kessel der Fall ist.

Bei den Rohrverbindungen wurde das Verschweißen weitgehend angewendet, wobei sich nicht die geringsten Anstände ergaben. Der Kessel (Abb. 10) hatte zur Zeit der Veröffentlichung des Artikels 3500 Betriebstunden.

Der Verfasser weist schließlich nochmals auf die große Betriebsicherheit des Löffler-Kessels hin, der sich aus dem Zwangsumlauf des Dampfes ergibt. Daß das an

Digitized by Google

sich bedenkliche Element, von dem alles abhängt, nämlich die Umlaufpumpe, durchaus betriebsicher ist, beweist er mit der Feststellung, daß in der Floridsdorfer Betriebsanlage weder für die Speisepumpe noch für die Umlaufpumpe eine Reserve vorgesehen ist. Diese Beweisführung erscheint jedoch nicht sehr zwingend, und die Gegner des Löffler-Verfahrens könnten diese Anordnung eher als einen gewissen Mangel an Vorsicht auslegen.

Als Kraftmaschine für den erzeugten Hochdruckdampf wurde wegen der geringen zu verarbeitenden Dampfmenge von 4000 ... 8000 kg/h eine Kolbendampfmaschine gewählt. Diese besitzt Ventilsteuerung mit einfachen Tellerventilen, die von einer umlaufenden Steuerwelle betätigt werden. Die Drehzahl ist 300 U/min. Die Laufflächen des Zylinders vertragen die hohe Überhitzung ohne jede Schwierigkeiten, die Abdichtung des Kolbens konnte mit 6 Ringen einwandfrei erreicht werden.

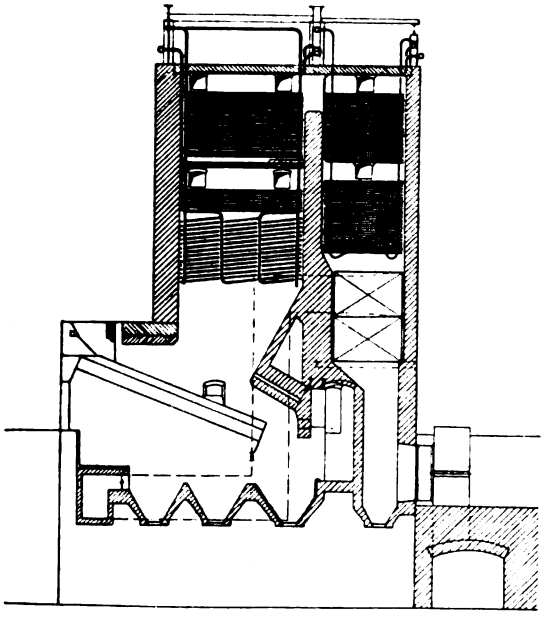


Abb. 10. Betriebskessel, Bauart Löffler, in der Floridsdorfer Lokomotivfabrik.

Am Schluß erwähnt der Verfasser noch die Anwendung des Höchstdrucks im Lokomotivbetrieb. Nachdem Schmidt bereits mit dem Bau von Hochdrucklokomotiven mit indirekter Dampferzeugung vorangegangen ist, ist jetzt auch bereits eine Lokomotive für 120 atü, 485° nach dem Löffler-Verfahren im Bau.

Die Streitfrage, ob es heute schon wirtschaftlich ist, auf Drücke von 130 atü überzugehen, wird von dem Verfasser lebhaft bejaht. Er weist besonders auf die Vorteile bei Gegendruckbetrieb hin. Man kann hier auf die Verwendung von Wärmespeichern verzichten, wenn man den Kesseldruck so hoch wählt, daß die Kraftmaschine alle Belastungspitzen aufnehmen kann; die neuzeitlichen Hochdruckkessel sind so elastisch, daß sie auch größere Belastungspitzen anstandslos aufnehmen, ohne daß der Wirkungsgrad wesentlich schlechter wird.

Der Bericht zeigt, daß in Floridsdorf tüchtige Pionierarbeit geleistet worden ist, die die Anwendung des Hochdruckdampfes einen großen Schritt vorwärts gebracht hat. (A. Demmer, Z. Öst. Ing.-Arch. V. Bd. 81, S. 1.) *B.*

Werkstatt und Baustoffe.

Verwendung von flüssigem Sauerstoff in Eisenbahnwerkstätten. Gewöhnlich wird der Sauerstoff, welchen man zum autogenen Schweißen usw. verwendet, zusammengepreßt auf mehr als 100 atü in Stahlflaschen versandt, deren Gewicht rund das Achtfache des in ihm aufgespeicherten Sauerstoffes beträgt. Weil nun der Sauerstoff zumeist aus flüssiger Luft nach dem Linde-Verfahren durch Absieden des leichter flüchtigen Stickstoffes gewonnen wird, so erscheint es zweckmäßiger, den flüssigen Sauerstoff selber zu versenden[1]. Von der Zeche de Wendel in Hagendingen (Lothringen), welche für ihren eigenen Bedarf eine solche Anlage besitzt, beziehen die Elsaß-Lothringischen Eisenbahnen für ihre Werkstätten in Montigny bei Metz den flüssigen Sauerstoff in Messinggefäßen mit doppelter luftleerer Wandung, welche 25 kg flüssigen Sauerstoff fassen und selber 36 kg wiegen; so daß nun das Eigengewicht des Behälters kaum das 1½fache des Inhaltes ausmacht. Außerdem wird der beträchtliche Energieaufwand für das sehr starke Zusammenpressen des Gases gespart; denn für die Verwendung ist nur ein mäßiger Überdruck nötig. Obwohl der flüssige Sauerstoff möglichst rasch mit Personenzug befördert werden muß (durch Verdampfen gehen stündlich etwa 0,6 % verloren), kostet 1 m³ Sauerstoff die Metzer Werkstätten jetzt nur rd. halb so viel wie früher beim Bezug in Stahlflaschen.

[1] Während des Krieges hat man in dieser Weise die flüssige Luft für Sprengpatronen in großen Mengen versandt, als es dem Bergbau an anderen Sprengstoffen mangelte.

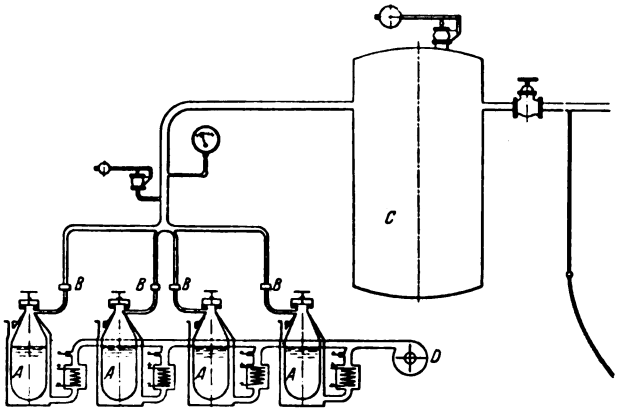


Abb. 11. Anordnung, um flüssigen Sauerstoff unter 4 atü zu verdampfen.

Zum Verbrauch werden 4 Behälter *A* (Abb. 11), welche jeder 35 l flüssigen Sauerstoff fassen, unter Zwischenschaltung von Rückschlagventilen *B* an die Leitung zum Gasbehälter *C* angeschlossen. Die eiserne Rohrleitung von 18 mm lichter Weite ist sehr sorgfältig zusammengeschraubt; die Verschraubungen sind mit ein wenig Lot gedichtet. Die Verdampfung des flüssigen Sauerstoffes wird durch einen warmen Luftstrom geregelt, so daß ein Druck von 4 kg/cm² in der Verbrauchsleitung herrscht. Der Luftstrom wird durch einen kleinen Ventilator *D* erzeugt und durch Heizwiderstände erwärmt; der Heizstrom wird mit Hilfe eines regelbaren Widerstandes genau abgestimmt. Weil sich beim Verdampfen der Sauerstoff stark abkühlt, so bedecken sich die Ableitungsrohre und der Gasbehälter mit einer Reifschicht; das Verschwinden dieser Reifschicht zeigt an, daß wieder Sauerstoff eingefüllt werden muß. (J. Oudet, Engg. Bd. 125, S. 694.) *K. A.*

Verschiedenes.

Über Messungen an schalldämpfenden Materialien. — In einem Raum, in dem sich der von einer Schallquelle ausgehende Schall nach allen Seiten gleichmäßig ausbreiten kann, besteht nach einiger Zeit eine stationäre Schalldichte (Schallenergie/cm³)

$$E = \frac{4L}{Ac},$$

worin L die Leistung der Schallquelle, c die Schallgeschwindigkeit und A die gesamte Schallabsorption des Raumes ist. Diese Gesamtabsorption ist gleich der Summe der Produkte aus den schallabsorbierenden Flächen S im Raum (in m²) und den zugehörigen Absorptionskoeffizienten a, d. h. es ist $A = \Sigma a S$. (Der Absorptionskoeffizient 1 wird einem Quadratmeter offener, ins Freie führender Fensterfläche zugeschrieben, da sie alle auftreffenden Schallwellen hindurchläßt; die Aussage, ein Material besitze den Absorptionskoeffizienten 0,2, bedeutet, daß von der auf das betreffende Material auftreffenden Schallenergie 20 % absorbiert und 80 % reflektiert werden.) Schaltet man nun nach Erreichen der stationären Schalldichte E die Schallquelle wieder ab, so tritt für einige Zeit das sog. Nachhallen des Schalles ein, weil die Schallwellen, die noch im Raume sind, erst allmählich von den Wänden usw. des Raumes entsprechend den Absorptionskoeffizienten absorbiert werden. Die Schalldichte während des Nachhallens ist

$$E' = E e^{-\frac{cA}{4V}t},$$

worin V das Volumen des Raumes ist; die Nachhall-Schalldichte klingt also exponentiell mit der Zeit t ab, u. zw.

Digitized by Google

um so schneller, je größer die Gesamtabsorption A des Raumes ist. Bezeichnet man mit T die Zeit, innerhalb deren die Schalldichte auf den 10^6ten Teil abklingt (Nachhallzeit), so ergibt die letzte Gleichung die Beziehung

$$A\,T = K\,V,$$

wo $K = 0{,}16$ eine Konstante ist. Wird nun die Gesamtabsorption A des Raumes durch Anbringen von schallabsorbierenden Stoffen um A' erhöht, so ändert sich damit auch die Nachhallzeit T in T', und es gilt jetzt die Beziehung

$$(A + A')\,T' = K\,V.$$

Die beiden letzten Gleichungen gestatten bei bekanntem Raumvolumen V die Bestimmung der Absorption A' eines zu untersuchenden Materials durch Messung der Nachhallzeiten T und T', also auch die Bestimmung des Absorptionskoeffizienten des Materials.

Nach diesem Verfahren haben E. Meyer und P. Just in einem zunächst leeren und dann mit einer Wandbekleidung versehenen Raum die Nachhallzeiten bestimmt und daraus den Absorptionskoeffizienten des Bekleidungsmaterials berechnet. Die Nachhallzeiten wurden aus oszillographischen Aufnahmen des Abklingvorgangs abgelesen. Als Schallquelle diente dabei ein Überlagerungssummer, mit dem alle Frequenzen von 0 ... 10 000 Hz erzeugt werden konnten. Er war so geschaltet, daß er ein Tongemisch aus allen Frequenzen innerhalb eines bestimmten Frequenzbandes (z. B. 100 ... 200 Hz) als Schall über einen Lautsprecher abgab, weil bei Verwendung reiner Töne der Abklingvorgang durch Bildung stehender Wellen gestört wird. Zur Schallaufnahme dienten zwei doppelseitige Reiß-Mikrophone in Verbindung mit einem Dreifachverstärker und einem Gleichrichter-Ventilrohr (Verstärkerrohr, dessen Gitter und Anode kurz geschlossen sind); der Gleichstrom durchfließt ein Galvanometer mit hoher Eigenperiode, dessen Ausschlag ein Maß für den Schalldruck am Mikrophon bildet und photographisch auf einem Film registriert wird, auf dem während des Ablaufs eine Zeitmarke gedruckt wird. Zur Erhöhung der Ablesegenauigkeit wurde der Verstärkungsgrad des Verstärkers während des Abklingvorgangs auf das Zehnfache erhöht.

Die mit dieser Apparatur erzielten Nachhall-Oszillogramme, die für eine Anzahl von Tongemischen aufgenommen sind, zeigen zunächst, daß die Nachhalldauer mit wachsender Frequenz abnimmt; ferner lassen sie deutlich erkennen, daß die Nachhallzeit im leeren Versuchsraum größer ist als in dem mit Wandbekleidung versehenen Raum. Insbesondere aber zeigen die Nachhallkurven den mit der Zeit exponentiellen Abfall der Nachhallschalldichte (vgl. obige Formel), der im leeren Raum langsamer als im wandbekleideten Raum erfolgt. Die Umzeichnung der Kurven auf logarithmischen Maßstab ergibt gerade Linien, aus denen die jeweiligen Nachhallzeiten T abgelesen werden können (z. B. ist für ein Tongemisch von $f = 150 \pm 50$ im leeren Raum $T = 2{,}28$ s, im wandbekleideten Raum $T = 1{,}94$ s). Der hieraus berechnete Absorptionskoeffizient des Wandbekleidungsmaterials (Wandbekleidungsfilz) wächst mit der Frequenz von 0,1 bei 150 Hz auf 0,5 bei 4800 Hz (mittlere Frequenz). Für ein anderes Wandebekleidungsmaterial aus gepreßtem Zuckerrohr (Celotex) beträgt der Absorptionskoeffizient 0,05 bei 150 Hz bis 0,2 bei 2400 Hz. Diese Zunahme der Absorption hat ihren Grund im wesentlichen in der räumlichen Anordnung des Bekleidungsmaterials. Wird das Material nämlich nicht dicht auf die Wand gebracht, sondern in einiger Entfernung davon aufgehängt, so wächst der Absorptionskoeffizient weit langsamer mit der Frequenz; vor allem aber ist er weit größer, besonders für tiefe Frequenzen; z. B. besitzt ein friesartiger Vorhangstoff, dicht an der Wand liegend, bei $f = 150$ Hz den Koeffizienten $a = 0{,}05$; bei Aufhängung in 10 cm Abstand von der Wand ist $a = 0{,}25$ und in 2 m Abstand $a = 0{,}35$. Soll also der Nachhall wirksam gedämpft werden, so muß das Material in einiger Entfernung von der Wand angebracht werden. Eine deutliche Zunahme der Absorption ergab auch eine Anordnung, bei der eine Wandfläche mit Filz bekleidet war und in 4 ... 5 cm Abstand davor eine durchlochte Wand aus mit Ölfarbe gestrichenem Kanevas aufgestellt wurde. (E. Meyer u. P. Just, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 18, S. 40.) *Bur.*

Richtwirkung von Strahlern. — Bei der Nachrichtenübermittlung durch elektrische, optische und akustische Zeichen ist die Richtwirkung des strahlenden bzw. empfangenden Systems von wesentlicher Bedeutung. Bedeutet ν die Frequenz, λ die Wellenlänge, $r_\varkappa$ den Abstand des Strahlers vom Aufpunkt, so ist die Richtcharakteristik (resultierende Amplitude) gegeben durch

$$R = \frac{1}{n}\sqrt{\left(\sum_{\varkappa=1}^{n}\cos\frac{2\pi r_\varkappa}{\lambda}\right)^2 + \left(\sum_{\varkappa=1}^{n}\sin\frac{2\pi r_\varkappa}{\lambda}\right)^2}.$$

Sind n Strahler mit den Koordinaten $x_1\,y_1$, $x_2\,y_2$, ..., $x_n\,y_n$ gegeben, so ist bei Vernachlässigung von Gliedern höherer Ordnung die Richtcharakteristik gegeben durch

$$R = \left|1 - \frac{2\pi}{\lambda^2}\left(\mathfrak{T}_x\cos^2\alpha + \mathfrak{T}_y\cos^2\beta\right)\right|,$$

wenn

$$\mathfrak{T}_x = \frac{x_1^2 + x_2^2 + \ldots + x_n^2}{n} \text{ und } \mathfrak{T}_y = \frac{y_1^2 + y_2^2 + \ldots + y_n^2}{n}$$

gesetzt ist. Der Koordinatenanfangspunkt liegt dabei im Schwerpunkt des Systems, und α, β, γ sind die Winkel der Aufpunktsgeraden mit den Achsen. Bei kontinuierlichen Strahlern treten an Stelle der obigen Summen Integrale. Für die Richtcharakteristik von gerader Linie, Kreislinie und Kreisfläche ergeben sich die Formeln:

$$R = \left|\frac{\sin\left(\frac{\pi d}{\lambda}\sin\gamma\right)}{\frac{\pi d}{\lambda}\sin\gamma}\right| \quad (d = \text{Länge der Geraden}),$$

$$R = \left|J_0\left(\frac{\pi d}{\lambda}\sin\gamma\right)\right|, \quad R = \left|\frac{2J_1\left(\frac{\pi d}{\lambda}\sin\gamma\right)}{\frac{\pi d}{\lambda}\sin\gamma}\right|,$$

wobei d der Kreisdurchmesser und J_0, J_1 die Besselschen Funktionen erster und zweiter Ordnung bedeuten. Sind n Strahler auf einer Geraden in gleichem Abstand d angeordnet (gerade Gruppe), so lautet die Charakteristik

$$R = \left|\frac{\sin\left(\frac{n\pi d}{\lambda}\sin\gamma\right)}{n\sin\left(\frac{\pi d}{\lambda}\sin\gamma\right)}\right|.$$

Sind n Strahler auf dem Kreise vom Durchmesser d in gleichem Abstande angeordnet (Kreisgruppe), so können die auftretenden Summen durch Entwicklung nach Besselschen Funktionen in eine praktisch bequeme Form gebracht werden, und die Charakteristik wird

$$R = \left|J_0\left(\frac{\pi d}{\lambda}\sin\gamma\right) + 2\sum_{p=1}^{\infty}J_{pn}\left(\frac{d\pi}{\lambda}\sin\gamma\right)\cos p\,n\,\varphi\right|,$$

wobei φ durch $\operatorname{tg}\varphi = \frac{\cos\alpha}{\cos\beta}$ gegeben ist und α, β, γ die Winkel der Aufpunktsgeraden mit den Koordinatenachsen bedeuten.

Will man bei teststehender Anordnung in beliebiger Richtung strahlen bzw. empfangen, so muß ein Phasenschieber benutzt werden. Dabei zeigt sich, daß dann die gerade Gruppe für bestimmte Bereiche praktisch unbrauchbar wird. Dagegen kann dies bei der Kreisgruppe bei richtiger Wahl von Kreisdurchmesser d und Anzahl n der Empfänger vermieden werden. Die dafür notwendige Bedingung ist gegeben durch

$$n \geq \frac{\pi d}{\lambda} + 2.$$

(H. Stenzel, AEG-Mitt. 1929, S. 342.) *Sb.*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Technische Messe Leipzig. — Das Haus der Elektrotechnik in Leipzig, das die gesamte deutsche Elektrotechnik umfaßt, ist während der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse vom 2. bis 12. März geöffnet. Man kann sich im HDE über Neuerungen in den verschiedenen Zweigen der Elektrotechnik informieren, während elektrische Antriebe für Werkzeugmaschinen aller Art insbesondere im Hause der Maschinenschau (Halle 9) zu schen sind, das in dem gleichen Zeitraum geöffnet ist.

3. Internationaler Kongreß für Technische Mechanik, Stockholm. — Vom 24. bis 29. VIII. 1930 wird der 3. Internationale Kongreß für Technische Mechanik in den Räumen der Technischen Hochschule, Stockholm, stattfinden. Kongreßsprachen sind Deutsch, Englisch, Französisch und Italienisch. Die Vorträge, die bis zum 1. III. spätestens angemeldet sein müssen, sollen Fragen der Hydro- und Aeromechanik, der Elastizitäts- und Festigkeitslehre und der Schwingungslehre behandeln, unter letzterer Rubrik z. B. auch Raumakustik und verwandte Fragen. Auskünfte erteilt der Generalsekretär Prof. W. Weibult, Kgl. Tekniska Högskolan, Valhallavägen, Stockholm (Schweden). *of*

Digitized by Google

Energiewirtschaft.

Die Elektrizitätsversorgung von Haushaltungen in Berlin. — Die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke AG. hatten im Oktober 1928 eine Erhebung über die Elektrisierung der Berliner Haushaltungen angestellt, deren Ergebnisse ein vor kurzem von Dipl.-Ing. H. Rückwardt und Dr. C. Albrecht in der Elektrizitätswirtsch. 1929, Nr. 494, veröffentlichter Bericht erläutert. Da die bezüglichen Fragebogen s. Z. unter dankenswerter Mitwirkung der Steuerbehörde zusammen mit den Haushaltungslisten der amtlichen Personenstandsaufnahme verteilt wurden, war der Prozentsatz der eingegangenen Antworten außerordentlich groß; ihre Zahl betrug bei 1 310 000 Haushaltungen, die am 10. X. 1928 in Berlin bestanden, 1 246 680. Nur 4,7 % hiervon, d. h. 58 286 Antworten, erwiesen sich als für die Bearbeitung ungeeignet, so daß die Ergebnisse der Untersuchung für 1 188 394 Haushaltungen oder 90,7 % aller vorhandenen gelten, also ein erschöpfendes Bild der damals obwaltenden Verhältnisse geben.

Von allen Haushaltungen waren am genannten Tag 51,8 % an die Netze der Bewag angeschlossen. Dieser Prozentsatz muß noch als recht gering bezeichnet werden und wird von anderen Städten weit überholt. Man muß aber berücksichtigen, daß in den einzelnen Stadtteilen und Verwaltungsbezirken von Berlin äußerst verschiedene Wohn- und Wirtschaftsverhältnisse herrschen. Im wohlhabenden Westen lag der Prozentsatz der angeschlossenen Wohnungen weit über dem Durchschnitt, ja in einzelnen Villenvororten waren fast alle Haushaltungen Stromabnehmer; in den Altberliner Verwaltungsbezirken dagegen betrug er weniger als 45 %. Wichtig ist auch die Kenntnis davon, wie die Anschlußwerte sich über die verschiedenen Wohnungsgrößen verteilen. Ohne Elektrizität waren von den gezählten

1-Zimmerwohnungen	. . . .	69,1 %
2- „	. . . .	49,1 „
3- „	. . . .	26,7 „
4- „	. . . .	13,3 „
5- „	. . . .	6,8 „
6- u. mehr „	. . . .	2,5 „

Man ersieht hieraus deutlich, wie weit gerade die Kleinwohnungen in der Elektrisierung zurück sind; ihnen deren Vorteile zu verschaffen, muß als eine wichtige soziale Aufgabe der Bewag angesehen werden.

Gegen das Jahr 1925, in dem (Mai) gleichfalls eine statistische Erhebung vorgenommen worden ist, hat sich die Gesamtzahl der Hausanschlüsse verdoppelt; denn damals waren von allen vorhandenen Haushaltungen nur 27,4 % angeschlossen. Es ist also mit Sicherheit vorauszusehen, daß die Anschlußbewegung auch weiterhin schnelle Fortschritte machen wird.

Nur für Beleuchtung verwendeten z. Z. der Erhebung 227 993 Haushaltungen Strom, für Licht und Haushaltgeräte deren 423 540. Das weitaus beliebteste Gerät ist das Bügeleisen, 364 494 Stück waren in Berlin in Betrieb; dann folgen der Staubsauger mit 179 390 und das Heizkissen mit 105 925 Stück. Von den übrigen Vorrichtungen brachten es nur noch die Heißluftduschen auf mehr als 50 Tausend (56 062). Ein noch besseres Bild erhält man, wenn man die Anzahl der einzelnen Geräte feststellt, die auf 100 elektrisierte Haushaltungen entfielen. Es ergibt sich dann folgende Übersicht:

Bügeleisen	55,95 %	Ventilatoren . . .	1,6 %
Staubsauger . . .	27,51 „	Kochherde u. Platten	1,54 „
Heizkissen	16,26 „	Waschmaschinen .	0,45 „
Heißluftduschen . .	8,61 „	Bohnergeräte . . .	0,40 „
Heizsonnen-Öfen .	7,35 „	Kühlschränke . . .	0,17 „
Kochtöpfe, Kaffee-, Teemaschinen . .	5,85 „	Warmwasserspeicher	0,15 „
Elektromediz. Apparate	3,80 „	Sonst. Geräte, Akku-Ladung, Netzanschluß usw. . . .	5,25 „
Haushaltsmotoren .	2,09 „		
Brat- u. Backgeräte	1,7 „		

Diese Zahlen zeigen mit besonderer Deutlichkeit, welch ein ergiebiges Arbeitsfeld sich hier einer geschickten, planmäßigen Werbetätigkeit noch bietet. Natürlich unter der Voraussetzung, daß die Berliner Tarife eine Elektrizitätsversorgung der Haushaltungen zu nicht wesentlich höheren Preisen als im Oktober 1928 ermöglichen. Damals kostete die Kilowattstunde 16 Pf; daneben wurde eine Grundgebühr erhoben, die, nach dem „Zählermeßbereich" berechnet,

z. B. für einen solchen von 660 W 2.40 RM monatlich,
„ „ „ „ 1100 „ 3,90 „ „

betrug. Dabei bestand die sehr wesentliche Vergünstigung, daß Haushaltgeräte bis zu einer Leistung von 1500 W nur mit je 30 W in Rechnung gestellt wurden. Für Energiespeicherung in der Zeit von 19 ... 7 (6)h berechnete die Bewag nur 8 Pf/kWh. Außerordentlich zu bedauern wäre es, gerade im Interesse der Inhaber kleiner und kleinster Wohnungen, wenn die damaligen entschieden haushaltfreundlichen Tarife bei der in Aussicht genommenen Strompreiserhöhung stark in Mitleidenschaft gezogen würden. Thierbach.

Die Leistungsteigerung bei Wasserkraftanlagen durch Pumpspeicherung. — Über dieses Thema sprach bei einem vom Deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraft-Verband, Berlin, veranstalteten Vortragsabend Dr.-Ing. Fritz Maier, Karlsruhe, und führte aus, daß die Wirtschaftlichkeit vieler Wasserkraftanlagen in hohem Grade von den Kosten des von ihnen zu liefernden Spitzenstroms abhängig sei. Die rationelle Betriebsführung von Anlagen, die nur einen Wochen- oder gar nur einen Tagesspeicher haben, leidet sehr darunter, daß zu gewissen Zeiten kein Bedarf für den vorhandenen Strom vorliegt, so daß man sich gezwungen sieht, das Wasser ungenutzt abfließen zu lassen, während man zu einer anderen Zeit nur mit großen Schwierigkeiten in der Lage ist, den eintretenden Spitzenbedarf zu decken Da das Charakteristische des letzteren darin besteht, daß er nur für einen kurzen Zeitraum eintritt, kann man in vielen Fällen unter Zuhilfenahme der Pumpspeicherung durch Ausnutzung des billigen Abfallstroms die Wirtschaftlichkeit der Anlage bedeutend erhöhen bzw. erst ermöglichen. So besitzt z. B. das Zweribachwerk eine Pumpspeicheranlage, deren Leistungsfähigkeit etwa 17 % der gesamten Installation beträgt, während beim Schwarzenbachwerk in Verbindung mit dem Murgwerk der entsprechende Anteil sogar auf 34 % gestiegen ist. Aus den Kosten des mittels der Pumpspeicherung erzielten Spitzenstroms, die sich aus einem konstanten Faktor (Investierungskosten) und einem veränderlichen (Betriebskosten) zusammensetzen, läßt sich leicht berechnen, wieviel noch der Abfallstrom kosten darf, wenn die Wirtschaftlichkeit des Betriebs nicht gefährdet werden soll. Nach Maiers Angaben hat es sich gezeigt, daß in den meisten Fällen die Erzeugung des Spitzenstroms nur mit Hilfe des eigenen Abfallstroms wenig zu empfehlen ist, da sich die Maschinensätze wegen der wechselnden Wasserführung nicht mit vollem Wirkungsgrad ausnutzen lassen. Sehr viel günstiger gestaltet sich die Betriebsführung allerdings, wenn billiger Abfallstrom eines anderen Werks mit herangezogen werden kann.

Der Wirkungsgrad einer durchschnittlichen Pumpspeicheranlage beträgt im Mittel etwa 50 ... 55 %, nur bei besonders sorgfältig durchkonstruierten Werken hat man Wirkungsgrade bis zu 60 % erzielt, so daß also durchschnittlich je Kilowattstunde Spitzenstrom etwa 1,8 bis 2,0 kWh Abfallstrom aufgewendet werden müssen. Besonders günstig können die Verhältnisse für eine Pumpspeicherung bei einer mehrstufigen Wasserkraftanlage liegen, wie z. B. im Wäggitalwerk, wo die Möglichkeit besteht, das Wasser der mittleren Stufe unter Benutzung des Abfallstroms auf die höchste Stufe hinaufzupumpen, von wo aus es sich dann für das gesamte vorhandene Gefälle zur Erzeugung des wertvollen Spitzenstroms ausnutzen läßt. Man kann dabei unter Umständen für 0,6 kWh Abfallstrom 1 kWh Spitzenstrom gewinnen.

Dr.-Ing. K. Safranez.

Ausfuhr elektrischer Arbeit aus Österreich. — Die Regierung hat eine provisorische Verordnung erlassen, welche die Bedingungen für die Ausfuhr elektrischer Arbeit bis auf weiteres regelt. Der Ausfuhrwerber hat nachzuweisen, daß die zum Export bestimmten Arbeitsmengen im Inland zu gleichen Bedingungen nicht angebracht werden können. Sollten seine Darlegungen dem Handelsministerium nicht genügen, so kann es anordnen, daß das Ausfuhransuchen auf seine Kosten in der amtlichen Wiener Zeitung und den verschiedenen Landeszeitungen mehrfach veröffentlicht wird, damit sich eventuelle Reflektanten aus dem Inland melden können. Diese Meldungen werden dem Bewilligungswerber zur Kenntnis gebracht, damit er Verhandlungen einleiten und entweder sein Gesuch zurückziehen bzw. einschränken oder unter Anführung der Gründe, aus denen die Verhandlungen zu keinem Ergebnis geführt haben, aufrecht erhalten kann. Vermag der Bewerber nachzuweisen, daß gleichzeitig für die Abnahme im Inland unter mindestens gleich günstigen Bedingungen weitere Arbeitsmengen bereitstehen, die für absehbare Zeit genügen, so kann ohne Einleitung des Verfahrens vom Ministerium eine Entscheidung getroffen werden; vorher sind die betreffenden Landesregierungen unter Beifügung des notwendigen Materials zu verstän-

Digitized by Google

digen. Bekanntlich verfügt auch das Elektrizitätsgesetz vom 2. VII. 1929, daß die Ausfuhr elektrischer Arbeit versagt oder beschränkt werden kann, falls es sich um Mengen handelt, die im Verhältnis zum Gesamtbedarf des Inlands der Menge oder dem Werte nach als Spitzen- oder Speicherkraft von besonderer Bedeutung sind. Interessenten können auch ohne Stellung eines Ansuchens um Ausfuhrbewilligung eine Entscheidung darüber verlangen, ob für ihren Fall diese Bestimmung in Frage kommt. *Hgn.*

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken (EVE) am Dienstag, dem 21. Januar 1930, 8 Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Erweiterungsbau, Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Obering. Kumlik über das Thema: „Erfahrungen mit Außenschaltanlagen im Winter 1929/1930".

Inhaltsangabe:

Einfluß der allgemeinen Disposition auf den Winterbetrieb. — Trennschalter und Isolatoren. — Aufbaumaterial. — Ölschalter. — Antriebe und Zubehör. — Umspanner und Wandler.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Berlin-Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß
für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken.
Der Vorsitzende:
Dr. Rehmer.

Jubiläumsfeier.

Bekanntmachung

betr. Zwangloses Beisammensein am Sonnabend, dem 25. Januar 1930, abends,

(vgl. die Einladungen in Heft 1 und 2 der ETZ 1930, S. 37 bzw. 68).

Um den auswärtigen Teilnehmern an den Jubiläumsveranstaltungen zu ermöglichen, sich untereinander und mit ihren Berliner Freunden und Bekannten zu treffen, ist hierzu

von 20 Uhr ab im Hotel Esplanade, Berlin W, Bellevuestr. 16/17, Eingang Portal 1, im Kaiser- und Blauem Saal

Gelegenheit geboten.

Programm

des Besuchs Berliner Museen am Sonntag, dem 26. Januar 1930, sowie der Besichtigung technischer Betriebe und wissenschaftlicher Institute am Montag, dem 27., und Dienstag, dem 28. Januar 1930,

aus Anlaß des 50jährigen Bestehens des Elektrotechnischen Vereins.

I. Besuch folgender Museen unter sachkundiger Führung

am Sonntag, dem 26. Januar:

1. 9 Uhr Kaiser-Friedrich-Museum, Berlin N 24, Monbijoustraße.
   (Bildwerke der antiken Kulturvölker und der altchristlichen Zeit in Originalen und Nachbildungen; Münzen- und Medaillensammlung.)
2. 9 Uhr Nationalgalerie, Berlin C, Museumstraße 1—3.
   (Umfassender Überblick über die Entwicklung und die Richtungen der deutschen Malerei der letzten zwei Jahrhunderte.)
3. 10 Uhr Reichspostmuseum, Berlin W 66, Leipziger Straße Ecke Mauerstraße.
   (Das von Heinrich v. Stephan, dem Mitbegründer des Elektrotechnischen Vereins, ins Leben gerufene Museum zeigt die Entwicklung des Post-, Nachrichten- und Verkehrswesens seit den frühesten Zeiten.)
4. 10 Uhr: Verkehrs- und Baumuseum, Berlin N, Invalidenstr. 50—51.
   (Entwicklung und Betrieb der Eisenbahnen; Eisenbahnbrücken; Gleissammlung; Wasserbau; Hochbau; Beleuchtungswesen. Zahlreiche Modelle und Originale, die teilweise in Betrieb vorgeführt werden.)
5. 10 Uhr: Museum für Völkerkunde — Abteilung Asien —, Berlin SW 11, Königgrätzer Str. 120.
   (Die Sammlungen, die an Wert und Reichhaltigkeit mit denen des Britischen Museums wetteifern, bringen in einzigartiger Weise das kulturelle und religiöse Leben alter und untergegangener Völker Asiens zur Anschauung.)

Die Besichtigung der Museen ist für die Teilnehmer unentgeltlich, sofern sie ihre Berechtigungskarten (vgl. Bemerkung am Schluß) beim Eintritt vorzeigen.

II. Besichtigung technischer Betriebe und wissenschaftlicher Institute.

A. Am Montag, dem 27. Januar:

1. 10 Uhr: Schaltwerk der Siemens-Schuckertwerke AG., Bln.-Siemensstadt.
2. 10 Uhr: Fabriken der Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft AG., Berlin N 31, Brunnenstr. 107 a.
3. 10 Uhr: Ruths-Speicheranlagen der Berliner Städtische Elektrizitäts-Werke AG., Berlin-Charlottenburg, Spreebord.
4. 10 Uhr: Reichspostzentralamt, Berlin-Tempelhof, Schöneberger Str. 11/15.
5. 10 Uhr: Neues Druckhaus des Ullstein-Verlags, Berlin-Tempelhof, Berliner Straße 104.
6. 14.30 Uhr: Großkraftwerk Klingenberg der Berliner Städtische Elektrizitäts-Werke AG., Berlin-Rummelsburg, Köpenicker Chaussee.

Die in Heft 1 der ETZ 1930, Seite 38 oben, angekündigte Besichtigung des „Neuen Westwerks" kommt nicht zur Ausführung.

B. Dienstag, den 28. Januar 1930.

1. 10 Uhr: Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin-Charlottenburg, Werner-Siemens-Str. 8/12.
2. 10 Uhr: Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung, Berlin NW 87, Franklinstr. 1.
   Es können an einer Führung jeweils höchstens 30 Personen teilnehmen. Bei Bedarf werden weitere Führungen um 11 und um 12 Uhr veranstaltet. Diese Besichtigung ist zunächst auf die auswärtigen Festteilnehmer beschränkt; den in Groß-Berlin ansässigen Gästen und Mitgliedern ist später noch Gelegenheit zur Besichtigung des Heinrich-Hertz-Instituts geboten.
3. 10 Uhr: „Haus der Technik", Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft AG., Berlin N 24, Friedrichstr. 110/112.
4. 10 Uhr: „Kleinbauwerk" — auch Blindenstation — der Siemens-Schuckertwerke AG. in Berlin-Siemensstadt.
5. 10 Uhr: Telephon-Apparat-Fabrik E. Zwietusch & Co. G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg, Salzufer 6/7.
6. 10 Uhr: Gebr. Wittler, Großbäckerei, Berlin N, Maxstr. 2/5.
7. 9.30 Uhr: Aschinger AG., Großschlächterei u. Bäckerei, Berlin NO, Saarbrücker straße 36/38.
8. 14 Uhr: Berliner Kindl-Brauerei AG., Berlin-Neukölln, Jägerstr. 16/40.

Da die Teilnehmerzahl im allgemeinen beschränkt und bei den einzelnen Betrieben und In-

Digitized by Google

Bekanntmachung des VDE.

Kommission für Koch- und Heizgeräte.

Die Kommission für Koch- und Heizgeräte hat die „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen, V.E.Hz./1925" neu bearbeitet.

Der von der Kommission aufgestellte neue Entwurf zu

Vorschriften für Elektrowärmegeräte bis 750 V Betriebspannung, V.E.W.

soll dem mit Vollmacht versehenen VDE-Ausschuß 1930 zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 15. März 1930 an die Geschäftstelle zu richten.

Sonderdrucke werden Interessenten von der Geschäftstelle des VDE kostenlos zur Verfügung gestellt.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

stituten auch verschieden ist, werden für die einzelnen Veranstaltungen besondere, auf den Namen ausgestellte Berechtigungskarten ausgestellt. Diese enthalten außer den Besichtigungszeiten auch die Treffpunkte und die Verkehrsverbindungen.

Die Teilnehmerkarten sind in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins in Empfang zu nehmen.

Der Zutritt zu den Museen und die Teilnahme an der Besichtigung der technischen Anlagen und wissenschaftlichen Institute ist nur gegen Vorzeigung der Berechtigungskarten, die als Ausweis dienen, gestattet.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929.

Das VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929 der XXXIV. Jahresversammlung des VDE in Aachen ist soeben erschienen. Der Inhalt des Heftes gibt die auf der XXXIV. Jahresversammlung des VDE am 8. und 9. Juli 1929 in der Technischen Hochschule Aachen gehaltenen Fachberichte nebst den anschließenden Besprechungen wieder. Die Preise sind:

Für Mitglieder geheftet	5.—	RM,
„ „ gebunden . . .	6.—	„
für Nichtmitglieder geheftet . .	9.—	„
„ „ gebunden . .	10.—	„
Versandkosten	0,50	„

Bestellungen bitten wir umgehend an die Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu richten. Der Versand erfolgt sofort.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Oberschl. Elektrotechn. Verein, Gleiwitz 21. I. 1930, nachm. 5 h, Büchereisaal der Donnersmarckhütte, Hindenburg O.-S.: Vortrag Dipl.-Ing. E. Richter, „Der cos φ".

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover (gemeinsam mit dem Bezirksverein Dt. Ing.). 18. I. 1930, abds. 7½ h, Stadthalle (Eingang Waldseite): Winterfest.

Schleswig-Holsteinischer Elektrotechn. Verein, Kiel. 24. I. 1930, Physikal. Inst. d. Universität: Vortrag Dr. Fr. Lange, „Ultrakurze Wellen unter bes. Berücks. in Schiffahrt und Medizin".

Elektrotechn. Verein München. 22. I. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 848 der T. H.: Lichtbildervortrag Obering. Kachler, „Die Entwicklung der Dampfturbinen unter dem Einfluß der Forderung höchster Wirtschaftlichkeit".

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 17. I. 1930, abds. 8¼ h, Konzerthaus: Vortrag Obering. Dr. Egor, „Neuere Entwicklung in der Elektrochemie unter Bezugnahme auf besonders große Anlagen für feurige und wäßrige Elektrolyse".

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 19. I. 1930, vorm. 11 h, Königsbau-Lichtspiele: Vortrag Dir. E. Mayer „Techn. Entwicklung der Tonfilme sowie die Aussichten auf dem Tonfilm- und Fernsehgebiet" (m. Lichtb. u. Vorführ.).

Lichttechnische Gesellschaft, Karlsruhe. 1. 19. I. 1930: Besichtigung des Landestheaters. Treffpunkt: 11 h, Landestheater. 2. 21. I. 1930, abds. 8 h, gr. Hörsaal des Chem.-Techn. Instituts der T. H. Vortrag Torsten Hecht, „Licht- und Formprobleme des modernen Theaters".

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 21. I. 1930, abds. 7 h, gr. Saal des Ingenieurhauses: Vortrag Dr.-Ing. G. Nicolaus, „Maschinentechnik im Druckereibetrieb".

Physikalische Gesellschaft, Berlin. 24. I. 1930, nachm. 5½ h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. d. Universität, Reichstagsufer 7/8: 1. Vortrag M. Born, „Zur Quantenmechanik der Atomstöße und der Molekülbildung". 2. Vortrag I. Meyer, „Eine experimentelle Bestimmung der Elektronenaffinität von Halogenatomen".

Deutscher Wasserwirtschafts- und Wasserkraft-Verband, Berlin. 4. II. 1930, nachm. 5½ h, gr. Vortragsaal der Berliner Funkhalle, Königin-Elisabeth-Str. 23: Lichtbilder-Vortrag Dr.-Ing. M. Schirmer, „Die kulturtechn. Grundlagen der Bewirtschaftung von Stromniederungen".

PERSÖNLICHES.

Auszeichnungen. — Von der T. H. Aachen wurde dem Direktor der AEG, Dr. phil. Lionel Fleischmann, Berlin, in Anerkennung seiner hervorragenden wissenschaftlichen und praktischen Verdienste um die Entwicklung der Elektrotechnik die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen. Die gleiche Auszeichnung wurde dem Direktor der Amper-Werke AG., Joseph Bergmeister, München, zuteil, in Anerkennung seiner hervorragenden wissenschaftlichen und praktischen Verdienste um die Entwicklung der Überlandversorgung, insbesondere die Ausgestaltung der dazu notwendigen Schaltanlagen und Transformatoren. Ferner ernannte die T. H. Aachen Herrn Ludolf Plaß, Direktor der Metallurgischen Gesellschaft AG. in Frankfurt a. M., zum Dr.-Ing. E. h. in Würdigung seiner Verdienste um die Vervollkommnung der elektrischen Gasreinigung.

Jubiläum. — Direktor Siegfried Hirschmann von der Deutsche Kabelwerke AG., Berlin, feierte am 2. I. 1930 sein 10jähriges Dienstjubiläum bei diesem Werke, welches letztere an demselben Tage auf sein 40jähriges Bestehen zurückblicken konnte.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Über die Größenkonstante des Transformators.

In der ETZ 1929, S. 711, gibt Herr W. KEHSE, Moskau, eine Gleichung für die Abmessungen eines Transformators von der Form

$$\text{Nennleistung [kVA]} = C_{tr} L D^2 B . 10^{-9},$$

worin L die Kernlänge, D den Durchmesser des um die Kernfigur beschriebenen Kreises, B die Induktion im Kernquerschnitt bedeuten.

Ich habe diese Formel seit mehr als zwanzig Jahren bei meinen Vorlesungen über Konstruktion von Maschinen und Transformatoren an der Technischen Hochschule in Delft gebracht, und sie ist auch bereits in dem Auszug vom Jahre 1907 (beknopte handleiding no 15, p. 33) veröffentlicht. Nur schreibe ich noch mehr in Übereinstimmung mit den für Maschinen gebräuchlichen Formeln:

$$\text{Nennleistung [kVA]} = C z D^2 L v$$

für D und L in m, worin

Digitized by Google

$$C = \frac{4{,}44 \cdot \pi}{2 \cdot 4} \frac{AS}{100} \frac{B}{1000} f_e = 1{,}74 \frac{AS}{100} \frac{B}{1000} f_e$$

$$AS = \frac{2 J_1 w_1}{L};$$

z Anzahl bewickelter Kerne, f_e Eisenfüllfaktor, ν Frequenz in Hz.

Allerdings waren meine spezifischen Belastungen AS und B, der damaligen Praxis entsprechend, niedriger als sie jetzt durch Herrn KEHSE und in der Zwischenzeit seit 1907 auch von mir angegeben werden.

Delft, 3. XII. 1929. C. Feldmann.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Beleuchtung von Innenräumen durch Tageslicht, ihre Messung u. ihre Berechn. nach d. Wirkungsgradmethode (Lichttechn. Hefte d. Dt. Beleuchtungstechn. Ges. E. V.) 2. Heft. Von Dr.-Ing. H. G. Frühling. Mit 34 Abb. u. 95 S. in 8°. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin 1929. Preis geh. 4,80 RM.

Da die frühere Methode, nämlich die Messung des von Weber angegebenen Tageslichtquotienten (d. i. Beleuchtungstärke des Platzes zu Leuchtdichte des Himmels), sehr unsichere und wechselnde Resultate ergeben hat, und da aus diesen Messungen keine Schlüsse auf die Vorausberechnung der Tageslichtbeleuchtung gezogen werden können, hat der Verfasser auf Anregung von Dr. Bloch eine große Zahl von Tageslichtmessungen durchgeführt. Mit dem Beleuchtungsmesser von Schmidt u. Haensch wurde bei diffusem Tageslicht die Beleuchtung im Innern an vielen Plätzen gemessen und auf die Horizontalbeleuchtung im Freien bzw. auf die Vertikalbeleuchtung des Fensters bezogen. Daneben wurde die Art des Raumes, der Fenster sowie die Abdeckung der dem Fenster gegenüberliegenden Himmelsfläche durch Gebäude usw. bestimmt. Der Wirkungsgrad eines Raumes wird definiert als das Verhältnis des Nutzlichtstromes auf der Horizontalebene in 1 m Höhe zu dem durch die Fenster eintretenden Lichtstrom. Dieser Wirkungsgrad ergab sich zu 30 ... 50 %, seine Abhängigkeit von den verschiedenen Faktoren wird besprochen, ebenso die Beleuchtungsverteilung im Raum in Abhängigkeit von der Art der Fenster, der Vorhänge, Gläser usw.

Die anschließende Berechnung der Tageslichtbeleuchtung stützt sich auf die Kenntnis 1. des Raumwirkungsgrades, 2. des Fensterfaktors (Vertikalbeleuchtung des Fensters: Horizontalbeleuchtung im Freien) und 3. des Quotienten Fensterfläche zu Bodenfläche. Es wird gezeigt, wie der Fensterfaktor aus den von Burchard abgeleiteten Formeln für die Vertikalbeleuchtung der Hauswand und aus dem von ihm angegebenen Beleuchtungs-Meßblatt abgeleitet werden kann.

Ein ausführliches Literaturverzeichnis beschließt das kurz gefaßte und klar geschriebene Werk, das allen, die sich mit Tageslichtmessungen und Berechnungen zu beschäftigen haben, warm empfohlen werden kann.

W. Voege.

Aufgaben aus der Fernmeldetechnik (Telegraphen-, Fernsprech- u. Funktechnik) nebst Lösungen. Von K. Buttler. Mit 264 S. in 8°. Verlag Franz Westphal, Lübeck 1929. Preis geb. 11,50 RM.

Das Buch enthält annähernd 500 Aufgaben aus allen Gebieten der Fernmeldetechnik. Zu jeder Aufgabe ist eine Anleitung gegeben sowie die Lösung. In jedem größeren Kapitel werden einleitend meist Aufgaben zur Erlernung der Theorie gegeben und darauf eine größere Anzahl von Zahlenbeispielen zur weiteren Übung. Das Buch füllt eine bisher fühlbare Lücke in der Literatur aus. Mit großer Sachkenntnis und vielem Geschick sind gerade die wichtigsten und auch neuesten Gebiete behandelt. Am besten zeigt die Angabe einiger Kapitel die Fülle des behandelten Stoffes. Neben Kapazität und Induktivität werden unter anderen Ausgleichsvorgänge in Gleichstromkreisen, elektrische Schwingungen, die homogene und inhomogene Leitung, die Pupinleitung, Kettenleiter und Verstärkerröhren behandelt. Ein Anhang der wichtigsten Formeln der komplexen Zahlenlehre, Hyperbel- und e-Funktionen sowie eine fernmeldetechnische Formelsammlung erleichtern die Durchführung der Rechnungen. Das Buch ist von besonderem Wert für die Studierenden der Fernmeldetechnik und kann überdies jedem, der an der Fernmeldetechnik interessiert ist, aufs wärmste empfohlen werden.

Das Buch ist vom Verlag gut ausgestattet. Übersichtliche Anordnung und klarer Druck erleichtern das Zurechtfinden. Feige, Berlin.

Operational circuit analysis. Von Prof. V. Bush m. 1 Anhang von Prof. N. Wiener. Mit 104 Fig. i. Text, X u. 392 S. in 8°. Verlag John Wiley & Sons, Inc., New York, und Chapmann & Hall, Ltd., London 1929. Preis geb. 22/6 s.

Die Operatorenrechnung, lange Zeit hindurch als mathematisch anfechtbar berüchtigt, konnte in den letzten Jahren in ihren wesentlichen Teilen streng begründet werden. Die Amerikaner haben zuerst Darstellungen dieser neuen Erkenntnisse gesucht und gefunden: Auf dem Wege über die Theorie komplexer Integrale wird die Operatorenrechnung zu einer Stenographie gewisser funktionentheoretischer Verfahren, welche die formale und numerische Auswertung jener Integrale bezwecken. Dem grundlegenden Werke Carsons läßt nunmehr Bush eine etwas weiter gegriffene Darstellung folgen. Konnte Carson auf die komplexe Integration verzichten, so deutet Bush, um tiefer reichende Sätze zu begründen, einige funktionentheoretische Wurzeln an; die eigentlichen Probleme dieser Betrachtungsweise werden indes dem Leser nicht vor Augen geführt. Inhaltlich gibt Bush mehr als Carson, indem er grundsätzlich alle linearen Systeme in den Kreis seiner Betrachtungen zieht, sie freilich mit ganz wenigen Ausnahmen an elektrischen Systemen erläutert. Da aber die Operatorenrechnung notwendig auf bekannte Integrale oder Funktionen zurückgreifen muß, liegt hierbei eine gewisse Armut an Problemen im Wesen der Sache: Man findet oft geistvolle Zusammenstellungen von Aufgaben, die „gehen", aber deren Lösung aus diesem Grund auch schon klassisch geworden ist und dem forschenden Ingenieur nichts Neues gibt. Man wird deshalb die Lektüre des Buches Studierenden zuraten, denen diese Beispiele auch an sich Wertvolles bieten; ihnen wird die breite, mit reichem Anschauungsbeiwerk versehene Darstellung angenehm sein. Vom Standpunkt wissenschaftlicher Erkenntnis aus kann man dagegen dieses Buch kaum als eine Bereicherung empfinden, und neue Darstellungen dieses Gebietes, so „modern" es auch sein mag, erscheinen vorerst unnötig. Erst wenn es gelingt, mit neuen Gedanken die formalen Rechenregeln zu sprengen und wirklich neue Fragen zu meistern, wird die Zeit für weitere Bücher über Operatorenrechnung gekommen sein. F. Ollendorff.

Wirtschaftlichste Isolierstärke bei Wärme- und Kälteschutzanlagen und Wärmeabgabe isolierter Rohre bei unterbrochener Betriebsweise. Von Dr.-Ing. I. S. Cammerer. Mit 22 Textabb., 14 Zahlentaf. u. 90 S. in 8°. Industrieverlag von Hernhausen AG., Berlin 1928. Preis geb. 6 RM.

Im vorliegenden Werk stellt sich der Verfasser die Aufgabe, die Wirtschaftlichkeit von Wärmeisolationen unter Beachtung verschiedenartiger Betriebszustände zu untersuchen und deren Einflüsse auf die anwendbaren Kosten durch eine Berechnungsmethode unter Verwendung von Zahlentafeln darzulegen. Bei dem heutigen Umfang von wärmeführenden Rohrleitungen und Vorrichtungen, wie sie in Industrie- und Kraftanlagen durch die Verwendung von Höchstdruckdampf mit den höchst erreichbaren Überhitztemperaturen mehr und mehr üblich werden, gewinnt die Wahl der richtigen Isolation nach Stoff und Stärke natürlich erhöhte Bedeutung. Die Kenntnis hierfür wird durch die vorliegende Arbeit zweifellos sehr gefördert, da sie dem Wärmefachmann hierzu die Beurteilung über die Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit von Isolationen erleichtert. Das Werk kann daher allen jenen, die sich theoretisch oder praktisch mit den Fragen der Wärmeisolation beschäftigen, bestens empfohlen werden. Rupnow.

Das Einrichten von Halbautomaten. Die Einspindel-Maschinen System Potter & Johnston und Monforts, die Mehrspindel-Maschine System Prentice. Von J. van Himbergen, A. Bleckmann, A. Waßmuth (Werkstattbücher Nr. 36). Mit 45 Fig. im Text u. 52 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis kart. 2 RM.

Das vorliegende Heft ist das vierte, in dem das Einrichten von Automaten behandelt wird. Es wird zunächst kurz auf das Wesen der Halbautomaten eingegangen, die, obwohl zwischen den Revolverbänken und Vollautomaten stehend, nicht etwa eine Vorstufe der letzten sind, sondern erst viel später nach ihnen entstanden sind. Es werden nacheinander behandelt: der Halbautomat System Potter & Johnston (Bauart Pittler), der Monforts-Halbautomat und der Mehrspindelhalbautomat System Prentice (Bauart Gildemeister & Co.), von denen der mittlere insofern besondere Beachtung verdient, als er eine völlig

Digitized by Google

selbständige deutsche Konstruktion darstellt. Besonders wertvoll für den Benutzer des Heftes dürften hierbei die Ausführungen über das Berechnen der Arbeitszeit für bestimmte Werkstücke sein, die unter Zugrundelegung von Beispielen gegeben werden. Das Heft wird dadurch noch wertvoller, daß über das Einrichten von Halbautomaten in der Literatur nicht viel vorhanden ist. Das Erscheinen solcher Hefte kann daher nur begrüßt werden. Witt.

Handbuch der Automatentechnik. System Fuld. Von Obering. K. Scheibe. 1. Teil: Drehwählersystem. Mit 42 Textabb. (davon 12 Klapptaf.) u. 100 S. in 8°. Verlag von H. Fuld & Co., Telephon- u. Telegraphenwerke, Frankfurt a. M. 1928. Preis geb. 7 RM.

Der grundsätzliche Aufbau und die zur Lösung der einzelnen Betriebsaufgaben bei dem Automatensystem von Fuld angewendeten Schaltmittel werden in einem einleitenden Abschnitt an Hand guter Abbildungen in allgemein verständlicher Art beschrieben. Anschließend daran finden die Systeme für 10. 25 und 50 Teilnehmeranschlüsse sowie das 100- und 1000System eine eingehende und klare Darstellung. Göhre.

Leitfaden für Gießereilaboratorien. Von Prof. Dr.-Ing. E. h. B. Osann. 3. durchges. Aufl. Mit 12 Abb. im Text, VI u. 64 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis kart. 3.30 RM.

Das kleine Buch hat nicht nur in Gießereilaboratorien, für die es geschrieben ist, sondern auch in weiteren Kreisen eine gute Aufnahme gefunden. Das beweist das Erscheinen der 3. Auflage innerhalb kurzer Zeit. Bei dem beschränkten Raum konnte leider eine so schöne Manganbestimmung wie die Persulfatmethode keine Aufnahme finden. Lieber würde man die alte Eggertzsche kolorimetrische Kohlenstoffmethode missen, an die man nur mit größtem Mißtrauen heranzutreten vermag. Jedenfalls müßte sehr scharf betont werden, daß ihre Anwendung große Erfahrung und Vorsicht erfordert. Die genaue Bestimmung des Kohlenstoffs im Marsofen bietet noch Überraschungen genug, wenn man nicht die Probe im Schiffchen auf Höchsttemperatur bringt, ehe man den Sauerstoff zur Verbrennung durchleitet, worauf leider der Hinweis fehlt. Sehr zu begrüßen ist die Aufnahme von Methoden für die Bestimmung von Nickel und Chrom, die heute schon ziemlich oft dem Gußeisen zugesetzt werden und noch öfter dem Stahl. M. Escher.

Kommentar zum Wettbewerbsrecht. (Wettbewerbsgesetz und wettbewerbsrechtliche Vorschriften des Warenbezeichnungsgesetzes, Bürgerlichen Gesetzbuchs und Handelsgesetzbuchs). Von Dr. A. Baumbach. Mit XII u. 585 S. in 8°. Verlag Otto Liebmann, Berlin 1929. Preis geb. 29 RM.

Dieses an guten Kommentaren nicht arme Gebiet wird durch den Verfasser, den ehemaligen Senatspräsidenten des Kammergerichts, um ein neues interessantes Werk bereichert. Es beschränkt sich nicht auf die Bearbeitung des UWG., sondern zieht, die Materie ausschöpfend, die einschlägigen Bestimmungen anderer Gesetze, insbesondere des BGB., Wzg. und des HGB. zur eingehenden Erörterung mit heran. In einer Einleitung werden zunächst systematisch die allgemeinen Grundlagen und dann die einzelnen Paragraphen kommentarmäßig behandelt. Hierbei ist neben der deutschen Rechtsprechung auch jedesmal in erheblichem Umfang auf die Praxis wichtiger Auslandsstaaten, insbesondere Frankreichs, Amerikas und Englands verwiesen. Besonders lesenswert ist die Auseinandersetzung mit den starken Schwankungen der Rechtsprechung des Reichsgerichts, dem der Verfasser vorwirft, daß es nicht genug nach höheren rechtlichen Gesichtspunkten arbeite und die aufgestellten Normen zu leicht beiseite werfe. Die deutsche Praxis mit den Merkmalen der Sittenwidrigkeit, dem „Anstandsgefühl aller gerecht und billig Denkenden" sei verfehlt, zumal dabei das Reichsgericht in die Lage komme, den Untergerichten bescheinigen zu müssen, daß sier hierfür nicht den richtigen Maßstab haben. Statt dessen müsse das Anstandsgefühl des verständigen Durchschnittskaufmanns maßgebend sein. Die Richtigkeit dieser Kritik zeigt die Tatsache, daß sie in letzter Zeit auch von anderen maßgebenden Schriftstellern geteilt worden ist.

Das Buch ist leichtfaßlich mit frischem Temperament und in der Polemik oft drastisch geschrieben. Dem Kommentar sind die behandelten in- und ausländischen Gesetzestexte und internationalen Abkommen vorangesetzt, während ihn ein sehr detailliertes Register abschließt. Das Werk wird sich sicher einen geachteten Platz in der UWG.-Literatur schaffen. H. Herzfeld I.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Das elektrotechnische Geschäft der Engländer im Jahr 1929. — In einer Übersicht über die Entwicklung der Elektrizitätsindustrie während des Jahres 1929 stellt The Electrician[1] fest, daß das Geschäftsergebnis nicht schlechter gewesen sei als das 1928 erzielte. Der Überschuß der Ausfuhr, der am Schluß der ersten elf Monate des Vorjahres 11 081 293 £ betrug, habe sich allerdings um 746 853 £ auf 10 334 440 £ ermäßigt, bei der Beurteilung dieser Abnahme müsse man aber die Verringerung berücksichtigen, die die Preise der Materialien und Fabrikate im Berichtsjahr erfahren hätten. Ungeachtet dieser sei der Gesamtexport — vorläufig ohne die Dezemberausfuhr — um 924 641 £ größer gewesen als der von 1928 (die Einfuhr ist um 1 671 494 £ gestiegen). Gegenüber der gleichen Periode des Vorjahres habe der Versand elektrischer Maschinen freilich 392 231 £ eingebüßt, was indessen, wie die Beschäftigung des betreffenden Industriezweigs erkennen lasse, nicht notwendigerweise die Verschiffung kleinerer Warenmengen zu bedeuten brauche, der Wert des ins Ausland gelieferten Leitungsmaterials, einschl. der Unterseekabel, zeige aber eine Erhöhung um nahezu 1,5 Mill £. Dabei hätten gerade diese beiden Erzeugnisgruppen stark mit dem Wettbewerb des Auslands zu kämpfen. Sehr befriedigend habe sich das Geschäft auf dem heimischen Markt entwickelt und eine große Zahl wertvoller Abschlüsse gebracht. Wohl der bedeutendste Auftraggeber sei der Central Electricity Board gewesen, dem allein die Industrie Bestellungen im Wert von über 6 Mill £ verdanke. Daneben hätten besonders die Gemeinden und Eisenbahnen als beachtlichste Käufer gewirkt und nebst anderen Interessenten Aufträge von zusammen mehr als 3 Mill £ erteilt, so daß sich einschl. des auf die elf Monate entfallenden Exportswerts (17 822 826 £) ein Gesamtbetrag von rd. 26,9 Mill £ ergäbe, der jedoch nur eine vorsichtige Schätzung aller 1929 von der englischen Elektroindustrie gebuchten Abschlüsse darstelle. Diese könne daher mit Zuversicht das neue Jahr beginnen.

Vorgänge im Ausland. — Die Westinghouse Electric & Manufacturing Co. hat nach El. World 19 Unternehmungen des elektrotechnischen Großhandels mit einem gesamten Jahresumsatz von 60 Mill $ und Zweigniederlassungen in 60 Städten der V. S. Amerika unter der Firma Westinghouse Electric Supply Co. zu einem System vereinigt. Vorher gehörten diese Gesellschaften zur Westinghouse Commercial Investment Co., führten die Geschäfte aber unter ihren Namen und mit einer eigenen Organisation. Der Zusammenschluß soll einen besseren Wirkungsgrad der Verteilung elektrotechnischer Erzeugnisse zur Folge haben, und zu dem Zwecke werden in verschiedenen Städten zentrale Reservewarenlager angelegt, die die 60 Verkaufsstätten schneller, als es bisher geschah, mit dem Nötigen versehen. — Wie die Dt. Allg. Zg. berichtet, ist das Abkommen zwischen der Westinghouse Electric & Manufacturing Co. und der Radio Corporation of America Ende des vorigen Jahres abgelaufen und nicht erneuert worden. Die Radio Corporation wird ihre gesamten Fabrikationsinteressen der Radio-Victor Corporation übertragen, doch behält die Westinghouse Co. die in ihrem Besitz befindlichen 250 000 Aktien der Radio Corp. — Beim polnischen Verband der elektrotechnischen Unternehmungen ist nach einem Bericht der Ind. Handelszg. eine Exportkommission gebildet worden, deren Hauptaufgabe in der Erforschung und Beobachtung der Absatz- und Marktbedingungen liegt. Zunächst soll auf dem Wege einer Spezialenquête ermittelt werden, welche Erzeugnisse der elektrotechnischen Industrie überhaupt für die Ausfuhr in Betracht kommen, die man mit Nachdruck pflegen zu wollen scheint, weil die eigene Produktion immer mehr die Aufnahmefähigkeit des Binnenmarktes überschreitet.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Die Einfuhr der vom Tarifunterabschnitt 18 B zusammengefaßten Erzeugnisse war im November 1929 mengenmäßig um 3842 dz (36,5 %) geringer als im Vormonat (10 513 dz bzw. 4,322 Mill RM), wertlich aber um 0,113 Mill RM größer. Verglichen mit dem Parallelmonat des Vorjahres (8710 dz bzw. 4,252 Mill RM) ergibt sich eine Abnahme der Menge um 2039 dz (23 %) und eine Steigerung des Werts um 0,183 Mill RM. Die Ausfuhr, die im Berichtsmonat nach den Angaben des Statistischen Reichsamts 4976 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 1,402 Mill RM enthielt, ist hinter der des Oktober (163 890 dz bzw. 59,885 Mill RM) um 30 534 dz (18,6 %) und 7,178 Mill RM (12 %) zurückgeblieben, weist jedoch im Vergleich mit dem November 1928 (132 958 dz bzw. 45,917 Mill RM) eine Erhöhung um 398 dz bzw. 6.790 Mill RM (15 %) auf. Für die abgelaufenen elf Monate ergibt sich bei der Einfuhr gegenüber der gleichen Periode

[1] Bd. 103, 1929, S. 784.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 111, 1827.

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		November	Januar/November		November	Januar/November	
		1929	1929	1928	1929	1929	1928
9 .7 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren . . .	28	944	1 521	648*	7 497*	6 511*
907 b bis g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	2 782	35 728	45 825	27 157*	297 128*	281 501*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	136	2 124	1 420	1 849*	18 049*	24 474*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden) .	239	5 086	6 947	4 892*	48 752*	51 336*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	646	15 309	14 633	33 098*	526 449*	447 610*
910 a bis c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	52	216	193	358*	4 006*	4 322
911 a	Metallfadenlampen	430	2 568	2 366	1 221	12 385*	11 777*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	13	83	59	51	402*	668*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	9	125	80	36	257*	187
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittelungseinrichtungen; Bestandteile davon .	33	876	564	1 678*	18 289*	14 420*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	591	5 933	3 243	7 639*	53 465*	37 202*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	188	1 889	1 811	2 805*	31 064*	27 022*
912 B	Bügeleisen; Bestandteile davon	10	37	16	834	7 748*	6 047
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; Bestandteile davon	356	2 102	[9] 1 410	1 637*	15 141*	11 783*
912 D	Röntgenröhren; Bestandteile davon	2	23	11	20	195*	122*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	176	2 783	2 663	2 390*	24 502*	17 141*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	13	202	152	2 308*	13 420*	10 740*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	890	11 413	11 040	29 909*	300 978*	284 306*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	38	605	909	1 493*	16 343*	15 153*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon .	20	344	660	9 398	70 827	52 671*
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	17	209	220	6	6	6
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	2	68	111	81	586*	507*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	3 854*	35 041*	22 624*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet .	—	—	—	—	6	28
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: { Menge in dz . .	6 671	88 657	[9] 95 854	133 356*	1 502 530*	1 328 152*
	{ Wert in 1000 RM	*4 435*	*46 783*	[9] *40 255*	*52 707**	*527 927**	*445 429**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	28	348	391	827	11 478	13 542
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	11	74	56	70	802*	722
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	80	1 502	172	614	7 140	6 246
648 d	Elektroden	594	5 063	10 349	17 627	248 074	245 425*
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	180	281	8 681*	78 808*	56 662*
740 a	Glühlampenkolben	—	375	326	1 407	16 431	10 382
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	78	1 923	2 536	8	8	8
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	173	1 053	718			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	184	2 178	2 059	11 791*	127 748*	102 151*

des Vorjahres eine mengenmäßige Verringerung um 7197 dz (7,5 %), aber eine wertliche Zunahme um 6,528 Mill RM (16 %). Importiert wurden in dieser Zeit 12 183 Lichtmaschinen (16 972 i. V.), 202 907 Dynamos, Elektromotoren usw. (120 196 i. V.), 5034 Bogen- usw. Lampen (1348 i. V.), 5,301 Mill Metalldrahtlampen (4,896 i. V.) und 0,197 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,271 i. V.). Die Ausfuhr übertraf die der elf Monate von 1928 um 174 378 dz (13 %) bzw. 82,498 Mill RM (18,5 %) und lieferte bei nach dem monatlichen Nachweis errechneten 95 702 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 30,333 Mill RM 81 836 Lichtmaschinen (75 911 i. V.), 673 120 Dynamos, Elektromotoren usw. (562 860 i. V.), 38 325 Bogen- usw. Lampen (26 620 i. V.), 73,027 Mill Metalldrahtlampen (62,263 i. V.) und 1,130 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (1,953 i. V.) ins Ausland. Ihr Überschuß betrug 1 413 873 dz bzw. 481,144 Mill RM (1 232 298 dz bzw. 405,174 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.
* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 2: Wer stellt die Etagen-Abzweigkasten aus Isoliermaterial mit dem Schutzzeichen „Peg" her?

Abschluß des Heftes: 11. Januar 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Automatische Umformeranlagen.

Mitteilung der AEG.

Die Automatisierung von Starkstromanlagen macht große Fortschritte, seit man erkannt hat, daß sie nicht nur Ersparnisse an Bedienungskosten erlaubt, sondern vor allem den Betrieb einfacher und sicherer gestaltet. In Störungsfällen, die das Personal der Elektrizitätswerke voll in Anspruch nehmen, arbeitet der wohldurchdachte Mechanismus einer automatischen Anlage nicht nur viel schneller, sondern auch sicherer als der Mensch, dessen Entschlüsse in schwierigen Situationen durch psychische Vorgänge gehemmt werden können.

Ein besonders dankbares Anwendungsgebiet für die Automatisierung bieten Umformer-Unterstationen, die zeitmäßig außerdem noch von einer Zentralstelle aus überwacht werden. Eine solche Anlage hat die AEG im Jahre 1926 für das Städtische Elektrizitätswerk Stuttgart geliefert.

Der Anlauf der Umformer kann je nach Stellung eines Wählerschalters bei zu niedriger Gleichstromnetzspannung durch ein Spannungsrelais oder zu bestimmter vorher im Betriebsplan festgelegter Zeit durch eine Kontaktuhr oder auch durch Betätigen eines Druckknopfes in der Zentrale eingeleitet werden. Der Umformer läuft asynchron an, wobei die ihm zugeführte Spannung mittels Transformatoranzapfungen und Überschaltwiderständen in drei Stufen auf die Nennspannung gesteigert wird.

Die richtige Polarität des Umformers wird durch Vorerregung mittels des kleinen, in Abb. 1 sichtbaren Erregerumformers festgelegt.

Nach dem sehr rasch und ohne nennenswerte Kommutatorfunken erfolgten Anlauf wird der Umformer auf das Gleichstromnetz geschaltet. Selbsttätig wird geprüft, ob das Netz unter Spannung steht. Ist dies der Fall, so beeinflußt ein Spannungsdifferenzrelais den ferngesteuerten Drehtransformator, bis der Spannungsunterschied zwischen Umformer und Netz verschwunden ist. Ist das Netz aber spannungslos, so wird selbsttätig vor dem Einschalten auf tiefste Spannung geregelt.

Die Spannung wird im Betrieb selbsttätig so geregelt, daß zum Ausgleich des Spannungsabfalles in den Speiseleitungen bei steigender Last auch die Sammelschienenspannung steigt, aber nur solange die Belastung unterhalb der zulässigen Grenze bleibt. Bei Überlastung regelt ein Strombegrenzungsrelais die Spannung solange herunter, bis bei normaler Belastung das Spannungsregulierrelais wieder in Tätigkeit treten darf.

Bei Störungen im Drehstromnetz wird die Anlage abgeschaltet; sie kann durch einen Druckknopf von der Zentrale aus wieder eingeschaltet werden. Zwischen dieser und der automatischen Unterstation ist ein 2 km langes Fernmeldekabel verlegt, von dem für Fernüberwachung der Umformeranlage nur drei Adern benutzt werden.

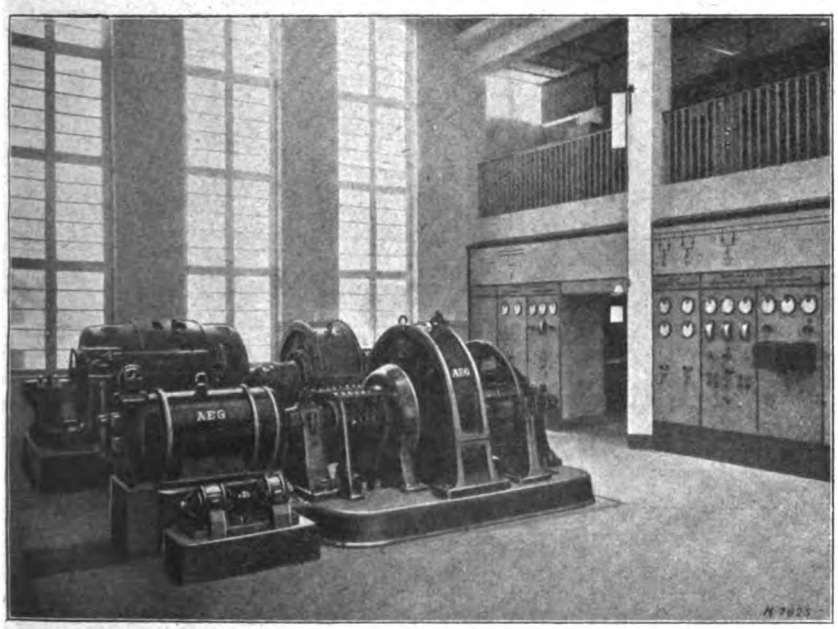


Abb. 1. Einankerumformer mit Drehtransformator. Rechts Relaistafeln.

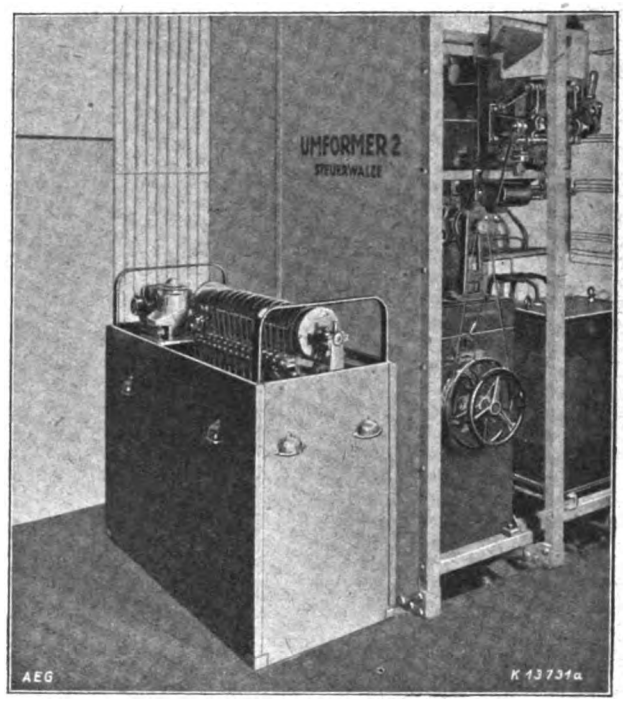


Abb. 2. Steuerwalze. Schutzkappe abgenommen.

Unregelmäßigkeiten in der Anlage, die zur Außerbetriebnahme und Verriegelung führen, werden selbsttätig nach der Zentrale gemeldet; die Art der Störung ist an einer Fallklappe im Unterwerk zu erkennen.

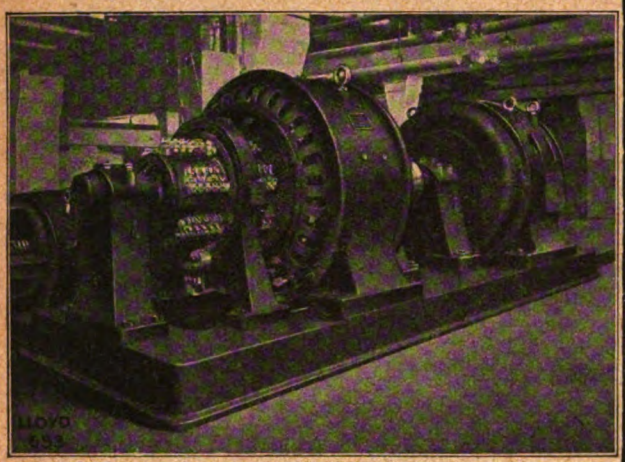
Ein Kennzeichen der Automatisierung solcher etwas verwickelten Schaltvorgänge durch die AEG ist die in Abb. 2 gezeigte Steuerwalze, die den richtigen Ablauf der Schaltvorgänge unbedingt erzwingt. Fehlschaltungen durch unrichtiges Ansprechen oder Versagen von Relais sind bei diesem System ausgeschlossen, da jeder Vorgang nicht nur durch Relais, sondern außerdem durch die sogenannte Meisterwalze geprüft wird.

Automatische Umformeranlagen dieser Art haben sich besonders in Störungsfällen bewährt. So konnte eine teuere Akkumulatorenbatterie als Notreserve bei der geschilderten Anlage entbehrt werden, weil nach Störungen im Drehstromnetz — durch einfache Druckknopfbetätigung in der Überwachungsstelle — der Umformer ohne Zeitverlust sehr rasch wieder in Betrieb gesetzt wird. Tatsächlich konnten Stromunterbrechungen dadurch auf ein erträgliches Mindestmaß beschränkt werden.

Digitized by Google

LLOYD

SPEZIAL-MASCHINEN



Drehstrom - Gleichstrom - Umformer
Drehstrom - Synchron - Motor 500 PS, 5000 Volt, 1000 UpM. Gleichstrom - Dynamo 340 kW, 230 Volt für Papiermaschinen-Antrieb

LLOYD DYNAMOWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BREMEN.

ISOLIERPRESSTEILE

gewähren durch ihre Qualität Berührungsschutz.

ISOLIERPRESSTEILE

erleichtern durch eingebettete Metallteile, auch Nieten, die Montage.

ISOLIERPRESSTEILE

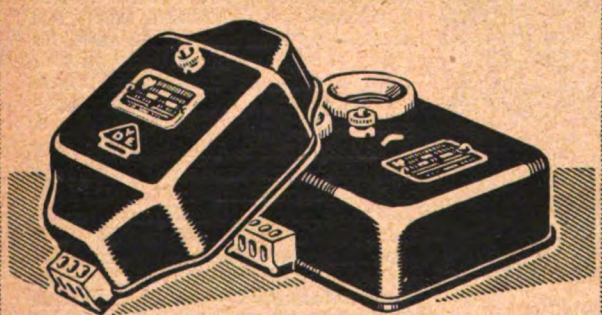
erhöhen auch durch geeignete Formgestaltung und glasklaren Preßglanz den Wert des Apparates.

Wir fabrizieren derartige Teile vom kleinsten bis zum größten Format.

SYNTHAFORM
FABRIK für FORMTEILE aus SYNTHETISCHEN EDELHARZEN GMBH
Berlin-Lichterfelde-West,
Hindenburgdamm 84, Roonstr. 29
Fernsprecher: G 3 Lichterfelde Nr. 1741-42

GEYER

C.C.N **KLINGEL-TRANSFORMATOREN**
mit und ohne Sicherungen.



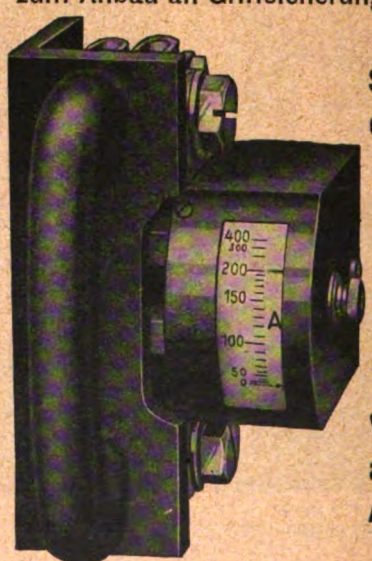
Verlangen Sie Preisliste und Sonderangebote.

CHRISTIAN GEYER ELEKTROTECHNISCHE FABRIKEN **NÜRNBERG**

NEU Wichtig für Elektrizitäts-Werke! **NEU**

UNSER HÖCHSTSTROM-MESSGERÄT

zum Anbau an Griffsicherungen ermöglicht mittels **Schleppzeiger-einrichtung** die Ermittlung der maximalen Belastung der einzelnen Zweige



Verlangen Sie ausführliches Angebot!

Dr. Siegfr. Guggenheimer
Aktiengesellschaft - Nürnberg 27
Fabrik elektrischer Meßgeräte
NEU **NEU**

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 23. Januar 1930 | Heft 4

Zum Goldenen Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins.

Geleitworte

von **Karl Willy Wagner,**

Vorsitzendem des Elektrotechnischen Vereins.

In der von Herrn Emil Naglo aus Anlaß des 25jährigen Bestehens des Elektrotechnischen Vereins herausgegebenen Denkschrift ist die Entstehungsgeschichte unseres Vereins ausführlich geschildert. Die Anregung zu seiner Gründung gab Werner von Siemens, dem wir auch die Bezeichnung „Elektrotechnik" für unser Fachgebiet verdanken, das vorher meistens „angewandte Elektrizitätslehre" genannt worden war. Heinrich von Stephan, damals Kaiserlicher Generalpostmeister, später Staatssekretär des Reichspostamts, nahm die Anregung auf und ließ im Dezember 1879 ein Rundschreiben an die interessierten maßgebenden Kreise ergehen. Diese wurden zu einer auf den 20. Dezember 1879, nachmittags 6 Uhr, im Reichs-Postgebäude, Berlin, Leipziger Straße 15, angesetzten Versammlung eingeladen. Als Tagesordnung war angegeben: die Beratung eines unter der Mitwirkung von Werner v. Siemens verfaßten Statutenentwurfs sowie die Beschlußfassung über die Errichtung des Vereins und den Beginn seiner Tätigkeit, insbesondere auch über die Herausgabe der Vereinszeitschrift. Unter den Teilnehmern an der Gründungsversammlung finden wir neben den leitenden Persönlichkeiten der Reichspost und von anderen Zivil- und Militärbehörden hervorragende Männer aus der Wissenschaft und der Industrie, so Werner v. Siemens und seinen Mitarbeiter v. Hefner-Alteneck, den berühmten Physiker Gustav Kirchhoff, ferner H. Aron, damals Privadozent, und A. Slaby, damals Dozent an der Technischen Hochschule zu Berlin, und noch viele andere. Es wurde die Gründung des Vereins beschlossen und ihm der Name „Elektrotechnischer Verein" gegeben. Die Wahrnehmung der Geschäfte übernahm bis zur Wahl eines Vorstandes durch die erste Jahresversammlung ein geschäftsführender Ausschuß mit Generalpostmeister v. Stephan als Vorsitzendem und Werner v. Siemens, Prof. Kirchhoff und den Vortragenden Räten Dr. Fischer (Reichspostamt) und Streckert (Reichseisenbahnamt) als Mitgliedern.

Heinrich v. Stephan.

Werner v. Siemens.

Der Gründungsversammlung lagen Angebote der Verlagsbuchhandlungen R. Oldenbourg (München) und J. Springer (Berlin) vor, die sich bereiterklärten, den Verlag der Vereinszeitschrift zu übernehmen unter Bedingungen, die für den Verein vorteilhaft waren. Der geschäftsführende Ausschuß wurde beauftragt, zur Herausgabe einer tunlichst in Berlin erscheinenden Vereinszeitschrift die nötigen Schritte zu tun. Er kam sehr rasch mit der Firma Julius Springer zu einem Abkommen; das

Digitized by Google

neugegründete Vereinsorgan erhielt den Namen Elektrotechnische Zeitschrift; bereits Ende Januar 1880 konnte das erste Heft erscheinen.

In seiner ersten Hauptversammlung wählte der Elektrotechnische Verein Werner v. Siemens zu seinem Vorsitzenden und ernannte Heinrich v. Stephan zu seinem Ehrenpräsidenten.

Dank der rührigen Tätigkeit, die der junge Verein entfaltete, wobei er sich der Förderung durch die mächtige Hand v. Stephans zu erfreuen hatte, blühte der Verein rasch auf. Bereits in seiner ersten Versammlung konnte ein Bestand von 545 Mitgliedern festgestellt werden, nach noch nicht zweijährigem Bestehen zählte er 1560 Mitglieder, wovon 335 in Berlin, 986 im übrigen Deutschland und 239 im Ausland ansässig waren.

Die Entwicklung des Vereins, gemessen an der Zahl seiner Mitglieder, dem Umfang seiner Tätigkeit und dem Wachstum des Vereinsvermögens, hat sich weiter in einer aufsteigenden Linie bewegt, die nur durch den Krieg und die Inflation unterbrochen wurde. Die Zahl der Mitglieder beträgt gegenwärtig über 3000; das Vermögen, das vor dem Kriege auf rd. 300 000 M angewachsen und in der Inflation völlig verloren gegangen war, beträgt z. Z. wieder nahezu 200 000 RM.

Bei seinem goldenen Jubiläum hat der Verein das Bedürfnis empfunden, seinen Mitgliedern und der Fachwelt Rechenschaft abzulegen über das, was er in den ersten 50 Jahren seines Bestehens für die Elektrotechnik geleistet hat. Auf die Bitte des Vorstandes hat das Ehrenmitglied des Elektrotechnischen Vereins, Herr Geh. Hofrat Prof. Dr.-Ing. E. h. Johannes Görges es gütigst übernommen, in Form einer Jubiläumsfestschrift einen Überblick über die Tätigkeit des Vereins zu geben. Herr Görges ist wie kaum ein anderer dazu berufen, da er als einer der Pioniere der Elektrotechnik an ihrer Entwicklung von Anfang an mitgearbeitet hat. Der Elektrotechnische Verein schuldet ihm tiefen Dank dafür, daß er die Abfassung der Festschrift übernommen hat, obgleich er durch Dienstgeschäfte sehr stark in Anspruch genommen war, und daß er diese Arbeit unter großen persönlichen Opfern in der kurzen zur Verfügung stehenden Frist rechtzeitig fertiggestellt hat.

Aus der Festschrift ist ein stattlicher Band von 416 Seiten geworden. Ihr erster Teil gibt ein ausgezeichnetes Bild von der vielseitigen und fruchtbaren Tätigkeit, die der Elektrotechnische Verein zur Förderung der Fachwissenschaft und zur Fortbildung der Fachgenossen entfaltet hat. Es würde viel zu weit führen, an dieser Stelle auch nur eine Aufzählung aller der verschiedenen Arbeiten des Vereins zu geben; lediglich einiger vielleicht besonders bemerkenswerter Bestrebungen sei gedacht.

Im Vordergrunde der Vereinstätigkeit haben natürlich von jeher die Vorträge gestanden. Sie bilden den Hauptinhalt der alle vier Wochen, außer in den Sommermonaten, stattfindenden ordentlichen Sitzungen. Sehr oft mußten außerordentliche Sitzungen veranstaltet werden, weil die Fülle des Stoffes in dem Rahmen der ordentlichen Sitzungen nicht bewältigt werden konnte. Die immer weiter gehende Spezialisierung in der Elektrotechnik führte nach dem Kriege zur Gründung von Fachgruppen für Sondergebiete; diese kommen in besonderen Fachsitzungen, in Vorträgen und Diskussionen ausgiebig zu ihrem Rechte.

Zur Behandlung von schwierigen Sonderfragen (z. B. Erdströme, Blitzschutz, Induktionsstörungen, Isolierstoffprüfung, Schiedsgerichtswesen und vieles andere) ist im Laufe der Jahre eine große Zahl von Unterausschüssen eingesetzt worden. Soweit erforderlich, wurden auch Stellen außerhalb des Vereins zur Mitarbeit herangezogen, so z. B. die Gesamtheit der technisch-wissenschaftlichen Vereine im Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen (AEF), ferner die Mediziner in dem Ausschuß zur Erforschung elektrischer Unfälle (AEU), ebenso alle beteiligten Kreise in dem Gemischten Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB); mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule zu Berlin hat der Verein einen Gemeinsamen Fachausschuß zur Veranstaltung von Vortragsreihen gebildet.

Zur Förderung wissenschaftlicher Unternehmungen hat der Verein im Laufe der Jahre stattliche Geldbeträge aufgewendet; zu erwähnen sind namentlich Wärmeuntersuchungen an Isolierstoffen, Untersuchungen über die Elektronenemission bei der Bogenentladung, röntgenographische Strukturuntersuchungen, Forschungen über die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, über den Tod durch elektrischen Strom u. a. m. Auch Preisaufgaben hat der Verein wiederholt gestellt oder durch Stiftungen gefördert.

Seine ganz besondere Fürsorge hat der Elektrotechnische Verein der Weiterbildung der Fachgenossen gewidmet. Die von ihm seit vielen Jahren veranstalteten Vortragsreihen haben von Anfang an viel Anklang gefunden und sich einer großen Teilnehmerschaft zu erfreuen gehabt. Diese Vortragsreihen bieten den in der Praxis stehenden Ingenieuren die Gelegenheit, sich über die neuesten Fortschritte in Wissenschaft und Technik auf dem laufenden zu halten. Da der Verein stets den Grundsatz befolgt hat, die allerersten Fachleute als Vortragende zu gewinnen, halten diese Vortragsreihen ein sehr hohes Niveau. Über ihren Erfolg schreibt Herr Prof. Dr. Emde, Stuttgart, in einem Beitrag zu der bereits erwähnten Festschrift:

> „Es ist eine Freude, zu sehen, mit welchem Feuereifer namentlich die jungen Elektrotechniker, die sich gründlich in der Theorie geschult haben, ohne Vorbehalt mit allen Mitteln der Wissenschaft noch offene Fragen angreifen. Es gehört zu den Ruhmesblättern des Elektrotechnischen Vereins, daß er diese Entwicklung fortgesetzt nach Kräften fördert, wie man z. B. an seinem jüngsten Unternehmen, der Vortragsreihe über Funktionentheorie, sehen kann."

Für die fachliche Weiterbildung der Elektromonteure sorgt der Elektrotechnische Verein durch Fortbildungskurse, die jährlich in größerer Zahl abgehalten werden. Um den jüngeren Ingenieuren Gelegenheit zu geben, sich im Halten von Vorträgen und durch die Teilnahme an der Aussprache zu üben, werden seit einigen Jahren Diskussionsabende für jüngere Fachgenossen veranstaltet.

Um seinen Mitgliedern die Benutzung der fremden Literatur zu erleichtern, hält der Verein alle ausländischen Fachzeitschriften, die irgendwie von Bedeutung sind, und macht sie seinen Mitgliedern, auch in den Abendstunden, bequem zugänglich.

Mit dem Aufblühen des Vereins ist auch ein glänzender Aufstieg seines Organs, der ETZ, verbunden. Im Laufe der Jahre wurde eine Entlastung der ETZ notwendig. Gemeinsam mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker wurde 1913 das „Archiv für Elektrotechnik" gegründet. Ihm wurden die Aufsätze vorwiegend theoretischer Art zugewiesen, die sich nur an einen beschränkten Kreis wenden. Unter der Leitung seines Herausgebers, des Herrn Prof. Dr.-Ing. W. Rogowski, hat sich das Archiv großes Ansehen in der wissenschaftlichen Welt zu verschaffen gewußt.

Neben seinen Zeitschriften hat der Verein eine Reihe von wissenschaftlichen Publikationen herausgegeben, unter denen die von Herrn Präsident Prof. Dr. Strecker geleiteten „Fortschritte der Elektrotechnik" und die „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik" sowie die verschiedenen in Buchform erschienenen Vortragsreihen obenan stehen.

Im Elektrotechnischen Verein haben seit seiner Gründung die maßgebenden technischen Beamten der Reichs-, Staats- und städtischen Behörden mitgearbeitet. Hierdurch wurde eine Atmosphäre des Vertrauens zwischen allen an der Entwicklung und Anwendung der Elektrotechnik beteiligten Kreisen geschaffen, die den Ausgleich von Schwierigkeiten erleichtert hat und der es zu verdanken ist, daß die deutsche Elektrotechnik von behördlichen Bevormundungen und gesetzgeberischen Hemmungen verschont geblieben ist. Frühzeitig wurde das Bedürfnis empfunden, zur Sicherung von Leben und Eigentum gegen die Gefahren des elektrischen Stromes technische Regeln und Vorschriften zu schaffen. Der Verein nahm diese Aufgabe, obgleich sie etwas außerhalb des Schwerpunktes der Vereinsinteressen lag, in die Hand und ließ sie durch eine Reihe von Unterausschüssen bearbeiten. Nun waren im Laufe der Zeit in mehreren deutschen Städten örtliche elektrotechnische Vereine entstanden, die sich gleichfalls mit diesen brennenden Tagesfragen befaßten. Da nur bei einer Zusammenfassung aller elektrotechnischen Kreise die behördliche Anerkennung der aus dem Schoße der Fachwelt hervorgehenden Vorschriften zu erwarten war, entstand der Gedanke, eine neue über ganz Deutschland sich erstreckende Körperschaft zu schaffen mit der Aufgabe, die wirtschaftlichen und gesetzgeberischen Fragen der Elektrotechnik zu behandeln. Zu diesem Zwecke wurde Ende 1892 der Verband Deutscher Elektrotechniker unter der Mitwirkung namhafter Vertreter des Elektrotechnischen Vereins gegründet. In dem Maße, in dem der Verband seine Tätigkeit aufnehmen konnte, ließ der Verein die dem Verband zustehenden Aufgaben auf diesen übergehen. An den Arbeiten des Verbandes hat sich der Verein dauernd weiter beteiligt; er hat den Verband auch in finanzieller Hinsicht tatkräftig unterstützt. Er hat ihm im Laufe der Jahre steigende Anteile der Beiträge seiner deutschen Mitglieder und der Einnahmen aus der „Elektrotechnischen Zeitschrift" für die Verbandszwecke überlassen. Gegenwärtig erhält der Verband aus den Bei-

Digitized by Google

trägen der Vereinsmitglieder jährlich mehr als 40 000 RM und außerdem drei Viertel der Reineinnahmen aus der „Elektrotechnischen Zeitschrift".

Im Rückblick auf die lange Reihe von Jahren des Zusammenarbeitens in und mit dem Verbande ist beim 50jährigen Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins wohl in jedem Mitgliede der Wunsch lebendig, daß Verband und Verein auch in Zukunft gemeinsam zusammenwirken möchten zum Wohle und Gedeihen der Elektrotechnik.

Die Zeit der Gründung des Elektrotechnischen Vereins fällt mit den Anfängen der Elektrotechnik selbst zusammen. Daher spiegelt sich die Geschichte der Elektrotechnik in Deutschland in fast allen Phasen ihrer Entwicklung in den Sitzungen und Verhandlungen des Vereins und in seiner Vereinszeitschrift wider. Für die verschiedenen Zweige der Elektrotechnik ist dies in dem zweiten Hauptteil unserer Festschrift des näheren ausgeführt. Gerade dieser Teil wird den jüngeren Fachgenossen besonders wertvoll sein. Da die Elektrotechnik sich heute schon weitgehend in Teilgebiete spezialisiert hat, ist es für den jüngeren Ingenieur, dem die Stütze einer weit zurückreichenden persönlichen Erinnerung fehlt, recht schwierig, sich einen Überblick über die wesentlichen Momente der Entwicklung auf einem außerhalb seiner engeren Fachrichtung liegenden Teilgebiet der Elektrotechnik zu verschaffen. Für diesen Zweck sind die durch eine große Zahl von historisch interessanten Abbildungen erläuterten und mit den nötigen Literaturhinweisen versehenen Abschnitte des zweiten Teiles der Festschrift ein einzig dastehendes Hilfsmittel.

Mit Stolz darf der Elektrotechnische Verein am Gedenktage seines 50jährigen Bestehens auf das von ihm in der Vergangenheit Geleistete zurückblicken. Daß der Verein sich auch in Zukunft seiner großen Tradition würdig erweisen und seine Stellung an der Spitze der deutschen Elektrotechnik wahren wird, dafür bürgt die große Zahl der in ihm tätigen hervorragenden Kräfte, die, erfüllt von dem Geiste seiner Gründer, an der Entwicklung der Elektrotechnik weiterarbeiten

zum Wohle unseres geliebten Vaterlandes!

Entwicklung der Krafterzeugung und Kraftübertragung der letzten 50 Jahre in Deutschland*.

Von W. Petersen, Berlin.

Gedenktage wie der heutige haben u. a. das Schöne, daß man für ein Weilchen ruhen darf, um auf den durchschrittenen Weg zurückzublicken. Gern habe ich deshalb der Anregung Ihres Vorsitzenden, des Herrn Prof. Dr. K. W. Wagner, entsprochen, als er mir das Thema „Entwicklung der Krafterzeugung und Kraftübertragung der letzten 50 Jahre in Deutschland" für den Vortrag an diesem Festtage vorschlug.

Uns Ingenieuren wird häufig der Vorwurf des mangelnden Verständnisses, der mangelnden Berücksichtigung der historischen Entwicklung gemacht. Nicht ganz mit Unrecht, obwohl in dieser Hinsicht ein großer Wandel zum Besseren eingetreten ist. Wir hatten es in der Elektrotechnik bisher nicht nötig, die Geschichte aus Büchern zu lernen, denn wir durften sie größtenteils miterleben. Doch wird unser Blick hierdurch etwas getrübt, die hohe Warte, von der aus der Historiker das geschichtliche Werden betrachtet, fehlt uns noch. Ich möchte diese Bemerkungen vorwegschicken, damit Sie nicht etwa von mir eine streng historische Darstellung erwarten, die nebenbei noch mit Namen, Jahreszahlen und Prioritätsdaten aufwarten kann. Es kommt mir mehr darauf an, auch in denjenigen unter Ihnen, die den Fragen der Energieübertragung ferner stehen, ein Bild der lebendigen Entwicklung entstehen zu lassen. Obwohl Technik und Wirtschaft auf das innigste miteinander verflochten sind, werde ich bei meinen Betrachtungen als Ingenieur der Technik den Vortritt lassen.

Die Möglichkeit, Elektrizität mit metallischen Leitern fortzuleiten, war schon Anfang des 18. Jahrhunderts bekannt (Stephan Gray). Von dieser Möglichkeit wurde in dem Augenblick Gebrauch gemacht, als der erste elektrische Verbrauchsapparat mit einer Stromquelle verbunden wurde. Von einer elektrischen Energieübertragung in dem Sinne, in dem wir heute das Wort gebrauchen, konnte aber erst die Rede sein, als größere Energiemengen über größere Entfernungen übertragen wurden. Dies geschah zum erstenmal anfangs der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts, also zu einem Zeitpunkt, an dem Maschinen für die Erzeugung erheblicher Leistung und entsprechende Verbrauchsapparate bereits zur Verfügung standen. Vergegenwärtigen wir uns den damaligen Stand der Elektrotechnik! Die physikalische Erkenntnis auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre war, wenn wir von der Elektronentheorie absehen, im wesentlichen unsere heutige. Sie ruhte auf den Lehren von Faraday und Maxwell, stand aber den praktischen Ingenieuren noch kaum zur Verfügung. Die eigentliche Elektrotechnik jedoch steckte in den Kinderschuhen. Der Telegraph hatte bereits eine jahrzehntelange Entwicklung hinter sich, während das erste wirklich brauchbare Telephon erst vor einigen Jahren die Welt in Erstaunen versetzt hatte. Immerhin wurden auf der Elektrotechnischen Ausstellung in Paris im Jahre 1881 bereits die Aufführungen der Großen Oper telephonisch übertragen.

Auf dem Gebiet der elektrischen Energieerzeugung und -verteilung hatte man sich schon seit 1866 bemüht, das zu diesem Zeitpunkt von Werner von Siemens entdeckte dynamoelektrische Prinzip praktisch für die Einrichtung elektrischer Beleuchtung auszunutzen. Die grundlegenden Erfindungen in dieser Richtung lagen erst wenige Jahre zurück: der noch heute verwendete Trommelanker für

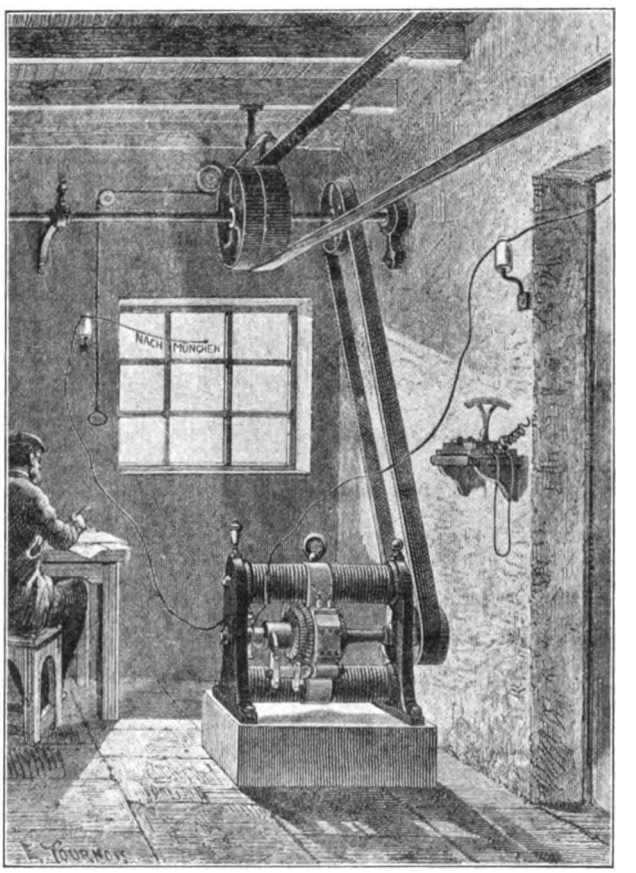


Abb. 1. Generatorstation Miesbach der Kraftübertragung Miesbach–München 1882.

Gleichstrom-Generatoren und -Motoren sowie die Differentialregelung der Bogenlampe, welche das berühmte Problem der Teilung des elektrischen Lichtes löste (beides Erfindungen von F. von Hefner-Alteneck). Auch die von Goebel erfundene und von Edison in brauchbare Form gebrachte Glühlampe wurde auf der Pariser

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins.

Digitized by Google

Ausstellung in Europa bekannt. Unter diesen Umständen waren die ersten Versuche für die Energieübertragung über größere Entfernung als kühne Pionierarbeit zu werten. Eine der ersten, wenn nicht die erste Versuchsanlage wurde auf der Internationalen Elektrizitäts-Ausstellung in München 1882 durch M. Deprez auf Anregung Oskar von Millers errichtet. Eine kleine Wasserkraft trieb in Miesbach einen Generator von 1,5 PS Leistung und 2000 V Gleichspannung (Abb. 1), dessen Energie vermittels einer Telegraphenleitung nach dem 57 km entfernten München übertragen und dort in der Ausstellung zur Speisung eines kleinen Wasserfalls verwendet wurde. Alle elektrischen Apparate tragen noch die Merkmale physikalischer Geräte. Wenn auch die verwendeten Hochspannungsmaschinen bald ihr Dasein aufgeben mußten, so ist doch bezeichnend für den moralischen Erfolg dieser Ausstellung, daß O. v. Miller im Jahre darauf bereits einen — abgelehnten — Antrag auf Errichtung eines staatlichen Büros für die Ausnutzung der bayerischen Wasserkräfte mit Hilfe der Elektrizität an das Staatsministerium stellen konnte.

In dieselbe Zeit (zwischen 1880 und 1890) fällt die erste technische Verwendung der Wechselstrom-Energieübertragung. Auf der Ausstellung in Turin 1884 wurde eine Übertragung über 40 km mit 2000 V Wechselspannung vorgeführt, bei der Reihentransformatoren von Gaulard und Gibbs angewendet wurden. Das für die spätere Entwicklung grundlegende Parallelschaftsystem mit Hochspannungs- und Niederspannungsleitungen, welche durch Transformatoren gekuppelt werden, entstand (Déri, Blathy, Zipernowski). In der Folgezeit begann der Kampf über die Frage, ob Elektrizitätswerke in Zukunft für Gleichstrom oder Wechselstrom gebaut werden sollten. Die Städte, die vor der Frage der Errichtung von Elektrizitätswerken standen, waren im Zweifel, was sie tun sollten. Auch die Stadt Frankfurt a. M. mußte sich um diese Zeit für das eine oder andere System entscheiden. Dieser Streitfrage verdankt die berühmt gewordene internationale elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt a. M. 1891 ihr Entstehen. Es sollte statt der in der Theorie vorgetragenen Ideen die Praxis zu Worte kommen. Auf O. von Millers Anregung wurde in das Programm der Ausstellung ein großzügiger Versuch aufgenommen: die Übertragung der Energie einer in Lauffen zur Verfügung stehenden Wasserkraft von ungefähr 300 PS nach dem etwa 180 km entfernten Frankfurter Ausstellungsgelände. Gleichzeitig sollte das auf den Arbeiten von Ferraris und Tesla beruhende und von Bradley und Dolivo-Dobrowolsky in die Praxis eingeführte Drehstromsystem praktisch erprobt werden. Die Vorbereitungen zu der Ausstellung gaben Veranlassung zu einer erbitterten Auseinandersetzung in Presse und Fachzeitschriften. So wurde die Befürchtung ausgesprochen, daß die Verluste durch Ableitung an den Isolatoren und die zu erwartenden Entladungen durch die Luft die Energieübertragung unmöglich machen würden. Auch wurden die Postbehörden wegen der zu erwartenden Fernsprechstörungen mobil gemacht. Anderseits fehlten auch nicht Stimmen, welche die künftige Entwicklung in wahrhaft prophetischer Weise voraussagten. So hat beispielsweise Steinmetz der Überzeugung Ausdruck verliehen, daß es eine Grenze der bei Wechselstrom möglichen Spannungen nicht gebe, sondern daß im Gegenteil in nicht ferner Zukunft die Kraftübertragung für weite Entfernungen betriebsicher und mit zufriedenstellendem Erfolge mit Spannungen von Hunderttausenden von Volt arbeiten würde.

In der Lauffener Anlage selbst finden wir, wie die Abb. 2, 3 und 4 zeigen, im wesentlichen bereits alle Bestandteile einer neuzeitlichen Energieübertragung: den Drehstrom-Synchrongenerator, allerdings der heute verlassenen Wechselpoltype, den Öltransformator und den Drehstrommotor. Die Kraftübertragung arbeitete mit Spannungen bis zu 25 000 V, die Leitung lag auf Isolatoren, die mit den Telegraphenisolatoren noch sehr starke Ähnlichkeit aufwiesen.

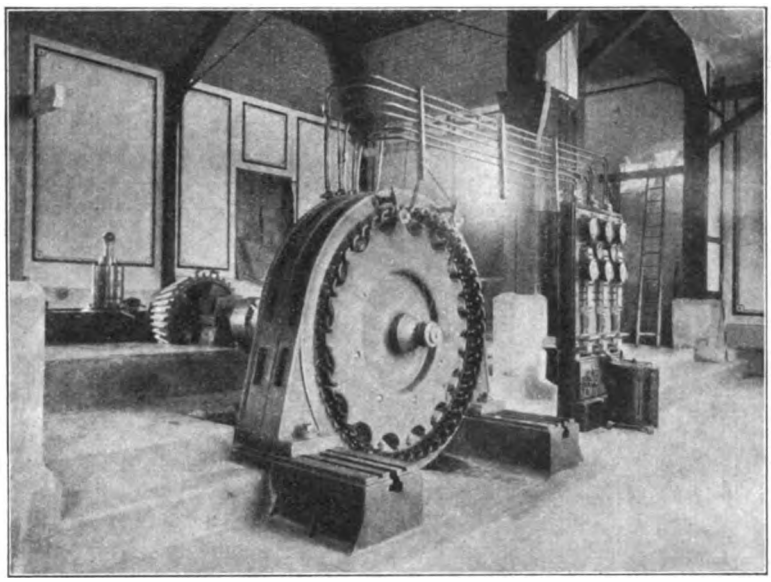


Abb. 2. Drehstromgenerator der Energieübertragung Lauffen—Frankfurt 1891.

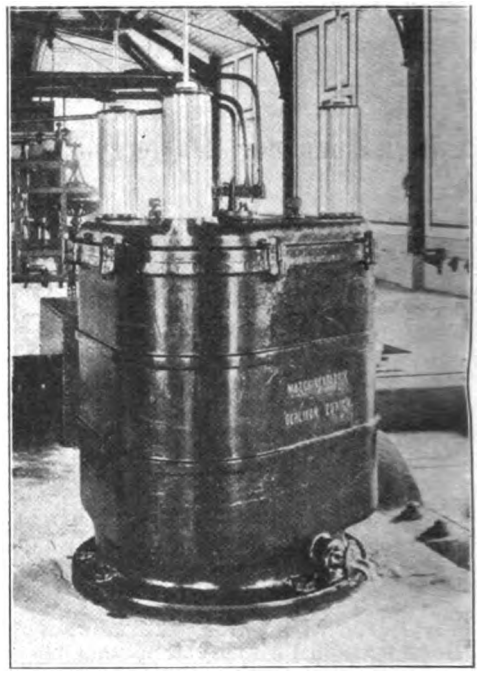


Abb. 3. Drehstromtransformator Lauffen 1891.

Der über Erwarten gut gelungene Versuch — ergab doch die Kraftübertragung von der antreibenden Turbine bis zu den Niederspannungsklemmen des Sekundärtransformators einen Vollastwirkungsgrad von 75 % — lieferte nicht nur die Klärung der noch strittigen technischen Fragen; darüber hinaus wurde vielmehr auch ein gewaltiger propagandistischer Erfolg zugunsten der Fernübertragungsmöglichkeit größerer Energiemengen erzielt. Die elektrische Energieübertragung hat sich gegenüber der damals stark propagierten Druckluftübertragung restlos durchgesetzt und auch der Wechselstrom bzw. Drehstrom hat seine Existenzberechtigung neben dem Gleichstrom überzeugend nachgewiesen. In den anschließenden Jahren entstanden zahlreiche Drehstromanlagen. Bis zur Jahrhundertwende wurden außer vielen kleinen Ortschaften 76 Städte mit über 30 000 Einwohnern mit elektrischer Energie versorgt.

Bald darauf setzte sich der Gedanke der Überlandanlagen durch. Es galt hier, Neuland zu erobern, welches von der Versorgung durch städtische Gasanstalten abgeschnitten war. Tatsächlich übertrafen die Erfolge vielfach die Erwartungen, in manchen Überlandanlagen stieg die Konsumdichte über die der Städte. Nicht so günstig waren allerdings die wirtschaftlichen Erfolge; sie waren jedoch ausreichend, um es wirtschaftlich zu rechtfertigen, Deutschland innerhalb eines Zeitraumes von rd. 30 Jahren mit einem fast geschlossenen Netz von Überlandleitungen zu überziehen.

Die Verteilungsnetze der Überlandzentralen mit Leitungspannungen von 6000 ... 35 000 V sind für die Hochspannungstechnik die große, manchmal auch sehr schwere Schule gewesen, in welcher das Hochspannungsmaterial reif wurde für die Verwendung im großen, in welcher die ganzen Fragen des Überstromschutzes, des Überspannungs-

Digitized by Google

schutzes am Objekt praktisch studiert werden mußten, in welcher uns die Natur manchmal recht unangenehm empfundene Experimente vorführte. Ohne die Schulung durch die Überlandanlagen wäre unsere jetzige Hochspannungstechnik fast unvorstellbar.

Trotz der manchmal geradezu stürmischen Arbeit, zu welcher diese Versuche und diese Erfahrungen zwangen, trotz der stürmischen Entwicklung im Inneren lief die

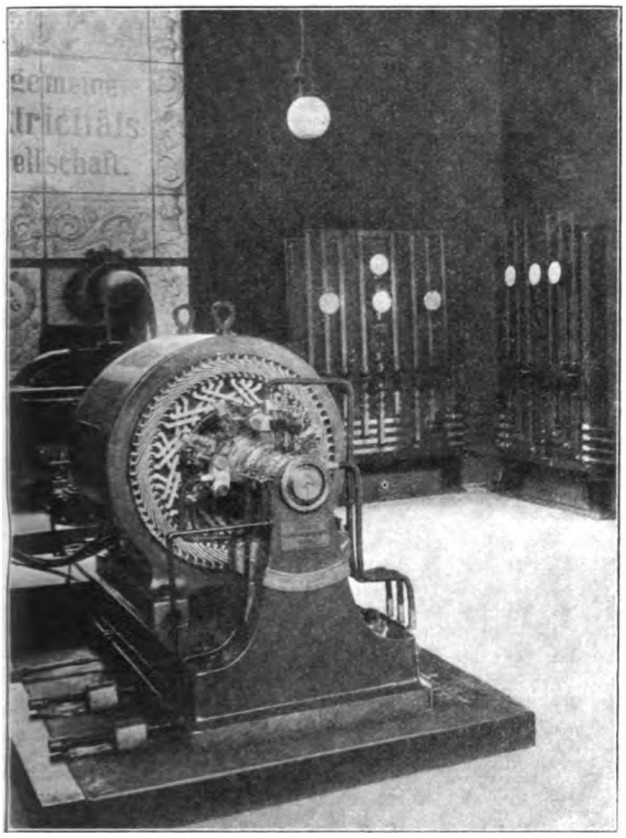


Abb. 4. Drehstrommotor Frankfurt 1891.

nach außen hin erkennbare Entwicklung bis unmittelbar vor Ausbruch des Krieges in ziemlich stetigen Bahnen. Zwei wesentliche Marksteine weist diese Zeit jedoch auf: die Verwendung von 100 000 V als Übertragungspannung und die Errichtung der ersten Großkraftwerke im heutigen Sinne. Die erste europäische 100 kV-Anlage wurde im Januar 1912 in Versuchsbetrieb genommen. Sie bezweckte die Ausnutzung der Braunkohlenenergie des Eisenwerkes Lauchhammer in entfernt liegenden Walzwerken derselben Gesellschaft und die Versorgung des Gemeindeverbandes Gröba. An historischen Einzelheiten sind besonders bemerkenswert die auf Grund von den Behörden erlassener Sicherheitsvorschriften angeordneten, uns heute übertrieben erscheinenden Fangbügel und Schutzbrücken für die Leitung (Abb. 5). Hinsichtlich der Behandlung des Nullpunktes kannte man nur die direkte Erdung oder den freien Betrieb. Man entschied sich damals mehr aus gefühlsmäßigen Gründen für das letztere. Bemerkenswert ist auch, daß zum erstenmal eine Verdrillung der beiden Fernleitungen angewendet wurde. Die ersten mit Sorge betrachteten Ölschalter mit selbsttätiger Auslösung für diese hohe Spannung bewährten sich anstandslos. Es ist für die jüngere Generation sicher ein Vergnügen, die Entstehungsgeschichte dieser überaus interessanten Anlage in der lebendigen Darstellung Fischingers[1] oder Krumbiegels[2] nachzulesen.

Die ersten Schaltanlagen waren mehr oder weniger behelfsmäßiger Natur; allmählich entwickelte sich die heute einen eigenen Zweig bildende Technik der Schaltanlagen. Die für die Bedienung und Wartung der Kraft- und Unterwerke erforderlichen Meß- und Schaltgeräte wurden zunächst auf einfachen Brettern untergebracht. Das Wort „Schaltbrett" ist ja in den Wortschatz aller Nationen übergegangen. Mit Zunahme der Spannungen wurden die Schaltgeräte zunächst proportional vergrößert, sie blieben jedoch auf der Vorderwand der Schalttafel und bildeten schließlich eine derartige Gefahr für das Bedienungspersonal, daß man sich entschloß, sie hinter die Schalttafel zu verlegen. Auch dort reichte der Raum bald nicht mehr aus. Der Stromwandler, der Spannungswandler wurden erfunden, die Schaltgeräte über mehr oder weniger verwickelte Ketten- und Stangenantriebe mit den Bedienungshebeln und Bedienungsrädern verbunden. Schließlich wurden die Schaltgeräte — der Hebelschalter, der Hörnerschalter und die Schmelzsicherungen waren in der Zwischenzeit durch den selbsttätigen Ölschalter ersetzt worden — entweder in den Keller oder in ein weiteres Geschoß verlegt. Die ersten Anfänge der neuzeitlichen Schaltanlage werden erkennbar, bis der große Schritt der völligen Trennung von Schaltanlage und Maschinenhaus gemacht und die Fernsteuerung folgerichtig durchgeführt wurde. Der Dienst an der Schalttafel wird immer verantwortungsvoller, fordert immer mehr die Trennung von der Unruhe des Maschinenhauses und seinem klare Entschlüsse hemmenden Lärm und Zufälligkeiten. Die Bedienungstafel wird von dem Maschinenhaus getrennt, zunächst durch Glaswände oder andere Zwischenwände und wird schließlich auch örtlich von dem Maschinenhaus geschieden. Es entstehen die Warten, das Zwischenglied zwischen Maschinenhaus und Netz einerseits und der Schaltanlage anderseits.

Der als Erfolg der Konzentrationsbewegung in der Energieversorgung notwendige Parallelbetrieb zahlreicher Kraftwerke zwingt zur weiteren Verfeinerung der Schaltanlagen. Während die Fernbetätigung zwischen Warten und Schalthaus verhältnismäßig früh zur allgemeinen Durchführung kam, ließen die Fernmessung und die Fernbetätigung auf große Entfernungen längere Zeit auf sich warten. Sie sind unerläßlich, um die Zusammenarbeit ganzer Landesteile, ganzer Länder zu sichern; sie sind auch

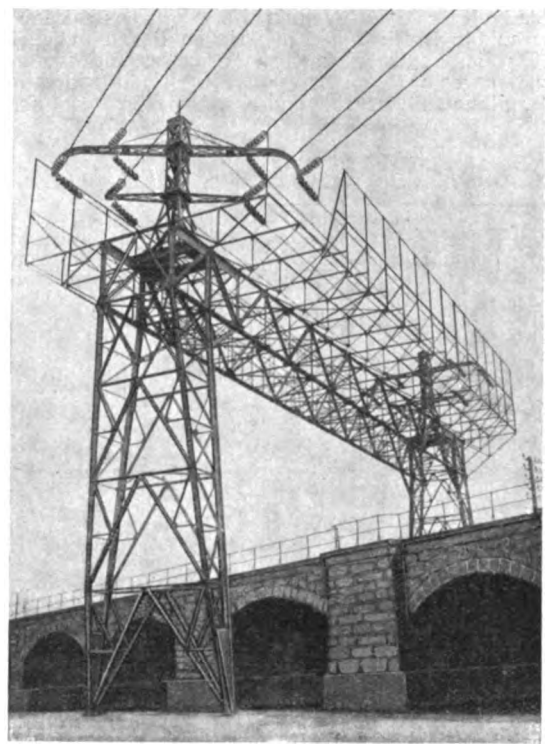


Abb. 5. Erste 100 kV-Übertragungsleitung in Deutschland, Lauchhammer. Bahnkreuzung bei Röderau mit Schutzbrücke.

unerläßlich vom Standpunkt der Rationalisierung der Betriebsführung. Der Fernsprecher war bisher das nicht ganz vollkommene Nachrichtenmittel. Die Fernmessung und die Fernbetätigung, welche schließlich bis in die Lastverteilung der einzelnen Maschinen der verschiedensten Kraftwerke eingreifen, werden, wie wir hoffen, vollkommener die Forderungen der rationellen Betriebsführung erfüllen. Ohne diese Mittel bleibt die Arbeit der mit ihr betrauten Dienststellen, der sog. Lastverteiler, nicht frei von einer gewissen Unsicherheit. Die Fernwirkanlagen, um dies nochmals zu wiederholen, haben den Zweck, den Lastverteil-

[1] Fischinger, ETZ 1927, S. 759.
[2] Krumbiegel, Z. VDI 1913, S. 1205.

Digitized by Google

ler über den Betriebszustand seines Netzes zu unterrichten, und sie geben ihm anderseits Mittel in die Hand, den Betrieb von einer Stelle aus in der von ihm als richtig erkannten Weise zu beeinflussen. Der in Fluß befindliche Zusammenschluß der großen Netze wird diese Entwicklung noch weiter treiben und neue Aufgaben stellen. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhange die Anwendung der Hochfrequenzwellen auf Starkstromleitungen zur Schaffung von fernmeldetechnischen Verbindungswegen.

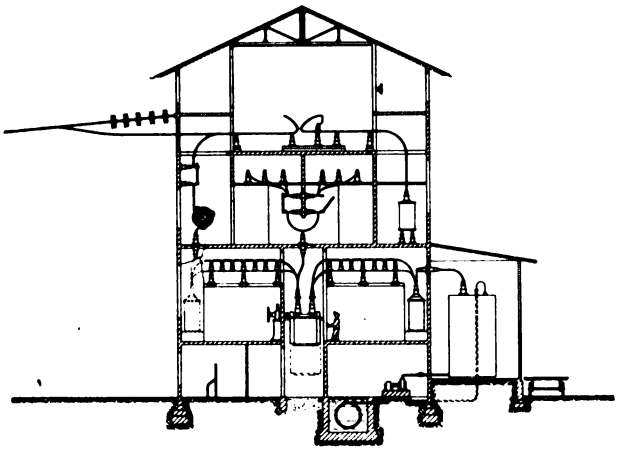


Abb. 6. Querschnitt durch das Schalthaus Gröditz der ersten 100 kV-Anlage in Deutschland.

Das in den Hochspannungs-Schaltanlagen verwendete Material zeigte zunächst in seiner Formgebung die Furcht vor der Feuchtigkeit und vor Kriechströmen, die durch den Rillenisolator beherrscht werden sollten. Sehr bald zeigte sich, daß dieser Gesichtspunkt für die Konstruktion der Isolatoren für Innenräume, in welchen Regen und Schnee nicht für die Wegwaschung des Schmutzes auf Isolatoren sorgen, unzweckmäßig ist. Der glatte Durchführungsisolator, der glatte Stützer entstanden und haben das Feld bis

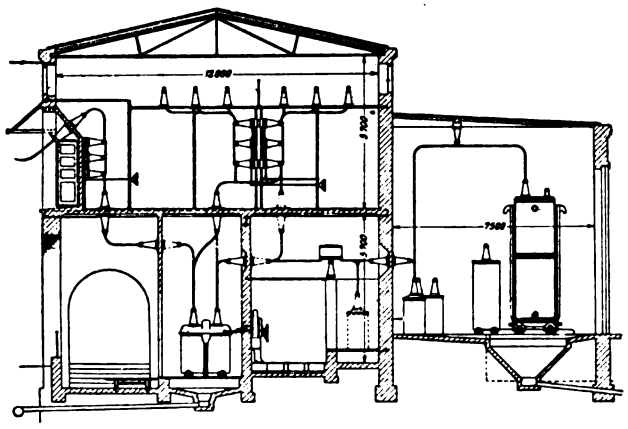


Abb. 7. Großkraftwerk Golpa-Zschornewitz, Schnitt durch die 100 kV-Anlage und die Transformatorzellen.

heute behauptet. Auch bei den Freileitungsisolatoren verschwand die von der Telegraphentechnik übernommene Form und machte solchen Platz, die nach hochspannungstechnischen Grundsätzen entworfen worden waren. Als Konstruktionsmaterial in Innenräumen und im Freien diente von den ersten Anfängen an Porzellan, das in den letzten Jahren teilweise durch Steinzeug ersetzt worden ist. Für Innenräume hat sich Hartpapier neben dem Porzellan durchgesetzt.

Bei dem Aufbau der Schaltanlagen spielte der Überspannungsschutz eine bedeutende Rolle, da er unverhältnismäßig viel Platz beanspruchte. Die Erforschung der Überspannungsfrage, deren grundsätzliche Klärung erst ein Jahrzehnt zurückliegt, lehrte, daß der größte Teil der Überspannungen ungefährlich ist, wenn Maschinen und Apparate ihnen angepaßt werden. Sehr früh erkannte man die Notwendigkeit der Verstärkung der Eingangsisolation der Transformatoren, sie wurde von Jahr zu Jahr gesteigert. Die etwa zehn Jahre später gelieferten Transformatoren des Bayernwerks haben beispielsweise in den Eingangswindungen die 20fache Isolationsfestigkeit gegen Überspannungswellen wie die Transformatoren der Lauchhammeranlage.

Welche Bedeutung der Überspannungsfrage beigemessen wurde, zeigt Abb. 6 des Schalthauses Gröditz der ersten 100 000 V-Anlage Deutschlands. In dem vier Jahre später gebauten Schalthause des Großkraftwerkes Zschornewitz (Abb. 7) fehlen die in dem unteren Stockwerk erkennbaren Vorschaltwiderstände der Ölschalter, die Drosselspulen im 2. Stockwerk und der Ableiter im 3. Stockwerk mit dem riesigen Raum, der für das Auslöschen des emporwirbelnden Lichtbogens vorgesehen ist. Doch läßt Abb. 7 in der Gliederung der Schaltanlage die neuzeitliche übersichtliche Schaltanlage vorausahnen. Bei sehr hohen Spannungen steigen die Kosten des umbauten Raumes so hoch an,

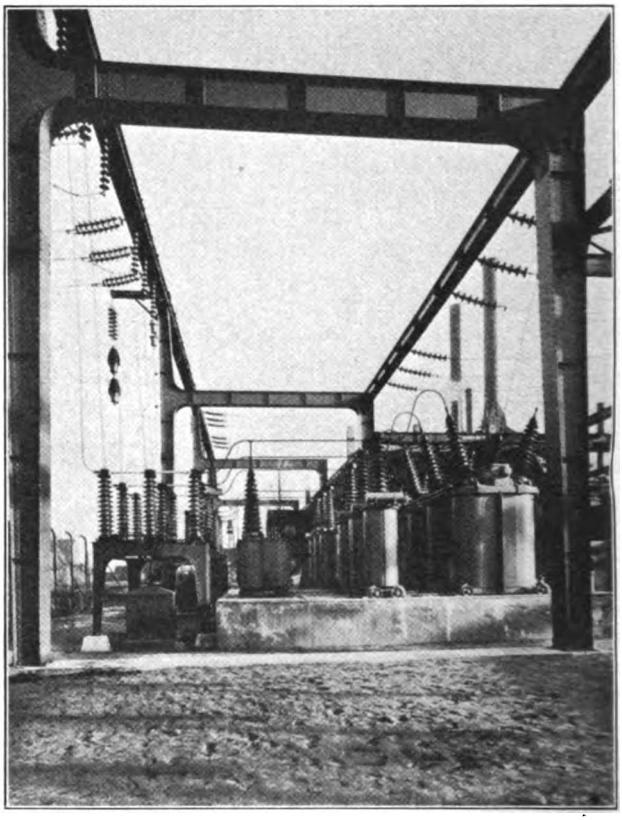


Abb. 8. Neuzeitliche 100 kV-Freiluft-Schaltanlage.

daß an Stelle der Innenraum-Schaltanlage die Freiluft-Schaltanlage wirtschaftlicher wird. Sie hat sich in der letzten Zeit auch in Deutschland immer mehr durchgesetzt (vgl. z. B. Abb. 8, Blick in eine 100 kV-Freiluft-Schaltanlage mit Rahmenträgern).

Die Schalter in früheren Zeiten, die der Monteur als Reisegepäck mitnehmen konnte, haben sich hinsichtlich ihrer Schaltleistungen und hinsichtlich ihrer räumlichen Abmessungen zur gigantischen Größe ausgewachsen. Abb. 9 gibt das Bild von drei 220 000 V-Ölschaltern wieder. Eine gewisse, nicht ganz unbestreitbare Unsicherheit liegt in der Verwendung von Öl in den Ölschaltern und anderen Apparaten von Schaltanlagen. Es ist zu hoffen, daß die Bestrebungen, das Öl und überhaupt jegliches brennbare Material aus den Schaltanlagen zu entfernen, von Erfolg gekrönt sein werden. In dieser Richtung bewegt sich die Konstruktion der ölfreien Hochleistungsschalter und der öllosen Strom- und Spannungswandler. Abb. 10 zeigt eine Art des ölfreien Schalters, den Druckgasschalter.

Die Freileitungstechnik ging zuerst bei der Post in die Lehre. Aus Eigenem schuf sie das gleichseitige Dreieck für die Anordnung der 3 Phasen am Maste, wie wir heute wissen, aus unnötigen Befürchtungen vor den Folgen der Unsymmetrie. Viele Jahre durfte an dem starren Grundsatz des Dreiecks nicht gerüttelt werden, bis endlich die auf den Versuch gestützte vertiefte Erkenntnis mit der Herrschaft dieses Grundsatzes brach und der Konstrukteur hinsichtlich der Leiter am Maste völlig freie Hand gewann. Man sieht unseren Freileitungen die unendliche Summe theoretischer und praktischer Entwicklungsarbeit kaum an. Die Sicherung gegen das Zusammen-

Digitized by Google

schlagen der Leiter (Leiterabstände, Staffelung), die Sicherung gegen Unzulänglichkeiten der Isolatoren, der Befestigungen an Isolatoren, der Schutz gegen Vogelstörungen usw. waren nicht von heute auf morgen zu schaffen. Mit dem Erfahrungsmaterial, d. h. mit den Erfahrungen über die Störungen an den Leitungen, wurden in langsamer, zielbewußter Arbeit die Formen und Anordnungen gefunden, die heute gebräuchlich sind. Einen tiefgreifenden Einfluß auf die Entwicklung des Freileitungsbaues übte der von Amerika herübergekommene Hängisolator aus. Sehr stark umstritten war die Frage des Schutzes der Freileitungen durch Erd- oder Blitzseile gegen atmosphärische Überspannungen. Doch hat sich die Erkenntnis der Notwendigkeit des Schutzseiles bei wichtigen Freileitungssträngen heute wohl allgemein durchgesetzt, zumal

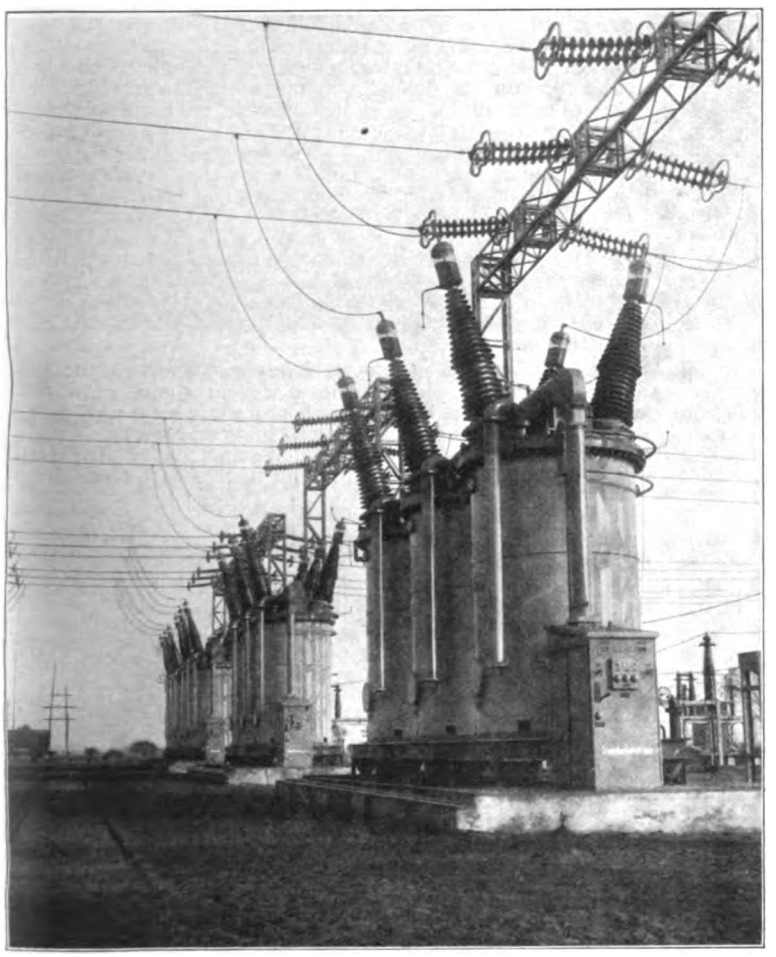


Abb. 9. Ölschalter einer 220 kV-Freiluft-Schaltanlage.

das Erdseil durch die Zusammenfassung der zahlreichen Mast-Einzelerdungen für die Schaffung einer guten Erdung der Leitung sorgt.

Die Erkenntnis der atmosphärischen Überspannungserscheinungen lehrt, daß diese um so niedriger sind, je niedriger die Leiter hängen. Die neuere Zeit ist dazu übergegangen, die Höhe der Masten herabzusetzen. Die geringste Höhe der Leiter über Erde wird bei Anordnungen erreicht, bei denen die Leiter alle in einer Ebene liegen, z. B. auf Strecken mit Portalmasten oder Masten mit Schwenktraversen.

Die großen Etappen der Kabeltechnik sind mit folgenden Stichworten zu geben: Zweifach und dreifach konzentrische Kabel — verseilte Kabel; Gummi-Jute-Isolation — getränkte Papierisolation. Die Spannung bleibt aus wirtschaftlichen Gründen hinter der der Freileitungen zurück — erreicht, manchmal mit Verzögerung, den halben Wert. 1911 setzten die Berliner Elektrizitätswerke ihr bekanntes 30 kV-Netz unter Spannung, die ersten ausgedehnten 60 kV-Kabelanlagen ließen dagegen über 15 Jahre auf sich warten. Doch kam im gleichen Jahre wie die erste 220 kV-Freileitung das erste 110 kV-Kabel in Betrieb.

Die ersten Elektrizitätswerke, die sich mit der Erzeugung und dem Verkauf der elektrischen Arbeit befaßten, wurden als reine Lichtwerke in der Großstadt errichtet. Hier war das Bedürfnis nach Beleuchtung am größten, hier lag auch der Kern der technischen Entwicklung. Sie versorgten zuerst einzelne Häuser, wurden dann zu Blockstationen und wuchsen sich immer mehr zu Zentralen in unserem heutigen Sinne aus. Die ersten Elektrizitätswerke, die in den 80er Jahren erbaut wurden, hatten eine Gesamtleistung von höchstens 500 kW; die Maschinengröße war höchstens 100 kW. Da die Ausnutzung der Wasserkräfte durch die noch ungelöste Aufgabe der Kraftübertragung nicht möglich war, wurde man gezwungen, sich bei den damaligen Elektrizitätswerken auf die Verwertung der Kohle zu stützen. Die ersten Elektrizitätswerke waren somit Dampfkraftwerke, die mit Drücken von etwa 8 atü und Sattdampftemperatur arbeiteten. Der Wärmeverbrauch war nach unseren heutigen Begriffen überragend hoch, er bewegte sich in der Größenordnung von 25 000 kcal/kWh. Da aber die Anforderung nach elektrischer Arbeit immer größer wurde und man anderseits auch erkannte, daß sich durch Vergrößerung der Einheitsleistungen der Maschinen das aufzuwendende Anlagekapital verkleinern ließ, war man bestrebt, die Einheitsleistungen der Maschinen zu vergrößern, soweit es mit den damaligen Mitteln der Technik möglich war. So

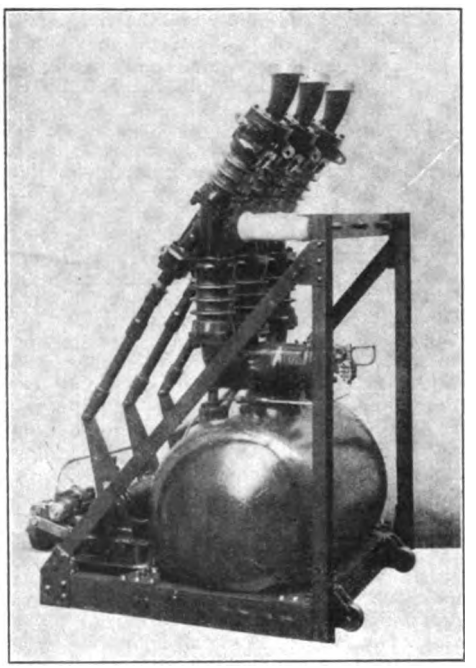


Abb. 10. Druckgasschalter für 10 kV Betriebspannung.

konnte bereits Oskar v. Miller Edison bei seinem Berliner Besuch 1889 Generatoren mit einer Leistung von 1000 PS zeigen. Berühmt geworden ist die Frage Edisons: „Wieviel bringt eine solche Maschine pro Umdrehung?“ nebst der Antwort von O. v. Miller: „10 Pfennig“, darauf das Urteil von Edison: „Eine sehr gute Maschine.“ Die Abb. 11 zeigt ein Elektrizitätswerk jener Zeit. Aber gegen die Jahrhundertwende, als zu der Anforderung nach elektrischer Arbeit für Beleuchtung auch noch diejenige für Kraftzwecke trat und außerdem die Frage der Fernübertragung gelöst war, stieg die Gesamtleistung der damaligen Elektrizitätswerke rasch an. Man kann schon um 1900 die Gesamtleistung eines Dampfkraftwerkes mit einer Größenordnung von etwa 5000 kW einsetzen, die sich auf Maschinenleistungen von durchschnittlich 500 kW aufteilte. Die Anlagen arbeiteten vor der Turbine mit einem Druck von etwa 10 atü und Temperaturen, die sich von Sattdampftemperaturen bis zu 270 ° bewegten. Der technische Fortschritt, der besonders kurz nach 1900 augenfällig ist, zeigte sich schon äußerlich in dem wesentlich kleineren Wärmeverbrauch, der gegenüber früher jetzt nur noch etwa 14 000 kcal/kWh betrug.

Bereits um 1903 kamen die ersten Großmaschinen auf, die eine Leistung von etwa 5000 kW hatten. Der Sieges-

Digitized by Google

lauf der Dampfturbine begann. Es setzte das immer schärfer werdende Bestreben ein, die Wirtschaftlichkeit der Kraftwerke zu erhöhen. Dieses Bestreben drückte sich aus in dem Bau immer größer werdender Maschinen- und Kesseleinheiten und in einem Ansteigen des Dampfdruckes und der Temperatur. So finden wir um etwa 1913 Maschinengrößen von etwa 10 000 kW, Kesselleistungen von etwa 15 t/h, Dampfdrücke vor der Turbine von etwa 15 atü und Temperaturen von etwa 325 °.

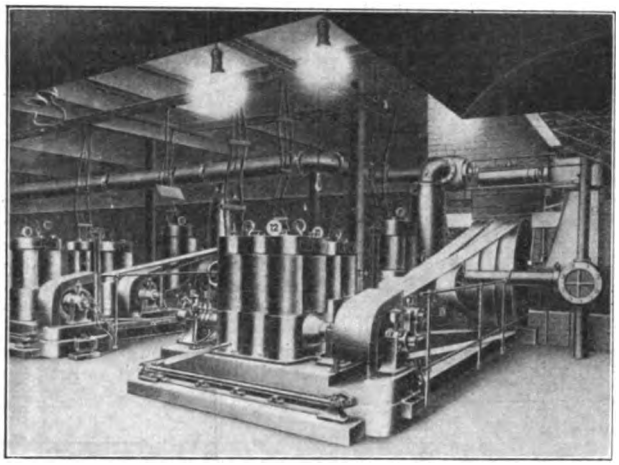


Abb. 11. Kraftwerk Markgrafenstraße, Berlin 1885.

Zugleich mit dem Zusammenballen größerer Leistungen in einer Einheit entstanden die ersten damaligen Großkraftwerke. Ich nenne als Beispiele kurz vor dem Kriege die Erbauung des Goldenbergwerkes des RWE mit 4 Maschinen zu je 15 000 kW und während des Krieges des Kraftwerks Golpa-Zschornewitz der Elektrowerke mit 8 Maschinen zu je 16 000 kW. Den durchschnittlichen Wärmeverbrauch konnte man für diese Zeit kurz vor dem Kriege mit etwa 6000 ... 7000 kcal/kWh annehmen. Es hatte sich also im Laufe von rd. 30 Jahren eine Verkleinerung des Wärmeverbrauchs im Verhältnis von etwa 1 : 4 erreichen lassen.

Wenn man nun die damalige Entwicklung der Dampfkraftwerke in einer Kurve darstellen wollte, dann würde man nur ein verhältnismäßig langsames Ansteigen der Größenordnungen für Maschinenleistung, Kesselleistung, Druck und Temperatur gegenüber der Jetztzeit finden. Der große Sprung tritt erst in der Nachkriegszeit ein. So haben wir heute in den großen Dampfkraftwerken Leistungen bis zu 450 000 kW zusammengefaßt; wir haben Einwellenmaschinen von etwa 85 000 kW, es sind Kessel mit Leistungen von 150 t/h ausgeführt, es werden Drücke von 100 at und darüber und Temperaturen in der Größenordnung von etwa 475 ° erreicht. Der schnelle Fortschritt im Kraftwerksbau, der sich neben den großen Leistungen auch in wärmewirtschaftlichen Verfeinerungen wie z. B. der Anzapf-Speisewasservorwärmung ausdrückte, hat jetzt Wärmeverbrauchszahlen ermöglicht, die man heute im großen Durchschnitt mit etwa 4000 kcal/kWh annehmen kann. Die Abb. 12 und 13 geben Beispiele großer Maschineneinheiten.

Die fehlende Übertragungsmöglichkeit beschränkte dagegen den Ausbau der Wasserkräfte in den ersten Jahrzehnten auf Einzelfälle, u. zw. auf Wasserkräfte, die dem Verbraucher nahe lagen, oder solche, an die sich industrielle Unternehmungen mit hohem Stromverbrauch angliedern ließen. Die Kraftübertragungswerke Rheinfelden — die erste in großem Stil ausgebaute Rheinwasserkraft — wurden z. B. zur Belieferung von elektrochemischen Betrieben gegründet. Abgesehen von diesen Sonderfällen ermöglichte erst der Übergang zu den hohen und höchsten Spannungen den großzügigen Ausbau der Wasserkräfte, u. zw. ist nicht nur die Fortleitungsmöglichkeit, sondern auch die Verkupplungsmöglichkeit mit Dampfkraftwerken in vielen Fällen entscheidend für den vollen Ausbau gewesen. Der an sich hohe Wirkungsgrad der Turbinen konnte fast an die Grenze des theoretisch Möglichen getrieben werden. Die hohen Anforderungen an die Regler führten zur Konstruktion von ausgezeichneten Geschwindigkeitsreglern. Die Maschinenleistungen der Wasserturbinen blieben hinter denen der Dampfturbinen zurück, doch dürfte sich dieser Abstand in nicht allzu ferner Zeit verringern.

Als man sich in den ältesten Dampfkraftwerken nach der ersten von der Vervollkommnung der rein technischen Mittel ausgefüllten Zeit etwas tiefer in das wirtschaftliche Betriebsproblem vertiefte, stieß man auf die Aufgabe der Spitzendeckung und der Nachtbelastung. Für die Gleichstromwerke erstand im Akkumulator, der in kurzer Zeit zur hohen Vervollkommnung gedieh, ein willkommener Helfer, der die für unsere Wechselstromwerke heute noch bestimmende Frage der Spitzendeckung und der Nachtbelastung sehr gut löste. Schon vor 40 Jahren liefen Gleichstromwerke, deren Maschinen-Tageslastkurve, gemessen an unseren neuesten Werken, unübertroffen gut war. Man suchte die Spitzendeckung durch Gestaltung der Tarife zu bekämpfen, erhoffte zuversichtlich eine Besserung durch den Zusammenschluß verschiedener Netze. Durch den Zwang zur größten Sparsamkeit, zum Herausholen des letzten hundertstel Pfennigs aus dem Betrieb der Kraftwerke ist diese Frage in den letzten Jahren wieder in den Brennpunkt des Interesses gerückt worden. Die große Ruths-Dampfspeicheranlage der BEWAG, die Pumpspeicherwerke Herdecke des RWE und Nieder-Wartha der ASW zeigen, wie rasch auf die Erkenntnis des technisch-wissenschaftlich Richtigen die Tat folgen kann. Vielleicht wird die Frage der Spitzendeckung in den nächsten Jahren unsere jetzt gültigen Anschauungen und gebräuchlichen Anordnungen von Kesseln und Maschinen beeinflussen.

Man könnte einen ausgezeichneten Querschnitt der Entwicklung der Elektrotechnik geben, wenn man sich auf eine Monographie der Sicherung gegen Überströme und Kurzschlüsse beschränkte. Viele Jahre beherrschte die Schmelzsicherung das Feld; ihre stetige Vervollkommnung brachte ihre Abschaltleistung

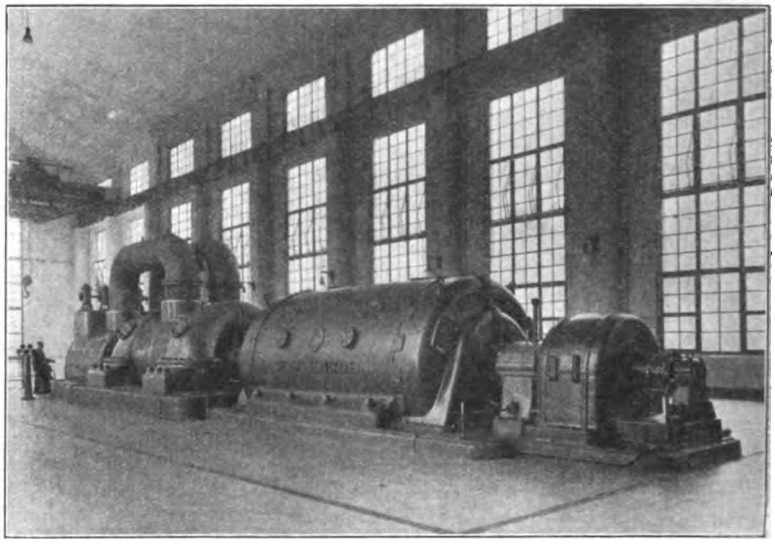


Abb. 12. Turbogenerator, 30 000 kW, 3000 U/min.

auf bedeutende Höhe, die aber mit der Zunahme der Kraftwerksleistungen nicht Schritt hielt. Vor allem fehlten ihr jedoch verschiedene Möglichkeiten, welche der Überstromschutz gebieterisch forderte, deren wichtigste die Möglichkeit der willkürlichen Zeiteinstellung, d. h. der Zeitverzögerung des Abschaltmomentes ist. Die durch Auslöser oder Relais bewirkte Auslösung von Schaltern mußte deshalb die Sicherung verdrängen. Es kamen die abhängigen, dann die unabhängigen Zeitauslösungen — d. h. die Auslösungen, der Auslösezeit unabhängig von der Größe des Überstromes ist, und die Verbindung beider. Andere Auslösungsmöglichkeiten, wie z. B. die Rückwattauslösung, traten hinzu, es entwickelte sich wieder ein neuer Zweig der Technik, ungemein fleißige und geistvolle Arbeit wurde geleistet. Wir sehen auf diesem Gebiet wie auf den meisten technischen Gebieten, wie jahrelang auf einem bestimmten Wege ganze Komplexe von Gedanken vorgetrieben wer-

Digitized by Google

den, wie hieraus Anordnungen hoher Vollkommenheit entstehen, die jedoch schließlich bestimmten neuauftauchenden Aufgaben nicht mehr gerecht werden können.

Der entscheidende Fortschritt wird von dem gemacht, der die Erkenntnis gewinnt, daß eine Entwicklungsreihe, deren Möglichkeiten anscheinend erschöpft sind oder deren

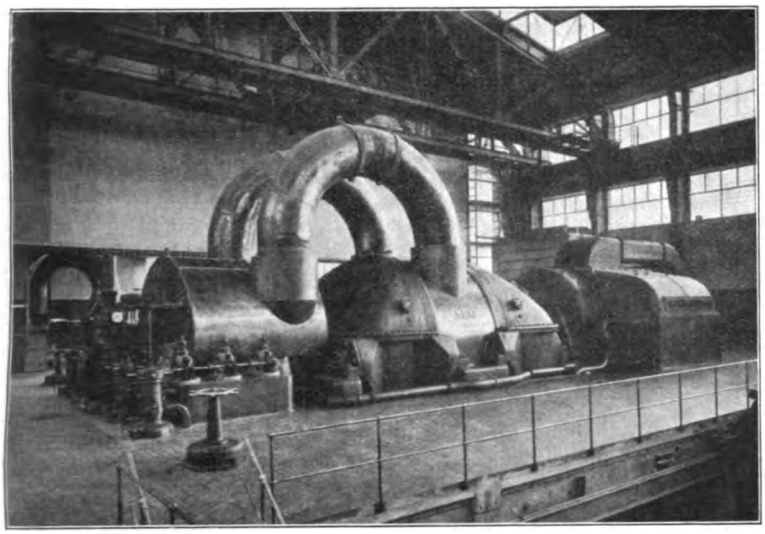


Abb. 13. 85 000 kW-Turbine (1500 U/min) im Kraftwerk Golpa-Zschornewitz

Fortentwicklung nur auf Kosten der technischen Einfachheit geht, abzubrechen ist, der die Erkenntnis der Notwendigkeit eines neuen Weges gewinnt. Diese Erkenntnis brach sich Bahn, als die Vermaschung der Netze immer stärker wurde, als die Verkupplung der Netze und Kraftwerke eine wirtschaftliche Notwendigkeit wurde.

Es entstand der Distanzschutz. Es wäre reizvoll, die tastenden Versuche, das langsame Reifen der Lösung, die Vorläufer, wie z. B. das Spannungsabfallrelais, zu verfolgen. Auch dieser Geschichtsabschnitt gäbe einen tiefen Einblick in das menschliche Denken, das sich immer nur langsam, durch ein Gestrüpp von überkommenen Ansichten, von überschätzten Bedingungen und Hemmungen zur klaren Lösung durchdringen muß. Der Distanzschutz hat die Aufgabe, den fehlerhaften Anlageteil ohne Störung anderer Teile vom Netze abzutrennen. Seine Auslösezeit wird durch die Spannung gesteuert, welche der Fehlerstrom auf der Strecke, der „Distanz" zwischen dem Distanzrelais und der Fehlerstelle hervorruft.

Mit der Abtrennung der Fehlerstelle sind die Aufgaben des Überstromschutzes nicht erschöpft. Die Kurzschlußkräfte zwischen den Leitern in der Schaltanlage, in Apparaten und Maschinen stiegen von wenigen Gramm und Kilogramm auf Hunderte von Kilogramm und Tonnen. Ähnliche Steigerungen erfuhr die Temperaturzunahme der von Kurzschlüssen betroffenen Anlageteile. Die Wicklungen von Generatoren und Transformatoren wurden durch die Kurzschlußkräfte verbogen, zerrissen, die Isolation zerstoßen und zerrieben. Zu schwache Leiterquerschnitte glühten auf, schmolzen weg, Kontaktstellen verbrannten — um nur eine kleine Auslese der Kurzschlußfolgen zu geben. Außer dem Problem der elektrischen Festigkeit mußte auch das der mechanischen behandelt und gelöst werden. Die weiche „Buchbinder"-Konstruktion der Transformatoren z. B. ging in die starre Konstruktion der hohen Schule des Maschinenbaues über.

Aber nicht nur die Abwehr sondern auch die Vorbeugung kam in diesem Kampf gegen die Kurzschlüsse zur Anwendung. Die vom Standpunkt der Spannungsregelung entworfene harte Maschine mit kleinem Spannungsverlust wich der weichen Maschine, deren Scheinwiderstand so hoch wie irgend möglich getrieben wird, um den plötzlichen und den Dauerkurzschlußstrom klein zu halten. Ebenso stieg der Kurzschlußwiderstand der Transformatoren — ein weiteres Begrenzungsmittel des Kurzschlußstromes. An den Stellen, an welchen trotz dieser konstruktiven Maßnahmen der Kurzschlußstrom unerträglich hoch bleibt, erscheint seit etwa 20 Jahren die Kurzschluß-Drosselspule als Retter in der Not — als neuer Bestandteil der Schaltanlage.

Auf dem Gebiete der Erdschlußfrage haben der Überstrom- und der Überspannungsschutz die meisten Berührungspunkte. Wenn das Übel des Erdschlusses zunächst in seinen Folgen bekämpft werden mußte, so gelang es schließlich durch die Erdschlußstrom-Kompensation, das Übel an der Wurzel zu packen. Damit hat die deutsche Elektrotechnik einen Weg eingeschlagen, der im bewußten Gegensatz zu der Technik vieler anderer Länder steht. Sie hat sich gegen die starre Erdung des Nullpunktes erklärt, in dem freien Nullpunkt mit Erdschlußkompensation das Richtige erkannt. Wie wichtig diese Entscheidung ist, lehrt das Studium der Stabilitätsschwierigkeiten bei der Zusammenarbeit großer Netze, die in Netzen mit freiem Nullpunkt und Erdschlußschutz nur einen kleinen Bruchteil der Schwierigkeiten in Netzen mit starrem Nullpunkt erreichen. Daß diese Aufgabe nicht mit kleinen Mitteln zu lösen ist, daß ein entgleisender FD-Zug nur mit Riesenkräften wieder ins Gleis gebracht werden kann, zeigt Abb. 14, eine 220 kV-Erdschlußspule von 15 000 kVA Leistung. Zu der Erdschlußkompensation ist in jüngster Zeit die Kompensation der Ladeströme von Freileitungen und Kabeln höchster Spannung als ebenso wichtiges Regel- wie Schutzmittel getreten.

Einen Eindruck, der vielleicht entstanden sein könnte, möchte ich, wenn ich jetzt zum Schlusse meiner Ausführungen komme, verwischen, den Eindruck der Überheblichkeit. Nein, wenn wir in einer ruhigen Stunde die Entwürfe und Berechnungen der letzten Jahrzehnte durchblättern, wenn wir Einzelheiten wie z. B. den Drehstrommotor der Lauffener Kraftübertragung nachrechnen, dann staunen wir vor der an Sehergabe grenzenden Voraussicht, vor dem sicheren technischen und wirtschaftlichen Gefühl unserer Pioniere und bewundern ihren arbeitsfreudi-

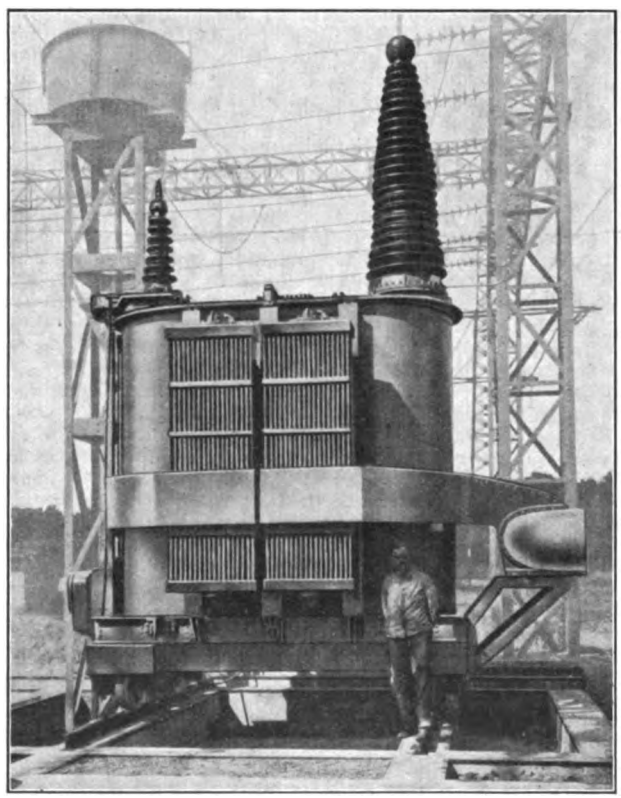


Abb. 14. Erdschlußspule für 220 kV.

gen Optimismus. Und an dieser Arbeitsfreude und diesem Optimismus, an dieser Verbundenheit mit unserer Arbeit wollen wir festhalten — für unsere Wirtschaft und unser Vaterland.

Digitized by Google

Kraftübertragung auf große Entfernung durch hochgespannten Gleichstrom*.

Von **René Thury**, Genf.

Es mag sehr sonderbar und vielleicht unangebracht erscheinen, von Kraftübertragung durch sehr hochgespannten Gleichstrom zu sprechen, noch dazu in diesem Jahre 1930, das sich auf allgemeine Anwendung des Drehstromes und seiner großartigen Verteilung über die ganze Welt eingeschworen hat. Was will bei diesem Fest der Gleichstrom, dieser Urahne! Ist er nicht endgültig der Vergessenheit verfallen und liegt ein Grund vor, ihn wieder ins Gedächtnis zu rufen?

So haben Sie nicht geurteilt, und sicher handelten Sie richtig, als Sie dem Gleichstrom die Ehre einer Besprechung einräumten. Aber unglücklicherweise ist der Mann, den Sie zur Einführung des Gegenstandes gewählt haben, weit entfernt, Ihren berechtigten Erwartungen zu entsprechen. Wie der Gleichstrom, so ist auch er alt, und, wie es Greisenart ist, kann er nur noch mit zitternder Hand und nicht, wie es notwendig wäre, mit starker Faust die Flagge tragen.

Sie werden mich verstehen, wenn Sie vernehmen, daß ich meinen ersten Waffengang 1874 machte, als ich in die Konstruktion eintrat, also vor 55 Jahren, zu der Zeit, da Siemens seinen Doppel-T-Anker ausdachte und ihn dann dadurch verbesserte, daß er den Kommutator von Paccinotti hinzufügte. Man hatte keinerlei klare Idee vom magnetischen Kreis und kannte noch keine Werte für die Berechnung von Dynamos; ein Jeder stellte Zahlen für seinen Gebrauch auf, und dieser Wirrwarr fand sein Ende erst nach dem Kongreß von 1881 in Paris.

Ich bin also einer der heute seltenen Zeugen der Geburt der elektrotechnischen Industrie, an deren späterer Entwicklung ich dann bescheiden teilgenommen habe. Es würde mir somit leichter sein, zu den jungen Ingenieuren über die Geschichte der schwierigen Anfänge dieser Industrie zu sprechen, als über ein Problem, selbst auf einem mir wohlvertrauten Gebiet. Ich bitte Sie also, mir die Nachsicht zu gewähren, deren ich für die nachfolgenden Zeilen bedarf.

Historisches.

Vor 1890 kannte man außer dem Gleichstrom — und nur sehr unvollständig — den Einphasen-Wechselstrom. Der Drehstrom stak noch in den ersten Kinderschuhen. Als junger Techniker eines Genfer elektrotechnischen Baubüros hatte ich seit 1883 nacheinander mit Erfolg mehrere Gleichstrom-Kraftübertragungs-Anlagen durchgeführt, und der Erfolg dieser Anlagen stachelte mich an, Besseres zu vollbringen.

Als also 1887, wenn ich mich richtig erinnere, ein Ingenieur aus Genua namens Preve mich in Genf aufsuchte, um mir den Gedanken einer richtigen Kraftübertragung zu unterbreiten, die die Industrien eines Teiles von Genua, von Sampier d'Arena und des Secca-Tales mit Strom versorgen sollte, setzte ich mich mit Eifer an das Studium eines Systems, das die Lösung dieses noch neuen Problems gestatten sollte. In Isoverde, einem Industriedörfchen, 27 km von Genua entfernt gelegen, wurde eine Versuchsanlage errichtet, die mit zwei Generatoren von variabler Spannung nicht über 2200 V bei 45 A ausgerüstet wurde. Sie sollte verschiedene Fabriken und Mühlen mit Kraft versorgen.

Von Beginn an waren die Ergebnisse zufriedenstellend und der Ausbau wurde beschlossen. Dieser Ausbau erstreckte sich rasch auf die Gesamtheit der damals verfügbaren Wasserkraft, die, obwohl sehr bescheiden, trotzdem dank einer außerordentlichen Wirtschaftlichkeit bei dem Bau beider Zentralen sowie bei der Fernleitung und infolge der geringen Betriebskosten ein Vierteljahrhundert lang weit mehr leistete, als man vorgesehen hatte. Die Gesamtspannung überschritt kaum 12 000 V bei 45 A gleichbleibender Stromstärke.

Eine gewisse Anzahl Anlagen wurde in dem Zeitraum in Betrieb genommen, der für das Aufkommen des Drehstromes erforderlich war, dessen Entwicklung, wie jeder von Ihnen weiß, immer schneller vor sich ging, und dies dank den wissenschaftlichen Arbeiten einer Schar von Gelehrten und den fortgesetzten Verbesserungen durch die Konstrukteure.

Der Gleichstrom wurde jetzt mehr und mehr vernachlässigt, so weit, daß heutzutage viele von seinem Fortbestehen nichts wissen, das doch noch Tatsache ist. Mehrere Anlagen wurden zweck Vereinheitlichung und Zusammenschlusses auf Drehstrom abgeändert. Andere bestehen noch, werden aber sicherlich von einem zum anderen Tage umgewandelt werden. Eine einzige Anlage hat sich erheblich entwickelt und ist sogar noch in weiterer Entwicklung, obwohl der Gleichstrom gewissermaßen einem riesigen Drehstromnetz eingefügt ist, dessen Stütze und Regler er ist.

Dieses Verlassen des Gleichstroms ist berechtigt, so weit es sich um Kraftübertragung auf die üblichen Entfernungen handelt. Hochgespannter Gleichstrom ist in der Tat ungeeignet zur allgemeinen Verteilung, zumindest in seiner jetzigen Form (veränderliche Spannung, gleichbleibende Stromstärke). Er kann nicht in Gleich- oder Wechselstrom niederer Spannung umgewandelt werden, ohne rotierende Maschinen, Umformer, Motorgeneratoren oder „Highfield Transverter", die alle weit davon entfernt sind, die Einfachheit und Unempfindlichkeit der Wechselstromtransformatoren zu besitzen.

Ich schreibe demnach den Gleichstrom nur den Kraftübertragungen auf sehr große Entfernungen zu, z. B. über 500 km; denn es ist festgestellt, daß er Entfernungen über 1000 km mit ganz bemerkenswerter Sicherheit und Wirtschaftlichkeit überbrücken kann, während bei diesen Entfernungen Drehstromleitungen wirklich zu teuer und weder technisch noch finanziell gerechtfertigt sind. Ich ziehe auch — auf Grund längerer Erfahrungen — in Betracht, daß der Gleichstrom, weil er jede nachteilige Beanspruchung des Dielektrikums unterirdischer Kabel vermeidet und weil diese letzteren wirtschaftlich und sicher für mehrere hundert Kilovolt zwischen Leiter und Umhüllung gebaut werden können, als einzige Stromart gestattet, die Verbindungsfreileitungen durch unterirdische Kabel zu ersetzen. Im übrigen ermöglichen die besonderen Eigenschaften der Gleichstrom-Hochspannungs-Generatoren die Lösung mancher Probleme von großer Wichtigkeit, so die Nutzbarmachung von Flut und Ebbe sowie von schwankenden Wasserkräften. Als Beispiel seien die Stauwerke zur Bewässerung des Landes erwähnt, wie der Assuan-Damm im Nil. In der Tat läßt der Gleichstrom noch die Übertragung einer beträchtlichen Leistung zu, wenn das Gefälle nur noch $^1/_8$ oder $^1/_{10}$ des maximalen Gefälles betragen sollte, da Turbinen und Generatoren nicht an eine bestimmte Frequenz gebunden sind. Es ergibt sich hieraus, daß Gefälle und Drehzahl jederzeit in vollkommener Übereinstimmung mit dem jeweiligen Maximalwirkungsgrad stehen können.

Man weiß, daß Wechselstromgeneratoren sich dieser Forderung nur vermittelst Vorgelegen mit veränderlichem Übersetzungsverhältnis anpassen können, eine Lösung, die niemand für die Generatoren einer großen Zentrale anwenden möchte. Desgleichen wären für die Ausnutzung der Flut die Gleichstrommaschinen fähig, auch die letzten verfügbaren Kilowatt vor der Ebbe herauszuholen, und die Berechnung zeigt, daß der Mehrbetrag an derartig nutzbar gemachten Kilowattstunden weit davon entfernt ist, vernachlässigt werden zu können, und daß er allein schon eine Flutanlage rechtfertigen kann, die ohne ihn — da pro nutzbare Kilowattstunde zu teuer — fallen gelassen werden müßte. Ich werde weder von Spezialfällen sprechen noch von Mittelspannungs-Gleichstrom, 1500 bis 3000 V für Bahnzwecke. Ich werde mich allein bemühen, Ihnen Mitteilungen über das Ergebnis meiner Erfahrungen zu machen und Ihnen auseinandersetzen, wie die Probleme gelöst wurden, die sich aus der Erzeugung und Transformierung des hochgespannten Gleichstroms ergeben, damit die anwesenden Interessenten es zu ihrem Nutzen besprechen können. Ich werde mich nicht bei den Vorteilen des Gleichstroms in bezug auf Oberleitungen oder Kabel aufhalten. Dieser Punkt ist bereits Gegenstand von Forschungen gewesen, die Ihnen sicherlich bekannt sind und deren Ergebnis die große Überlegenheit des Gleichstroms zeigt. Es genügt mir, Ihnen zu sagen, daß die Kraftübertragung von Moûtiers nach Lyon

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins. Die deutsche Übersetzung besorgte das Literarische Büro der AEG-Übersee-Abteilung.

Digitized by Google

(Frankreich), 1906 in Betrieb gesetzt, diese Überlegenheit bestätigt hat. Im Jahre 1906 hatte die Leitung M.—L. eine Gesamtlänge von 360 km bei 50 ... 58 000 V, wovon 8 km Kabel zur Einführung nach Lyon. Dieses unterirdische Kabelstück hat nie die geringste Beschädigung gezeigt. Seit einer Anzahl von Jahren ist die Spannung auf etwa 100 kV erhöht, und seitdem gestatten neue Maschinen, etwa 125 kV zu erreichen. Die Leitungslänge übersteigt 448 km, davon 72 km Erdkabel. Wir stecken also nicht mehr in der reinen Theorie, die Praxis hat sich im gleichen Sinne ausgesprochen.

Wenn man also annimmt, daß die industrielle Erzeugung hochgespannten Gleichstroms und die Transformierung eines derartigen Stromes ohne überwiegende technische und wirtschaftliche Schwierigkeiten möglich wären, so würde kein Zweifel mehr bestehen, daß der Gleichstrom jedesmal dort notwendig würde, wo die zu überbrückende Entfernung sich der Anwendung des Drehstromes infolge zu hoher Leitungskosten und anderer technischer Unannehmlichkeiten entgegenstellt.

Die Diskussion kann sich demnach auf folgendes Thema beschränken: Wie ist hochgespannter Gleichstrom für Übertragung auf sehr weite Entfernungen zu erzeugen und zu transformieren, u. zw. von dem dreifachen Standpunkt aus betrachtet: technisch, wirtschaftlich und betriebsicher?

Ich werde versuchen, bei den Besprechungen die paar Bausteine mitzubringen, die ich längs des Weges meiner über 50 Jahre alten persönlichen Erfahrungen gesammelt habe, Bausteine, die vielleicht für die Errichtung des Gebäudes nützlich sein können.

Erzeugung hochgespannten Gleichstroms.

Die heutige Technik verfügt über mehrere Mittel:

a) Umwandlung des Drehstroms durch Transformatoren und Quecksilberdampf-Gleichrichter,

b) Umformer,

c) Highfield Transverter, dessen Ursprung der Apparat von Hutin u. Leblanc ist, von letzterem „Panchahuteur" genannt,

d) direkte Erzeugung durch Hochspannungsgenerator.

In all diesen Fällen zwingen uns unsere heutigen Kenntnisse, die Transformatoren oder Generatoren in Reihe zu schalten, u. zw. aus dem einfachen Grunde, weil es nicht möglich ist, einen Quecksilberdampf-Gleichrichter, Umformer, Transverter oder Generator zu bauen, der fähig wäre, die beträchtliche Anzahl kV auszuhalten, die für die Wirtschaftlichkeit langer Übertragungsleitungen notwendig ist. Glücklicherweise birgt diese Hintereinanderschaltung keine unüberwindlichen Schwierigkeiten in sich. Weit gefehlt! Sie ist sowohl für konstante Spannung als auch für konstanten Strom anwendbar. Nach dieser Vorbemerkung wollen wir einmal die verschiedenen verfügbaren Mittel einer Betrachtung unterziehen.

a) Quecksilberdampf-Gleichrichter.

Ich habe seinerzeit die Firma Brown, Boveri & Cie. in Baden befragt, um zu erfahren, ob man diese Apparate in Reihenschaltung in einen Gleichstromkreis einfügen könne, dessen Spannung zu jener Zeit zwischen 75 und 100 kV betrug und der durch Transformierung eines Teiles der verfügbaren Energie in Drehstrom gleicher Höhe vorteilhaft hätte umgewandelt werden können. Das kurz zusammengefaßte Ergebnis unserer Untersuchungen war folgendes:

Der Hintereinanderschaltung einer gewissen Anzahl von Quecksilberdampf-Gleichrichtern mit ihrer Gleichstromseite steht nichts im Wege. Jeder Gleichrichter wird dann einzeln durch einen geeigneten Transformator gespeist, dessen Sekundärseite so stark zu isolieren ist, als ob der Transformator die volle Gleichspannung herzugeben hätte. Für den betrachteten Fall soll z. B. die Gleichspannung zwischen Leitung und Erde normalerweise 125 kV betragen, die Transformatoren müßten also evtl. $125/\sqrt{2} = 88$ kV Wechselspannung aushalten. Die Firma BBC sah hierbei keinerlei Schwierigkeiten und gab mir völlige Beruhigung in dieser Hinsicht.

Anderseits müßten die Gleichrichter selbst gegen Erde isoliert sein. Dies würde aber keine besondere Schwierigkeit darstellen, da diese Aufgabe bereits praktisch seit mehreren Jahren für an der gleichen Leitung in Reihe geschaltete Generatoren und Stromverbraucher gelöst ist.

Bemerkt sei, daß die Reihenschaltung der Quecksilberdampf-Gleichrichter im Falle eines Rückstromes durch Kurzschluß im Innern weniger Schwierigkeiten bereitet als die Parallelschaltung dieser Apparate. Der unvorhergesehene innere Kurzschluß eines Gleichrichters bewirkt kein Rückfließen des Gleichstromes durch den Apparat, wenn eine Anzahl Einheiten in Reihe auf die allgemeine Leitung geschaltet sind. Immerhin schließt dies nicht jede Möglichkeit eines inneren Kurzschlusses für den Wechselstrom selbst aus, aber jede Einheit ist bequemer zu schützen, wenn ein Rückfließen des Gleichstromes ausgeschlossen ist.

Zu dieser bereits weit zurückliegenden Zeit konnte BBC nicht mehr als 3 kV Gleichstrom höchstens für jeden Apparat garantieren. Die Versuche in der Fabrik wurden bis auf 6000 V hochgeschraubt und ließen weitere Steigerungen erhoffen. Da man 30 kV vorsehen mußte, hätte man mindestens zehn Einheiten in Reihe haben müssen; die Kosten einer derartigen Anlage würden hierdurch sinnlos, da nur 4500 kW in Frage kamen.

Seit dieser Zeit sind große Fortschritte die Früchte der ausdauernden Arbeit von BBC und anderer Konstrukteure gewesen. Die Kosten für die Umwandlung sind herabgesetzt, ihre Höhe ist nicht mehr prohibitiv. Trotzdem, wenn man die Vorteile und die Wirtschaftlichkeit dieser Art der Umwandlung näher betrachtet, so muß man feststellen, daß sie einen großen Materialaufwand in Hochspannungstransformatoren, zahlreichen Apparaten und Gleichrichtern erfordert. Um was zu erhalten? Einfach, um Drehstromgeneratoren aufstellen zu können, anstatt die Strecke direkt mit Gleichstrom ohne Transformierung zu versorgen. Es ist sicher, daß letztere wesentlich teurer sind als einfache Wechselstromerzeuger und daß diese sich so groß wie notwendig bauen lassen. Ich bin damit ganz einverstanden, muß aber feststellen, daß der gänzliche Fortfall der Umformungsanlage ein bedeutendes Kapital erspart, das höher ist als der Mehrbetrag für die Gleichstrommaschinen. Überdies stellt die Ersparnis der Umwandlungsverluste ein nicht zu unterschätzendes Kapital dar. Endlich ziehe ich ein Kraftwerk, das nur Turbinen und Dynamos enthält, zwei Kraftwerken vor, die eine komplizierte Anlage bilden und mehr Personal erfordern.

Trotzdem schließe ich die Anwendung von Quecksilberdampf-Gleichrichtern nicht aus; sie werden gute Dienste leisten bei Verwendung in einem Stromkreis mit Überschußenergie aus Drehstrom-Kraftwerken. Es ist schade, daß sie nicht umkehrbar sind und so ein elastisches Bindeglied bilden können, das die Kupplung von Netzen erleichtern würde.

b) Umformer.

Die Reihenschaltung mehrerer Umformer, deren jeder durch einen eigenen unabhängigen Transformator gespeist wird, ist auf der Gleichstromseite möglich, wodurch im Prinzip hohe Spannungen erreicht werden können, ohne die Grenzen, die durch die Kommutatoren gegeben sind, zu überschreiten. Ich besitze persönlich keine genügende Erfahrung, die es mir gestattete, die jeweilige Spannungsgrenze für einen Umformer vorzuschlagen, und ich gebe zu, daß es mir schwer fiele, wenn ich eine dieser Maschinen für eine höhere Spannung als 3000 V und 50 Hz auslegen sollte. Ich würde hierin nur einwilligen, wenn ich die Frequenz nach meinem Belieben wählen könnte; diese wäre notwendigerweise sehr niedrig.

Ich erwähne dies, um sofort die Schwierigkeiten einer Umformerstation für 150 oder 200 kV zu zeigen. Ich bleibe hierbei nicht stehen, da sich jeder ohne weiteres denken kann, was eine derartige Station in Hinsicht auf Betriebskapital, Energieverluste und Bedienung bedeutet.

Im übrigen würde es schwer sein, vielleicht unmöglich, eine genaue Regelung der Stromstärke bei wechselnder Spannung zu erreichen. Der Umformer eignet sich nur gut zur Regelung auf konstante Spannung. Wir werden später sehen, daß dies nicht immer das Ideal ist.

c) „Highfield Transverter".

Ich hatte die Ehre, den Erfinder dieses Apparates kennenzulernen und der Erschließung dieser Erfindung beizuwohnen. Die Aufgabe war für mich nicht neu, da ich mehrere Jahre vorher einen Versuch gemacht hatte, das Prinzip des Transverters zu verwirklichen. Ich hatte anderseits Gelegenheit, mich mit dem Transverter zu befassen, den die Herren Hutin und Leblanc in dem Kraftwerk von Rouen vor mehr als 25 Jahren installiert hatten, ein geniales Werk, aber unanwendbar über einige hundert Kilowatt wegen der zahlreichen Schwierigkeiten durch mangelhafte Kommutierung. Ich selbst habe diesen Weg nach meinen ersten Versuchen verlassen, sobald ich feststellte, daß ich nicht Herr der Kommutierung war. Herr

Digitized by Google

Highfield ist gewiß glücklicher gewesen als ich. Leider weiß ich nicht, ob er diese schwierige Frage vollständig gelöst hat und ob er in der Lage ist, Kommutatoren zu bauen, welche bei Stromstärken von mehreren hundert Ampere und nicht weniger als 10 000 V pro Kommutator einwandfrei laufen.

Ich bemerke auf Grund meiner persönlichen Untersuchungen, daß es notwendig ist, daß der Kommutator des Transverters mindestens ebenso gut läuft wie der der besten Gleichstrommaschine mit vollkommenen Wendepolen, da die Wartung eines feststehenden Kommutators viel unbequemer ist als die einer gewöhnlichen Maschine. Ein umlaufender Kommutator kann wieder rund gedreht und poliert werden, ebenso bequem, als sei er auf der Drehbank. Der feste Kommutator besitzt im Gegenteil eine viel schwierigere Zentrierung. Er muß an Ort und Stelle gebohrt werden und sein Aufpolieren ist weit schwieriger als gewöhnlich.

Aus diesen Gründen muß die Kommutierung für alle Belastungen einwandfrei sein, sonst kann man von hochgespanntem Gleichstrom nur für kleine Leistungen sprechen und läuft die Gefahr des Rundfeuers.

In der Tat konnte ich früher 15 000 ... 20 000 V einem einzigen festen zweipoligen Kommutator geringen Durchmessers von etwa 0,4 m, wenn ich mich recht erinnere, entnehmen. Bei meinen Versuchen konnte ich ohne Schaden bis auf 30 000 V hinaufgehen, es handelte sich aber um schwache Leistungen unter 1 A. Rundfeuer entsteht hierbei nur schwer; sobald aber die verfügbare Stromstärke steigt, nimmt die Gefahr des Rundfeuers erst rasch, dann weniger zu und wird mehr und mehr unangenehm durch ihre Schädlichkeit.

Es ist dies der Grund, warum die mittlere Spannung zwischen den Kommutatorlamellen herabgesetzt werden muß. Während man 500 V zwischen den Lamellen einer kleinen Maschine von einigen zehntel Amp. zulassen kann, muß man auf $^1/_{20}$ dieses Wertes heruntergehen, wenn es sich um große gewerbliche Generatoren handelt.

Demnach ist infolge der Unmöglichkeit der Umkehrung der Quecksilberdampf-Gleichrichter und anderer Arten Ventile die Nutzbarmachung des hochgespannten Gleichstroms für große Übertragungen in der Hauptsache an das notwendige Vorhandensein der Kommutatoren gebunden und mehr noch vielleicht an ihren einwandfreien Lauf in der Praxis.

Wenn wir annehmen, daß die Kommutierungsfrage für die Kommutatoren der Highfield Transverter gelöst ist, so erscheinen alsdann diese Apparate sehr interessant, besonders in dem Sinne, daß sie einen hohen Wirkungsgrad aufweisen und die Anwendung einer konstanten Spannung wie bei Wechselstrom gestatten, während ich bisher nur durch Anwendung der konstanten Stromstärke bemerkenswerte Kraftübertragungen von hochgespanntem Gleichstrom erzielen konnte. In bezug auf die Stromerzeugung scheint es rationeller zu sein, die Kommutatoren an ihrem natürlichen Platz zu lassen, d. h. als wesentlichen Teil der Generatoren, da diese ebenso gut oder besser als die Transverter in Reihe geschaltet werden können und letztere außerdem die Kommutierungschwierigkeiten nicht vermeiden, sondern im Gegenteil erhöhen.

d) Direkte Erzeugung des hochgespannten Gleichstroms.

Im Prinzip ist nichts leichter und wirksamer als die direkte Erzeugung. Sie ist die einzige in der Praxis, und die seit 1906 in Betrieb befindliche Kraftübertragung Moûtiers—Lyon kann als ein typischer Fall betrachtet werden, der mit seiner stufenweisen Entwicklung eine schöne praktische Erfahrung lieferte. Die augenblicklich im Betrieb erreichte Spannung schwankt mit der Last bis zu 125 000 V, aber die Betriebsgesellschaft hat die Steigerung bis auf 250 kV vorgesehen. Indes ist seit kurzem die Verbindung des Drehstromnetzes der Gesellschaft mit anderen französischen Netzen in Aussicht genommen. Ein Drehstrom-Höchstspannungsnetz wird diese Verbindung gestatten und es ist gut möglich, daß, falls einer der Gründe für die Existenz des Gleichstromes zu bestehen aufhört, diese vorgesehene Steigerung überflüssig wird. Es ist aber ebenso gut möglich, daß, wenn man die bedeutenden technischen Vorteile erkannt hat, die aus der elastischen Kupplung der verschiedenen Netze entstehen, man später dazu übergeht, den Gleichstrom zu diesem Zweck und zum Besten des allgemeinen Betriebes der Drehstromnetze zu entwickeln. Ich wünsche zu diesem Zweck, daß die Franzosen mit größter Sorgfalt jede Politik der Voreingenommenheit vermeiden und nur rein objektive Entschlüsse fassen.

Ich komme nun auf mein Thema zurück. Eine Gleichstromzentrale, ausgerüstet für Reihenschaltung, umfaßt eine Anzahl Einheiten im Verhältnis zu ihrer Leistung und der Spannung jeder Einheit. Die vorgesehene Maximalspannung verlangt den Lauf aller Einheiten in Reihenschaltung, mit Ausnahme der Reservemaschinen. Die Gesamtleistung ist dann nutzbar gemacht. Bei anderen Belastungen werden die nicht gebrauchten Einheiten stillgesetzt und die Spannung entsprechend der Leistung erniedrigt. Der Betrieb ist somit der gleiche wie in einer Drehstromzentrale, mit dem Unterschied, daß man in der letzteren die Spannung konstant hält und nicht die Stromstärke und daß man bei Drehstrom die im Betrieb befindlichen Einheiten der Gesamtstromstärke anpaßt und bei Gleichstrom der Gesamtspannung. Ruft man sich dies ins Gedächtnis zurück, so wird man feststellen, daß sich beide Kraftwerke sehr ähneln. Die Gleichstromzentrale wird in gewissen Fällen mit einer größeren Zahl kleinerer Einheiten ausgerüstet sein; dagegen findet man in ihr keinerlei Organ zur Umformung der Generatorenspannung, diese sind vielmehr direkt auf das Netz geschaltet. Man bemerke weiter, daß die Gleichstrommaschinen schwerer sind als die für Drehstrom, da der Kommutator, um eine genügend hohe Spannung gleichrichten zu können, verlangt, daß die Maschinen niedrigere Frequenz haben, 12,5 bis höchstens 25 Hz. Nur diese Maßnahme gestattet, Spannungen von 7500 ... 12 500 V pro Kommutator in Betracht zu ziehen.

Welches sind die hauptsächlichsten Einwendungen seitens der Mehrzahl der Ingenieure gegen die Verwendung von Generatoren für hochgespannten Gleichstrom?

1. Komplizierterer Betrieb,
2. zu kleine, demnach zu zahlreiche Einheiten, zu großer induktiver Widerstand,
3. Verwendung von Hochspannungs-Kommutatoren, Gefahr des Rundfeuers, Notwendigkeit, das Gehäuse gegen Erde zu isolieren.

Betrachten wir einmal, was die Praxis lehrt:

1. Komplizierterer Betrieb. Ich glaube nicht daran. Eine Kraftstation in Reihenschaltung umfaßt normalerweise nur einen zu regelnden Stromkreis und diese Regelung erfolgt selbsttätig. Eine allgemeine Schalttafel besteht nicht, es ist lediglich ein Kontrollfeld mit einem Amperemeter und einem Voltmeter, außerdem einem Wattzähler und zwei Registrierinstrumenten (Spannung und Stromstärke) vorhanden; keine Apparatenhandhabung an der Schalttafel. Die Bedienung ist somit vollkommen durch den Maschinisten gesichert, dem die Überwachung der Turbinen und Dynamos obliegt. Diese Wartung ist etwas umfangreicher als bei Wechselstromgeneratoren infolge der größeren Zahl der in Betrieb befindlichen Kommutatoren. Die Reinigung nimmt u. U. auch das Personal mehr in Anspruch.

Praktisch kann man indessen beobachten, daß das Personal recht wenig beschäftigt ist. In der Tat ist es nur da für die Überwachung und die Betätigung der Einheiten, anderseits sind diese Manöver einfachster Art. Kein Synchronisieren. Man läßt den Motor des Aggregats an. Sobald er die richtige Drehzahl erreicht hat, wird der Generator auf den Stromkreis geschaltet, nachdem er die Betriebstromstärke erreicht hat. Hierfür genügen einige Sekunden, wie ich selbst in St. Maurice festgestellt habe. Ich benötigte 15 s für die Einschaltung eines Aggregats bis auf Vollast und für das Anhalten eines anderen; diese Zeit wird besonders für das Öffnen der Turbine beansprucht. Das Personal führt das gleiche Manöver in 10 s aus. Schneller geschieht es auch bei Drehstrom nicht, ganz im Gegenteil.

2. Generatorensätze. Da sich bis jetzt nicht die Notwendigkeit ergab, starke Maschinensätze vorzusehen, so sind die Gleichstromzentralen nur von geringer Leistung. Die Anlage in Genua umfaßte zwei Wasserkraftanlagen, in Reihe geschaltet mit einer dritten kleinen Zentrale. Die beiden ersten wurden ausgerüstet mit 4 Turbinen zu je 100 kW, also nichts Übertriebenes im vorliegenden Falle. Wir finden in der Tat drei Sätze im Betrieb und einen als Reserve auf jeder Station. Wenn die Anlage nochmals gebaut werden müßte, würden wir wahrscheinlich zwei Maschinensätze pro Zentrale wählen, dazu einen Satz als Reserve, also 150 kW pro Einheit.

Die letzte erwähnenswerte Anlage hat sich stufenweise entwickelt durch Nutzbarmachung mehrerer bescheidener Kraftquellen nacheinander, die voneinander mehr oder weniger weit entfernt waren. Man begann in Moûtiers mit vier Einheiten, die nur 75 A und 14 200 V gaben, also pro Einheit 1065 kW, Gesamtspannung 56 800 V. Später wurde die Spannung durch Zuschaltung zweier weiterer kleiner Zentralen auf 100 kV gebracht. Die drei Sätze der Zentrale Rozière leisten normal 18 000 V × 150 A, also 2700 kW pro Turbine. Die Spannung pro Kommutator beträgt 4500 V. Die folgende Entwick-

Digitized by Google

lung ist mit Hilfe stärkerer Einheiten durchgeführt, aber immer im Verhältnis zur verfügbaren Wasserkraft. Jede Turbine treibt eine Gruppe von drei Maschinen auf gemeinsamer Grundplatte. Die Anker sind einzeln austauschbar. Jeder Kommutator gibt 7500 V bei 150 A. Die Spannung kann bis auf 7800 V bei Vollast steigen. Der Satz gibt somit 22 500 V bei 150 A, also 3375 kW und 3500 kW bei voller Belastung der Turbine (Abb. 1). Somit sind die letzten Einheiten augenblicklich 35mal stärker als die ersten, jene in Genua. Aber heute sieht man, daß für die Fernkraftübertragung derartig schwache Einheiten vollkommen unzureichend sind, und dies ist sehr zutreffend. Eine Kraftübertragung auf 1000 und mehr Kilometer ist nur dann berechtigt, wenn die übertragene Leistung die Leitung und mit ihr viele andere Dinge reichlich bezahlt macht. Um derartige Kosten aufzubringen, muß man eine beträchtliche Anzahl von Kilowattstunden absetzen und ich bezweifle, daß eine Leistung unter 50 000 kW mit Erfolg mit einer Wärmekraftzentrale (abgesehen von einigen seltenen Fällen) konkurrieren kann, wenn diese Kraftquelle 1000 km von der Verwendungsstelle entfernt liegt.

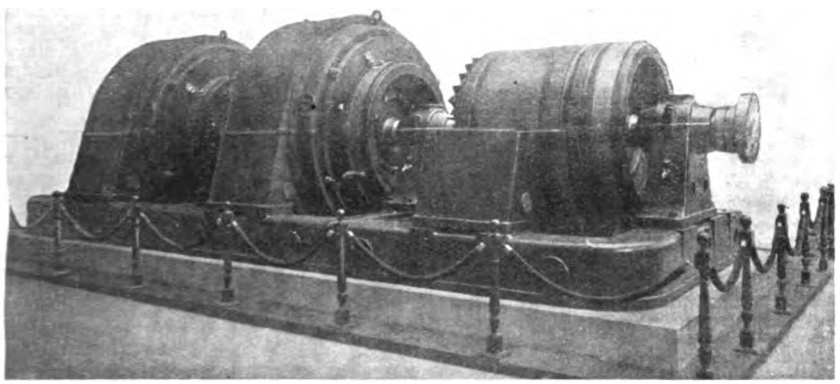


Abb. 1. Seit 1927 für die Übertragung Moûtiers—Lyon in Betrieb befindlicher Maschinensatz für 3500 kW, 150 A, 3 < 7800 V, 500 U/min; Gleichspannung 23,4 kV bei Vollast, 22 kV normal. Anker: 148 cm Dmr., 550 cm Länge; Feld: Reihenwicklung verteilt, System Belli.

Warum haben nun die bisher gebauten Einheiten 3400 kW nicht überschritten? Der Grund ist die Wahl einer zu geringen Stromstärke, 150 A im Einzelfall, und dieser Wert entspricht einfach den Werten der damaligen Aufgabe. Einer Erhöhung der Stromstärke stehen keinerlei technische Bedenken entgegen.

Nehmen wir z. B. eine Übertragung von 60 000 kW auf 1000 km an; die Berechnung zeigt dann, daß man nicht weniger als 300 000 V zulassen darf, wenn der Nulleiter an Erde liegt, oder 150 000 V, wenn die Erde als Rückleitung benutzt wird. Trotz dieser hohen Spannung muß man einen verhältnismäßig hohen Spannungsverlust zulassen, sagen wir einmal 20 %, also etwa 30 000 V. Wir erhalten an Gleichstrom somit $\frac{60\,000\text{ kW}}{150\text{ kV}} = 400$ A. Durch diese Zahl und durch die pro Kommutator zulässige Spannung sind unsere Generatoren festgelegt. Nehmen wir eine Gruppe mit zwei Kommutatoren von 10 kV und 400 A an. Wir erhalten dann somit Einheiten von 8000 kW in einer Anzahl von $\frac{180\text{ kV}}{20\text{ kV}} = 9$ Einheiten bei Vollast der Zentrale.

Nehmen wir an, daß wir die Möglichkeit haben, Turbinen doppelter Leistung, also von 16 000 kW, einzubauen, so wird es genügen, zwei Generatorgruppen in Tandemanordnung vorzusehen, die eine gegen die andere isoliert, wie dies in den zwei Kraftwerken Moûtiers—Lyon geschieht. Praktischerweise sehen wir fünf Einheiten vor zuzüglich einer als Reserve mit einer etwas niedrigeren Einheitspannung im normalen Betriebe.

Was kostet nun eine Leitungsanlage bei so niedriger Spannung? Ich erinnere daran, daß die normale Benutzung der Erde es gestattet, bei gleichem Kupfergewicht die Spannung auf die Hälfte herabzusetzen; die 180 kV, die wir für Vollast an der Zentrale zulassen, entsprechen somit 360 kV normalerweise, und dementsprechend sind die Kosten für Leitungskupfer pro Kilowatt auf 1000 km nicht übermäßig hoch.

Der Widerstand des Leiters bei 20 % Spannungsverlust ergibt sich zu $\frac{30\,000\text{ V}}{400\text{ A}} = 75\,\Omega$, also für $\frac{1000\text{ km}}{2284\text{ t}}$ 0,075 Ω/km, d. h. 244 mm² mit einem Gewicht von $\frac{}{60\,000\text{ kW}}$ entsprechend 38 kg/kW. Dieses Gewicht ist keinesfalls übermäßig hoch.

Wie würde die Leitung aussehen? Praktischerweise würden wir sie in zwei Leiter von halbem Querschnitt unterteilen und beiderseits an den Masten verlegen. Da die Leiter gleiche Spannung haben und auf jeder Zwischenstation verbunden sind, besteht keine Kurzschlußgefahr. Ein Bruch und Abstürzen der Leitung ist bei Seilen von solchem Querschnitt außerordentlich selten. Wenn nicht beide Seile eines Streckenabschnittes gleichzeitig reißen, wird der Betrieb nicht unterbrochen, sondern kann über die noch verbleibende Leitung fortgeführt werden, indes die andere Leitung einfach mittels Streckenschalter an den Unterstationen des gestörten Abschnittes abgetrennt wird.

Ich glaube nicht, daß es möglich ist, eine derartige Leistung auf einer Leitung zu übertragen, die einfacher, betriebsicherer und wirtschaftlicher ist. Mit Bezug auf die Verluste durch Koronaeffekt sei daran erinnert, daß die mittlere Spannung, also 175 kV auf der Mitte der Strecke, einer Wechselspannung von $175/\sqrt{2} = $ rd. 125 kV entspricht und daß die beiden Leiter, die die Leitung bilden, gleiche Spannung haben und vom Boden ausreichend entfernt sind. Bei Ausführung in Kupfer beträgt der Leiterdurchmesser 14 mm. Die Koronaverluste können demnach praktisch vernachlässigt werden, besonders wenn Aluminium verwandt wird.

Diese Betrachtungen zeigen, daß man mit einer mäßigen Gleichspannung und innerhalb wohlvertrauter Bedingungen mit einer Zentrale normaler Bauart und Rückleitung des Stromes durch die Erde eine wirtschaftliche Übertragung auf 1000 km und mehr erreichen kann, ohne die Notwendigkeit, eine übermäßige Anzahl von Generatoren vorzusehen; denn ob man die Erde als wirksame Leitung benutzt oder nicht, genügen entsprechend den Anforderungen des hydraulischen Teiles 5 ... 10 Generatoren.

Nehmen wir einmal an, daß die vorgesehene Leistung später verdoppelt werden soll. Man wird dann eine steigende Anzahl neuer Einheiten ohne weitere Änderung einbauen, es sei denn, daß man annimmt, die Spannung könne nicht ohne Gefahr gesteigert werden. In diesem Falle kann man die Stromstärke durch Parallelschalten beider Anker jeder vorhandenen Maschine verdoppeln, wie dies auch in Moûtiers—Lyon der Fall war. Die neuen Einheiten können dann für die doppelte Stromstärke gewickelt werden, also im vorliegenden Beispiel für 800 A. Zwei neue Leitungen werden dann auf die gleichen oder neue Masten verlegt. Bemerkenswert ist, daß Revisionen, Reparaturen, Ersatz von Isolatoren während des Betriebes vorgenommen werden können, u. zw. durch Erdung der betreffenden Leitung. Die unter Spannung stehenden Leitungen der anderen Masthälfte sind zu weit entfernt, um eine Gefahr für das Personal zu bilden. Die neuen Einheiten können, falls erforderlich, somit die doppelte Leistung haben, da doch nur die Kommutatorspannung begrenzt ist. Bei 800 A und bei einer Spannungsgrenze von praktisch 10 kV für den einzelnen Kommutator leistet jeder Anker 8000 kW und die beiden Tandemgruppen einer einzigen Turbine könnten somit 32 000 kW erreichen. Meistens werden sich jedoch die Turbinenkonstrukteure nicht auf eine so große Leistung festlegen angesichts der Notwendigkeit, Gefälle, Leistung und Geschwindigkeit miteinander abzustimmen.

Ich gebe diese Werte nur, um nach Kräften die Möglichkeiten festzulegen, die in bezug auf die Leistung pro Einheit bestehen, und um zu zeigen, daß die Anzahl der Einheiten durch die im Anker erzeugbare Spannung bestimmt wird und keinesfalls durch die Gesamtleistung des Kraftwerkes. Die übertragbare Stromstärke ist direkt abhängig von der verfügbaren Wasserkraft und die Leistung eines Aggregats ist gleichfalls proportional der Stromstärke, da ja die Spannung begrenzt ist. Die An-

Digitized by Google

zahl der Maschinen kann keinesfalls als notgedrungen übertrieben angesehen werden.

Jeder wird mich fragen, ob es nicht gewagt sei, pro Kommutator 10 ... 12 000 V zuzulassen. Es wäre nicht nur gewagt, sondern wahnwitzig, wenn man für Gleichstrom derartige Spannungen bei Benutzung normaler Typen vorschlüge. Es hindert aber nichts, entsprechende Maschinen zu bauen, und diese Aufgabe ist von mehreren voneinander unabhängigen Erfindern gelöst worden mit dem einheitlichen Ergebnis, daß man mit aller Sicherheit auf 10 000 V heraufgehen kann, sofern man sich entschließt, mit der bisherigen Praxis zu brechen. Zwei Wege zeigen sich, jeder mit seinen besonderen Vorteilen, aber beide zum gleichen praktischen Ergebnis führend. Der den Konstrukteuren allgemein am besten bekannte Weg wurde von der Sté. Alsacienne de Constructions Mécaniques in Belfort beschritten, die ihn gemeinsam mit dem Verfasser sorgfältig untersucht hat. Die Generatoren haben geringe Polzahl (4 oder 6) und große Polteilung, notwendig durch die hohe Leiterzahl, die in den Nuten des Rotors unterzubringen ist. Dies hat eine schädliche Quermagnetisierung zur Folge und deshalb ist eine Kompensationswicklung auf die Pole des Stators verteilt, die das Querfeld vollkommen aufhebt. Wendepole mit großem Luftspalt tun ein übriges und sichern eine gute Kommutierung bei den verschiedenen Belastungen zwischen Kurzschluß und voller Spannung. Die Polschuhe sind so verbreitert, daß zwischen ihnen nur der notwendige Platz für Wendepole verbleibt. Die Feldkurve ist nicht verzerrt. Der Stator wird nicht wie gewöhnlich in Reihenschaltung erregt, sondern durch eine besondere, zum Aggregat gehörige Erregermaschine, die wiederum selbst fremderregt wird und mit einer Wicklung versehen ist, die mit dem Generator in Reihe liegt, aber entgegengeschaltet ist. Diese Entregerwicklung ist ziemlich wichtig, da sie zur Stromregelung dient. Der Stator der Erregermaschine ist eine Sonderausführung; er bietet reichlich Platz für diese beiden Wicklungen. Die gesamte Regelung erfolgt somit nur durch die besondere Erregung der Erregermaschine. Die Schwankungen des Primärstromes gleichen sich zum großen Teile durch sich selbst aus und die Regelung wird entweder von Hand oder selbsttätig vollendet, genau wie beim Betrieb mit konstanter Spannung, wie er in den Werken mit Drehstrom oder anderen Zentralen üblich ist. Die Stabilität des Stromes ist nicht mehr vom Regler abhängig; die Maschine ist selbstregelnd. Keinerlei Umpolung ist möglich, dank der primären Erregermaschine, deren Anker und Kommutator besonders ausgelegt wurden, um diese Möglichkeit zu verhüten. Die gegenseitige Induktion der beiden Statorwicklungen der Erregermaschine ist äußerlich durch einen Transformator ausgeglichen, um eine schnelle Entregung im Falle eines Kurzschlusses auf der Fernleitung zu erreichen. In einem derartigen Falle kehrt die Spannung der Erregermaschine kräftig um und fällt ab, bis sich die Stromstärke auf den normalen Wert abgesenkt hat. Im Falle eines Kupplungsbruches verlangsamt das Aggregat seine Geschwindigkeit und läuft in normaler Drehrichtung weiter.

Man bemerke, daß derartige Maschinen einen geringen induktiven Widerstand haben, was die natürliche Folge der genauen Kompensation des Rotorflusses und der vollständigen Unterdrückung der Hauptstrom-Feldwicklung ist. Dies ist von großer Bedeutung in bezug auf das Auftreten von Überspannungen im Falle plötzlicher und großer Energieveränderung im Stromkreis. Theoretisch sollten niemals Überspannungen auftreten, da der Strom an sich konstant ist, der Stromkreis niemals unterbrochen wird und die statische Belastung der verschiedenen Teile des Stromkreises sich nur langsam verändert. Wenn man sich aber nicht der Erde als Rückleitung bedient, sind die Leitungen, da nicht mehr auf gleichem Potential, häufig Teilkurzschlüssen unterworfen, manchmal auch direkten Kurzschlüssen, besonders in der gewitterreichen Zeit in gebirgigen Ländern. In diesen Fällen breiten sich die Wellen aus und zeigen sich durch Überspannungen entweder am Blitzableiter oder an den Klemmen und Anschlüssen des Gehäuses oder des Ankers. Diese Wellen sind natürlich eine Funktion der im Stromkreis aufgespeicherten Energie und diese Energie ist ihrerseits eine Funktion der Selbstinduktion des Stromkreises. Es besteht somit ein Interesse, diese Selbstinduktion herabzusetzen, und das beste Mittel hierfür ist, daß man die Hauptstromerregung verläßt und ihr die getrennte Erregung mit vollständiger Kompensation des Eigenfeldes des Ankers vorzieht.

So gestattet die getrennte Erregung, einem häufig gemachten Einwurf gründlich entgegenzutreten, nämlich daß der hohe induktive Widerstand der Hauptstrommaschinen der Entwicklung des Systems entgegenstände infolge der sich unausbleiblich in gewissen Fällen einstellenden Überspannungen. (Erinnern wir uns daran, daß das Hauptstromsystem keinerlei Schalter im Stromkreis hat.)

Dies zu beurteilen überlasse ich Ihnen und bitte Sie, die folgenden beiden Fälle zu betrachten:

1. Gleichstrom. Normalerweise ist der Strom konstant und wird niemals umgekehrt. Er wird nie anders unterbrochen als durch das allmähliche Stillsetzen der Generatoren oder durch ein zufälliges Reißen der Leitung; die statischen Belastungen ändern sich im Verhältnis der Leistung der Zentrale, d. h. sehr langsam. Die Maschinen geben einen wellenfreien Strom, von Harmonischen ist keine Rede. Der Widerstand der Maschine ist fast ausschließlich Ohmscher Natur.

2. Wechselstrom. Bei der normalen Frequenz von 50 Hz wechseln Spannung und Strom normalerweise um $2 . \sqrt{2} = 282\,\%$, hundertmal in der Sekunde oder, wenn Sie wollen, 8 640 000 mal am Tage. Und die Maschinen und Transformatoren, so scheint es mir, sind doch nicht ganz frei von induktivem Widerstand.

Welches der beiden Systeme läuft am meisten Gefahr, Überspannungen hervorzurufen?

Kommen wir auf unser Thema zurück. Ich habe im vorhergehenden gesagt, daß sich zwei Wege für die Lösung des Problems der direkten Erzeugung von hochgespanntem Gleichstrom bieten; ich habe von der Lösungsart gesprochen, die darin besteht, kompensierte Generatoren mit Wendepolen und besonderer Erregung durch eine Erregermaschine, die die Rolle eines Stromreglers übernimmt, zu verwenden. Betrachten wir den zweiten Weg, der augenblicklich in den meisten Zentralen für hochgespannten Gleichstrom in Gebrauch ist und den ich wohl an erster Stelle hätte nennen sollen.

Die Generatoren werden in Serie erregt. Sie laufen entweder mit regelbarer Drehzahl, wobei der Stromstärkenregler auf die Einlaßventile der Turbine wirkt, oder mit konstanter Drehzahl, wobei der Regler die Bürsten mehr oder weniger verschiebt. Ich übergehe das erste System, um nur von dem zweiten zu sprechen, da man diesem in den zuletzt ausgerüsteten Zentralen den Vorzug gegeben hat.

Die Regelung durch Verschiebung der Bürsten hat viele Ingenieure in Erstaunen versetzt, als ich sie zuerst im Netz von Zug im Jahre 1897 und dann etwas später in dem in Serie geschalteten Netzkreis der Städte Chaux-de-Fonds und Le Locle (Schweiz) einführte. Es war damals etwas schwer zu verstehen, wieso es möglich sein konnte, die Maschinen ohne Funkenbildung bei beliebigen Lasten und bei gleichbleibender Stromstärke laufen zu lassen. Die Sache ist an sich aber ganz einfach und jeder wird das Prinzip verstehen, wenn er weiß, daß der ganze Induktor ganz einfach so betrachtet und berechnet wurde, als wenn er nur aus Wendepolen bestünde. Es kann also ohne Gefahr eines Irrtums gesagt werden, daß diese Generatoren (oder Verbrauchsmaschinen) einfache Wendepolmaschinen sind, bei welchen die Hauptpole weggelassen und die Wendepole entsprechend mehr ausgebildet worden sind. Durch die Wahl richtiger Ausmaße und verhältnismäßig großer Luftspalte erreicht man in der Praxis ausgezeichnete Resultate. Hinsichtlich der Regelung (der Drehzahl bei Motoren, der Stromstärke bei Generatoren) kann eine bessere Art nicht gefunden werden, und man erzielt einen Genauigkeitsgrad und eine Empfindlichkeit sondergleichen. In der Tat, die Zeitkonstante der Induktoren spielt keine Rolle mehr und die Maschine gehorcht dem Regler sofort, was die Regelung natürlich sehr erleichtert. Vier der Zentralen von Moûtiers—Lyon sind mit diesem System ausgerüstet; eine andere, u. zw. die in Moûtiers, arbeitet nach dem System der Regelung durch die Turbinen.

Alle Besucher dieser Anlage sind über die vollkommene Stabilität der Stromstärke erstaunt; keine Zentrale mit konstanter Spannung erreicht besseres, was überdies zwecklos wäre.

Deshalb hat auch die Gesellschaft dieses System für ihre neuen Einheiten beibehalten und diese haben sich zum Glück ebenso bewährt; dies ist den Arbeiten meines geschätzten Freundes und früheren Mitarbeiters, Herrn Belli, zu verdanken, dem es gelungen ist, einen Fehler an diesen Maschinen auszumerzen, der zwar wenig stört.

Digitized by Google

solange die Leistung der Einheiten 6 ... 700 kW pro Kommutator nicht übersteigt, sich aber sehr unangenehm bemerkbar macht, sobald man 800 kW erreicht oder darüber hinausgeht. Ich will an dieser Stelle von der Verzerrung des Magnetfeldes durch Rückwirkung des Ankers sprechen. In den Maschinen hoher Leistung, aber mit geringer Polzahl, wie das bei Gleichstrommaschinen hoher Spannung zwangläufig der Fall ist, erreicht die Induktion in der Nähe der Polschuhe einen so hohen Wert, daß daraus mehrere schwerwiegende Nachteile entstehen: Übersättigung der Zähne des Rotors, Fremdströme in den Schienen, zu hohe Lamellenspannungen am Kommutator (dadurch Erhöhung der Rundfeuergefahr) und ungewöhnliche Erhitzung im Eisen und in den Leitern. Hierzu kommt die noch größere Schwierigkeit, bei allen Belastungen einwandfreie Kommutierung zu erreichen.

Herr Belli hat den Stator der neuen Maschine so gebaut, daß er die Wicklung in eine Reihe von Aussparungen gelegt hat, die nach Art der Statoren der mehrphasigen Motoren angeordnet sind. Er benutzt die Sättigung in den Ständerzähnen, um die Induktion auf einen von vornherein zugelassenen vernünftigen Wert zu begrenzen. Das Ergebnis dieser Anordnung ist ausgezeichnet. Ich habe das Vergnügen gehabt, diese Maschinen im normalen Betrieb bei 22 000 V pro Gruppe (7300 V pro Kommutator) bei 500 U/min zu sehen, ohne daß die geringste Funkenbildung zu bemerken gewesen wäre. Ich habe dieselben Maschinen direkt kurzgeschlossen bei normaler Geschwindigkeit und einer Betriebstromstärke von 150 A laufen sehen und keinerlei Funkenbildung bemerkt, ebensowenig bei 250 A, d. h. einer Überstromstärke von 67 %. Die Erwärmung bei Dauerbetrieb ist wesentlich unter dem normal angenommenen Wert geblieben, und der errechnete Wirkungsgrad von 94 % ist genau kontrolliert und als richtig befunden worden.

Die Maschinen versehen ihren Dienst seit nunmehr zwei Jahren, und man hat beobachtet, daß das Verhalten ihrer Kommutatoren bei Gelegenheit von mehrmaligen Erdschlüssen auf einer schadhaften Leitung ausgezeichnet gewesen ist, ja sogar besser als bei anderen Maschinen mit niedrigerer Spannung, die den gleichen Stromstößen ausgesetzt waren.

Es ist somit der Beweis erbracht, daß die Spannung von 7800 V pro Kommutator (7200 bei normalem Durchschnittsbetrieb) für den regelmäßigen, man könnte sagen wirtschaftlichen Betrieb der Hochspannungsgeneratoren und Hochspannungs-Stromverbrauchsmaschinen keinerlei Hindernis bildet.

Herr Belli hätte, wie er mir sagte, diese Dynamos lieber für 10 000 V je Kommutator gebaut und zwei statt drei Dynamos auf je einem Gestell vereinigt; aber die Gesellschaft hatte ihm aus besonderen Gründen drei Dynamos pro Einheit vorgeschrieben. Nach meiner bescheidenen Ansicht hatte Herr Belli recht.

Warum, so werden Sie mich fragen, bevorzugen Sie die Verwendung von kompensierten Maschinen mit getrennter Erregung? Ist nicht die Anordnung mit Bürstenverstellung, die einfach und durch eine lange Praxis wirklich erprobt ist, vorzuziehen? Nun, trotzdem ich eine besondere Vorliebe für das System der Bürstenverstellung habe, mit dem ich mich viel beschäftigt habe und das mir oft große Freuden bereitete, ziehe ich doch die getrennte Erregung vor, wenn es sich um Stromerzeugungsanlagen von großer Leistung handelt.

Die Gründe sind:

1. Wesentliche Verminderung des induktiven Widerstandes der Spulen zugunsten einer besseren Schutzmöglichkeit dieser Maschinen gegen atmosphärische und sonstige Überspannungen. Verminderung der Überspannungen, die von schnellen Wechseln der Betriebsweise und Betriebsverhältnisse herrühren können (Erdschluß auf einer Leitung usw.).

2. Selbststabilisierung und Selbstregelung, sehr schnelle Entregung bei Kurzschluß ohne Zuhilfenahme von Reglern und Auslösern. (Bei Kurzschluß auf der Leitung werden die in Serie erregten Maschinen übererregt, während die durch stark gegenkompoundierte Erregermaschinen getrennt erregten sich entregen, was bedeutend besser ist.)

3. Besserer Wirkungsgrad bei verminderter Belastung und Möglichkeit, mit voller Erregung zu arbeiten, wenn die verfügbare Wasserkraft verringert werden sollte, falls die Stromstärke zwecks Erzielung der bestmöglichen Ausnutzung einer veränderlichen Wasserkraft vermindert werden muß. Wir haben bereits gesehen, daß dieser Punkt in einigen Fällen große Bedeutung haben kann.

Zu diesen drei Vorteilen kann man noch einen vierten hinzufügen: die Möglichkeit, die Maschinen für eine höhere Spannung zu bauen. Da die Serien-Kompensationswicklung die Verzerrung des Induktorfeldes vollkommen vermeidet, bleibt das Feld tatsächlich bei der ganzen Umdrehung der Polstücke homogen. Nichts hindert dann den Bau von Maschinen mit relativ großem Durchmesser mit geringer Polzahl und schwacher Wechselstromfrequenz, die sich hervorragend für hochgespannten Gleichstrom eignen. Der einzige auftretende Nachteil ist das höhere Gewicht pro kW. Hinsichtlich des Baues wird anderseits beobachtet, daß die Arbeitslöhne pro kW nicht steigen, im Gegenteil eher geringer werden. Im ganzen genommen ergibt sich eine Erhöhung des Herstellungspreises pro kW, aber ich glaube nicht, daß diese hindernd sein könnte, vor allem wenn wir berücksichtigen, daß die Werke für hochgespannten Gleichstrom die Transformatoren für die Umformung von Nieder- in Hochspannung vollkommen sparen.

Ich muß jedoch hinzufügen, daß hinsichtlich der stromaufnehmenden Maschinen das System der Bürstenverschiebung durch Belli-Maschinen für die Steuerung der Wechselstromgeneratoren empfehlenswert bleibt. Bei direktem Kurzschluß auf der Leitung entregen sich die in Serie geschalteten stromaufnehmenden Maschinen infolge des Richtungswechsels des Stromes in der Leitung selbsttätig; außerdem ist dieses System für das Parallelschalten von Wechselstromgeneratoren am besten geeignet.

Umformung des hochgespannten Gleichstroms.

Wir haben gesehen, daß der hochgespannte Gleichstrom mittels geeigneter, in Reihen geschalteter Dynamos direkt erzeugt werden kann. Nimmt man Komplikationen der Schaltung in Kauf, so kann er auch durch Umformung des Drehstroms mittels Quecksilberdampf-Gleichrichters, mittels Umformers oder mittels des Highfield Transverters erzeugt werden.

Wir wissen, daß dieser Strom mit besonderer Leichtigkeit entweder auf Freileitungen oder besser noch auf Erdkabeln mit Isolation aus imprägniertem Papier fortgeleitet werden kann. Wir wissen auch, daß er die Erde als aktiven Leiter zu benutzen gestattet und daß die Verluste auf den Leitungen sich praktisch auf den Ohmschen Abfall beschränken, da die Kapazität im normalen Betrieb keine Rolle spielt und sich der Strom auf den ganzen Querschnitt des Leiters gleichmäßig verteilt. Rayleigh-Effekt kommt nicht in Frage, ebensowenig eine Rückwirkung des Kapazitätsstroms auf die Generatoren. Zudem ist der Einfluß des Ohmschen Verlusts auf der Leitung von großem Vorteil für die Stabilität des Stromes und die Regelung.

Wir wissen auch, daß die Lage der Transformatorenstationen, mögen sie in der Nähe der Generatoren, längs der Leitung oder an ihrem Ende aufgestellt sein, ohne Einfluß auf den Betrieb der Transformatoren ist. In der Tat ist ja bei einem Reihen-Stromkreis der Strom in allen Teilen der gleiche.

Wie kann man den Gleichstrom in die für die allgemeine Verteilung gebräuchliche Form, d. h. fast immer in Drehstrom umformen? Bisher nur durch rotierende Maschinen, ich kenne keinen anderen Weg. Der Quecksilberdampf-Gleichrichter ist nicht umkehrbar, er scheidet also aus. Der Einankerumformer könnte zur Not gebraucht werden, doch zeigen sich Schwierigkeiten, die ich bis jetzt nicht zu überwinden vermochte, und ich kenne keinen Fall, wo er in einem Serienstromkreis angewendet worden wäre.

Der Highfield Transverter verdient besonders erwähnt zu werden. Er vermag den Gleichstrom in Wechselstrom umzuformen und dies zweifellos mit gutem Wirkungsgrad. Meine Versuche scheiterten seinerzeit, aber Highfield hat bei seinen Versuchen mit mittleren Leistungen viel Glück gehabt (400 kW bei 100 kV Gleichstrom), da ihm jedenfalls laut einer im September 1922 an das Institute of Transport gerichteten Mitteilung ein Versuch von 15 Monaten gelungen ist. Seitdem bin ich ohne Nachricht von Herrn Highfield und habe nichts mehr über sein System gehört.

Meines Wissens erfordert die Umformung des Wechselstroms durch Transverter eine konstante Spannung des Gleichstroms. Man kann den Gleichstrom konstanter Stromstärke nicht in Wechselstrom konstanter Spannung umformen, und so viel ich weiß, hat Herr Highfield dies

Digitized by Google

niemals vorgeschlagen. Deshalb muß zwangläufig die Stromerzeugungsanlage wie üblich für konstante Spannung ausgerüstet sein.

Wenn man die primäre Umformung zu vermeiden wünscht, was durchaus berechtigt ist, so müssen die im Betrieb befindlichen Generatoren stets in genügend großer Zahl vorhanden sein, um den hochgespannten Gleichstrom erzeugen zu können, u. zw. wenigstens durch Gruppieren von 10 Einheiten zu 10 kV für jede 100 kV, selbst wenn der Stromkreis vollkommen entlastet ist. Diesen Nachteil vermeidet Herr Highfield, indem er seinen „Converter" sowohl in der Zentrale, die er für Drehstrom ausrüstet, als auch bei den Umformerstationen anwendet, u. zw. muß immer die Gesamtheit der Converter, die zur Erreichung der hohen, im Netz konstant zu haltenden Spannung erforderlich sind, in Betrieb gehalten werden. In diesem Punkt bleibe ich etwas skeptisch, da ich die Schwierigkeiten einer Kommutierung kenne, deren man nicht Meister ist und die mit dem Verbrauch schwankt. Ich ziehe dieser Methode einen guten normalen Generator vor, der mit Wendepolen ausgerüstet ist, die unter allen Belastungen wirksam sind.

Als Interessantestes aus einem Vortrag des Herrn Roger T. Smith greife ich die Vorteile heraus, die er vor allem vom Gesichtspunkt des Bahnbetriebes aufzeigt, dann vom Gesichtspunkt der Parallelschaltung mehrerer Drehstromnetze, die mit Hilfe des Gleichstromnetzes gekuppelt sind, also durch ein elastisches Bindeglied, das zwar die individuelle Frequenz auf jedem Netz nicht berücksichtigt, aber doch den Austausch von Energie ohne Störungen erlaubt. Letzteres galt und gilt noch heute für das Werk Lyon der Société Générale de Force et Lumière, und ich habe mit Interesse bemerkt, mit welcher Leichtigkeit eines der augenblicklich überlasteten drei Drehstromnetze, dessen Frequenz überdies weit unter die normale gesunken war, trotzdem mit den anderen parallel geschaltet werden konnte unter Zuhilfenahme des Gleichstromnetzes, ohne daß die Zentralen, die nebenbei gesagt mehr als 100 km entfernt liegen, irgendwie benachrichtigt worden wären. Infolge der Geschmeidigkeit, der Umkehrbarkeit und der Leichtigkeit des Intrittkommens, die die Gleichstrom-Drehstrom-Motor-Generatoren dem Werk in Lyon bieten, geschieht dies ohne Schwierigkeit.

Zusammenfassend sei in bezug auf den Highfield Transverter gesagt, daß ich diesen als eine interessante Möglichkeit infolge seines hohen Wirkungsgrades betrachte und wünsche, die großen Aggregate, die Herr Smith in Aussicht gestellt hat, einwandfrei und funkenfrei laufen zu sehen.

Umformersätze.

Die Umformung geschieht heute in allen noch in Betrieb befindlichen Anlagen durch Motor-Generator-Sätze. Somit bleibt das Problem, wie es mir zu Anfang gestellt worden ist, bestehen und kann in diese paar Worte zusammengefaßt werden: Durch elektrische Kraftübertragung die wirtschaftlichste Antriebskraft erzielen. Wenn Sie in einer Drehstromzentrale Ihre Generatoren mit einem Elektromotor billiger als mit einem Wärmemotor antreiben können, so sind Sie zufrieden und zögern nicht, den größten Teil Ihres Betriebes mit Elektromotoren auszurüsten und Ihre Wärmemotoren nur für die Spitzendeckung und als Reserve zu gebrauchen. Die direkte Übertragung vom Generator zur Verbrauchsmaschine ohne Zwischenschaltung von spannungerhöhenden oder spannungvermindernden Stationen, die einfachste und wirtschaftlichste Leitung, die etwaige Verwendung der Erde tragen zu dem Endresultat bei, daß das übertragene Kilowatt für große Entfernungen bei Gleichstrom weniger kostet als bei Drehstrom. Vorläufig kann man nicht mehr verlangen.

Der Umfang eines Vortrages erlaubt mir nicht, auf viele Einzelheiten über die Umformung des hochgespannten Gleichstromes auf mechanischem Wege einzugehen. Jeder ist in der Lage, sich hierüber eine genügend klare Vorstellung zu machen. Immerhin möchte ich einige Einzelheiten über die Gleichstrommotoren anführen.

Bis jetzt hat man für die Motoren dieselbe Type und dieselben Abmessungen angewandt wie für die Generatoren bis zu dem Punkt, daß man die Maschinen nötigenfalls austauschen könnte. Wie die Generatoren, so sind auch die Motoren für die gesamte Spannung von der Erde isoliert und die Oberfläche des Bodens ist mit einer Schicht von ungefähr 5 cm Asphalt bedeckt, die ihrerseits ein isolierendes Pflaster oder auch einfachen Linoleumbelag trägt. Das Bedienungspersonal kann somit die Maschinen berühren und bedienen, als wenn sie an Erde gelegt wären.

Jeder Umformersatz wird durch einen sehr genau arbeitenden Geschwindigkeitsregler gesteuert und dem Parallelbetrieb der Generatoren angepaßt. Diese Regelungsart wirkt auf die Verschiebung der Bürsten und gestattet also funkenfreien Lauf sowohl als Motor als auch als Generator bei allen Belastungstufen. Irgendein Regelwiderstand ist nicht erforderlich, das Anlassen geschieht von Hand bei ausgekuppeltem Regler. Das In-Phase-Bringen geschieht von Hand, wenn es so zweckmäßig ist, oder mit Regler und braucht weniger als eine Minute. Der Geschwindigkeitsregler hat viel Ähnlichkeit mit guten Turbinenreglern. Die Auslösung geschieht durch Öldruck und einen Kolben, der die Bürsten mehr oder weniger verschiebt Der ganze Mechanismus ist außerordentlich kräftig.

Jeder Satz erhält einen Schalter für das Ein- oder Ausschalten des Motors. Eine Sicherheitsvorrichtung löst den Schalter aus und schaltet die Maschine im Falle des Durchgehens oder entgegengesetzten Drehsinnes ab. Dieses Stillsetzen ist auch für den Fall von Rundfeuer vorgesehen; meist wird aber diese Vorrichtung trotz ihrer Einfachheit nicht angewendet. Ein Voltmeter auf der Säule, die den Schalter trägt, ermöglicht die Leistungsmessung des Motors.

Die Verbindungen zwischen den Maschinen werden durch ein armiertes Kabel bewerkstelligt, das im Untergeschoß angebracht ist, wo sich auch die Schalter und Trennschalter befinden. Letztere gestatten keine Trennung des Hauptstromkreises, der stets als Ring geschlossen bleibt. Irgendein Überstrom-Selbstschalter ist in dem ganzen Stromkreis nicht vorhanden, da eine Unterbrechung weder erlaubt noch zweckmäßig ist.

Die Schalter sind Ölschalter; ihr Mantel ist geerdet; sie sind so gebaut, daß die statische Belastung, die die Maschinen aufnehmen müssen, wenn sie mit dem Netz in Kontakt kommen, nicht plötzlich, sondern allmählich erfolgt, indem der Strom selbsttätig über einen Stab aus Silizit von hohem Widerstand geleitet wird.

Bei den am Kopf der Leitung liegenden Maschinen könnten übrigens die statischen Belastungen einen gefährlich hohen Wert erreichen: ein Widerstand, dessen Nullpunkt mit dem Gehäuse verbunden ist, schaltet diese Gefahr völlig aus. Das gleiche gilt für die Generatoren insofern, als jede Maschine für ihre individuelle Spannung gebaut und isoliert ist, ohne daß die Gesamtspannung berücksichtigt wäre; dies erleichtert die Konstruktion sehr.

Der normale Wirkungsgrad der Generatoren und Verbrauchsmaschinen beträgt 94 %. Wir haben auch bis zu 96 % erreicht und die Berechnung zeigt, daß der Wirkungsgrad der Einheiten größerer Leistung noch besser ist.

In Lyon haben die stromaufnehmenden Maschinen zwei Anker pro Magnetgestell. Die Spannung eines Satzes bei Vollast steigt bis zu 10 kV, d. h. auf je 5 kV pro Anker. Im gewöhnlichen Betrieb schwankt die Spannung des Satzes zwischen 8 und 9 kV; die Drehzahl beträgt 428 U/min.

Transformatorenstation für Bahnzwecke.

Der hochgespannte Gleichstrom von 100 ... 125 kV gelangt nach Lyon über ein armiertes Kabel mit einer einfachen Länge von 4 km, das die Bahnumformerstation in der rue d'Alsace speist. Ich habe hierüber nichts Besonderes zu erwähnen. Die Motoren stammen aus dem Jahre 1906 und versehen ihren Dienst sogar noch besser als am Anfang, da sie seit 1911 mit 150 A — statt 75 A ursprünglich — laufen und sich dabei gut verhalten. Ihr Gang ist außerordentlich ruhig, Drehzahl 428 U/min.

Das armierte Kabel verdient erwähnt zu werden; es ist nie repariert worden und der Isolationsgrad ist so hoch geworden, daß es unmöglich ist, ihn durch Messung festzustellen. Nach einem Kurzschluß von mehreren Stunden zwischen Seele und Mantel hat die statische Ladung noch nicht ihr Maximum erreicht und das Galvanometer zeigt eine Stromabgabe, die die Versuchsbatterie (500 V) auflädt. Dies Resultat ist um so mehr bemerkenswert, als Zweifler damit gerechnet hatten, daß die Elektrolyse das Kabel prompt außer Betrieb setzen würde. Und was geschah? Seit 24 Jahren erscheint auch nicht die geringste Spur von Elektrolyse; sie läßt sich wahrlich Zeit!

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die in Lyon erworbenen Erfahrungen beweisen, daß der hochgespannte Gleichstrom bei konstanter Stromstärke einwandfrei über armierte Kabel fortgeleitet und mit Erfolg für den Antrieb von Wechselstrom- oder Bahngeneratoren verwendet werden kann.

Digitized by Google

Einige Einzelheiten über Maßnahmen, die durch die Reihenschaltung mehrerer Hochspannungseinheiten bedingt werden.

Es ist vielleicht nicht zwecklos, hier die Mittel zu nennen, die benutzt werden, um das gute Verhalten der Isolierung der Wicklungen von Generatoren und Stromverbrauchsmaschinen zu gewährleisten, wenn die Gesamtspannung sehr hoch ist. Man hat mich oft gefragt, ob diese Maschinen hinsichtlich der Gesamtspannung nicht schwer zu isolieren seien.

Dies wäre in der Tat der Fall, wenn man nicht ein sicheres Mittel hätte, die Dynamos von der Gesamtspannung zu befreien. Ich jedenfalls würde nicht wissen, wie die Wicklungen für eine Spannung über etwa 20 kV ohne Opfer hinsichtlich Kosten und Wirkungsgrad der Maschinen zu isolieren wären, ganz abgesehen von unvermeidlichen Zwischenfällen. Deshalb hatte ich auch bereits bei meinem ersten Projekt (1888) diese Schwierigkeit berücksichtigt und das Jahr darauf die hauptsächlichsten Anordnungen, die für die Sicherheit notwendig sind, verwirklicht. Vier Maßnahmen sind gleichzeitig zu ergreifen:

1. Einwandfreie Isolation der Maschinenständer gegen Erde und Oberflächenisolation der Erde im Hinblick auf den Schutz des Bedienungspersonals.

2. Anschließen des Ständers eines jeden Satzes an einen künstlichen Nullpunkt. Zu diesem Zweck wird ein Widerstand in der Größenordnung eines Megohm an den Klemmen des Aggregates im Nebenschluß abgezweigt; sein Mittelpunkt wird an den Ständer angeschlossen.

3. Sehr starke Isolierung aus reinem Glimmer zwischen der Welle und der Masse eines jeden Ankers. Die Bleche und Kommutatoren sind somit wirklich und wirksam vom Gestell isoliert. Es folgt daraus, daß in keinem Falle die von einem Anker erzeugte Spannung eine Überspannung in der Isolierung eines oder mehrerer Anker, die am selben Gestell montiert sind, hervorrufen kann.

4. Schaffung eines Nullpunktes an jedem Anker und direkte Verbindung dieses Nullpunktes mit der Blechmasse.

Diese Maßnahmen zusammen bewirken, daß die Verwendung von normalen Isolierungen für den Bau der Maschinen möglich ist, ohne Rücksicht auf die durch Serienschaltung dieser Maschinen erzeugte Gesamtspannung nehmen zu müssen.

Die beste Art der Verbindung der Bleche des Rotors mit dem Nullpunkt der Wicklung besteht in der Anwendung der 1894 durch den leider so früh verstorbenen Dolivo-Dobrowolsky erfundenen Vorrichtung zum Ausgleich von Dreileiternetzen durch drei Selbstinduktionsspulen, die einerseits an die Bleche, anderseits an drei um 120° versetzte Punkte der Wicklung des Rotors angeschlossen sind. Man erreicht hierdurch eine Verbindung, die keinen großen Ohmschen Widerstand aufweist, aber doch nur den schwachen Erregerstrom, der notwendig ist, durchläßt. Dies ist ein Radikalmittel, das vollkommen die Unabhängigkeit der einzelnen Spannungen gewährleistet, die von der Isolierung der Wicklungen ausgehalten werden müssen. Eine Maschine, die 10 000 V Gleichstrom hergibt, muß normalerweise für ihre Wechselstromspannung in Sternschaltung, d. h. 3540 V zwischen Wicklung und Masse isoliert sein, obwohl sie in Reihe mit einem Stromkreis mit mehr als 100 kV angeschlossen ist. Die üblichen Schwankungen der Isolierung der Gestelle gegen Erde bleiben dann ohne Wirkung auf die Isolierung der Wicklungen.

Die Isolierung des Gestells gegen Erde muß unbedingt einwandfrei sein, das ist Grundbedingung. Sie wäre schwer zu erfüllen, wenn die Natur uns nicht in reichem Maße eine durchaus geeignete Masse lieferte: Asphalt und Bitumen, die beide eine sehr hohe Isolierfähigkeit besitzen. Da man die Möglichkeit hat, den nötigen Abstand vorzusehen, kann man ohne Schwierigkeiten die beste Isolierung erreichen. Die Eisenbetonsockel ruhen auf einer genügend großen Zahl von Blöcken von 15 ... 20 cm Höhe, die heiß imprägniert und dann in eine dicke Schicht sehr heiß vergossenen Asphalts eingegossen sind. Das Aggregat wird dann wie gewöhnlich auf sein Fundament gesetzt und es bleibt nur noch übrig, den Boden des Maschinenraumes mit drei aufeinanderfolgenden Asphaltschichten und einer Lage Fliesen oder Linoleum zum Schutze des Bedienungspersonals zu versehen.

Isolierung gegen die Turbine. Bis jetzt haben wir nur eine Muffe, die ursprünglich von Raffard erfunden wurde, verwendet, die wir der Reihenschaltungs-Übertragung angepaßt haben. Jede Muffenhälfte trägt eine Reihe von Fingern, die untereinander im Zickzack durch einen einfachen Riemen verbunden sind. Leder in trockenem Zustande hat sich als ausgezeichnetes Isoliermittel bewährt. Seine Festigkeit ist genau bekannt und gestattet die Berechnung der zuzulassenden Abmessungen; es bleibt nur noch übrig, die notwendigen Abstände genügend zu berücksichtigen, wobei scharfe Winkel zu vermeiden sind. Wir haben von dieser Seite keine Unannehmlichkeiten gehabt. Hier ist übrigens ein Schutz in Form einer beweglichen Schranke zu empfehlen, die das Personal verhindert, gleichzeitig mit Erde und der Dynamo in Kontakt zu kommen.

Herr Belli hat eine andere Kupplungsart erfunden, die noch besser für den Schutz des Personals geeignet zu sein scheint, weil sie die Dynamo von der Turbine weit genug entfernt. Ich bedauere, daß diese Vorrichtung bis jetzt nicht angewandt wird und hoffe lebhaft, daß sie bald in der Praxis erprobt wird.

Isolierung der Meßinstrumente. Eine in Reihenschaltung arbeitende Zentrale weist keine allgemeine Schalttafel auf, mit Ausnahme der einen Tafel, die den Registrier- und Zählinstrumenten und gleichzeitig einem Eichamperemeter und einem Voltmeter vorbehalten ist. Wenn der Nullpunkt oder einer der Pole des Werkes an Erde gelegt ist, so sind diese Instrumente an dieser Stelle eingeschaltet und bleiben auf Erdpotential; wenn nicht, so werden Tafel und Boden wie die Maschinen selbst gegen Erde isoliert.

Zu jeder Strom erzeugenden oder verbrauchenden Einheit gehört eine Schaltsäule, die auf das betr. Fundament montiert ist. Nach Möglichkeit sollen die Instrumente dieser Säule (Voltmeter, Amperemeter) an den Nullpunkt des Maschinensatzes angeschlossen sein und daher die gleiche Spannung haben wie das Gehäuse. Dies ist normal für die üblichen Aggregate mit zwei Ankern. Im entgegengesetzten Falle sind die Instrumente außer Handreichweite anzubringen.

Gefahr der Berührung der Wicklungen mit der Hand. Im allgemeinen sind die Wicklungen des Stators an den Nullpunkt des Satzes angeschlossen und können ohne Gefahr mit der Hand berührt werden. Dies ist nicht der Fall bei den Aggregaten von Belli mit drei Ankern, aber in diesen modernen, vollkommen verdeckten Maschinen ist das Berühren der Hochspannungsteile mit der Hand unmöglich, allein der Kommutator und die Bürsten bleiben erreichbar. Indessen ist daraus bis jetzt noch niemals ein Unfall entstanden, obwohl der Kommutator von Zeit zu Zeit in vollem Betrieb abgewischt wird, wozu eine ganz einfache Holzlatte genügt; Gefahr ist dabei nicht vorhanden. Die beiden Pole sind übrigens sehr weit voneinander entfernt und es ist sehr schwer, sie gleichzeitig zu berühren. Die Berührung eines Poles ist gefahrlos, gibt aber dennoch eine Warnung, da ein Strom in der Größenordnung von $^1/_{100}$ A, wie man ihn in so einem Falle empfängt, mit der Hand wahrnehmbar ist.

Eine größere Gefahr kann durch den Laufkran der Zentrale entstehen. Man kann ihr vorbeugen, indem man die Ketten der Handantriebe durch Seile ersetzt. Die Maschinen, ob sie im Zustande der Montage, Demontage oder der Reinigung sich befinden, müssen stets vor der betreffenden Arbeit nach Abschaltung des Stromkreises durch Trennschalter und Hauptschalter geerdet werden.

In der Notwendigkeit, die Gehäuse und das Personal zu isolieren, liegt also keine erhebliche Schwierigkeit. Jede gewünschte Sicherheit kann allein schon dadurch erreicht werden, daß der Raum um die Maschinen nicht gar zu eng gewählt wird, damit nicht jemand versehentlich die Brücke zwischen Erde und den unter Spannung befindlichen Teilen bildet. Im allgemeinen trifft man heute nur noch Ingenieure, die über die Gefahren des Wechselstromes sehr gut orientiert sind, aber nicht die Gelegenheit hatten, sich mit dem hochgespannten Gleichstrom vertraut zu machen, und die nun nicht leicht verstehen können, daß es gar nicht gefährlich ist, in dauernder und direkter Berührung mit Maschinen und Apparaten zu stehen, die mit mehr als 100 kV geladen sind; trotzdem ist dies in Moûtiers—Lyon gewöhnlich der Fall. Das Bedienungspersonal bedient die Maschinen, kontrolliert mit der Hand die Lager usw., ohne in irgendeiner Weise unter der hohen Spannung, mit welcher diese geladen sind, zu leiden. Allerhöchstens sträuben sich ihre Haare wie Elektroskope, das

Digitized by Google

ist alles. Wenn eine Person von draußen kommt, also Erdpotential hat, und mit der Hand schnell eine der Maschinen unter hoher Spannung berührt, so wird sie durch einen harmlosen Funken, der sie überrascht und amüsiert, über das Vorhandensein dieser Spannung unterrichtet. Wenn der Betreffende aber einen Moment in unmittelbarer Nähe des Maschinensatzes stehen bleibt, so nimmt er die Ladung durch den an seiner Oberfläche mehr oder weniger leitenden Boden in sich auf und kann nun an einer Maschine, die unter hoher Spannung steht, hantieren, ohne etwas von dieser Spannung zu ahnen. Das Bedienungspersonal achtet nach einiger Zeit überhaupt nicht mehr darauf und verhindert instinktiv den Funken, indem es mit der Fußspitze das Fundament berührt, bevor es die Hand auf die Maschine legt.

Ein- und Ausschalten der Maschinen. Dies geschieht immer beim Potential Null ohne irgendeine Funkenbildung am Schalter. Um einen Generator einzuschalten, genügt es, die Maschine vorher kurzuschließen und auf Betriebstromstärke zu bringen. Die Klemmenspannung ist dann Null und die Maschine kann ohne weiteres eingeschaltet werden. Beim Stillsetzen reduziert man die Spannung gleichfalls bis auf Null und schließt das Aggregat kurz, wobei man es vom Stromkreis trennt.

Nicht ganz so verhält es sich mit dem Einschalten eines Motors. Der normale Schalter ist mit einem zweiten Kurzschlußschalter verbunden, dessen Kontakte aus Kohle bestehen. Der Funke, der durch den Ohmschen Widerstand und die Induktion der Maschine hervorgerufen wird, entsteht zwischen diesen beiden Kohlekontakten und man vermeidet dadurch jede Funkenbildung an den Kontakten des Ölschalters. Beim Stillsetzen der Maschine ist es zweckmäßig, die Spannung vor dem Kurzschließen auf Null zu bringen, indem die Bürsten in die Neutrale zurückgedreht werden. Da die Ölschalter unter keiner Funkenbildung zu leiden haben, bleiben sie für unbegrenzte Zeit in vollkommen einwandfreiem Zustande.

Verwendung der Erde als nutzbarer Leiter. Noch einige Worte über dies technisch und wirtschaftlich außerordentlich wichtige Kapitel. Bis jetzt wurde die Erde trotz des absolut überzeugenden Versuchs, der während 10 000 h (417 Tage ununterbrochenen Betriebes) in Lausanne 1909/10 gemacht wurde, niemals regelmäßig als wirksamer Leiter benutzt und dies lediglich infolge behördlicher Vorschriften, die meiner Auffassung nach jeglicher Grundlage entbehren, denn bei Gleichstrom steht dieser Verwendung der Erde wirklich nichts im Wege. Die gesamte Stromversorgung für Licht und Kraft (Drehstrom) und Bahnbetrieb der Stadt Lausanne wurde über ein Jahr lang durch einen einzigen Luftleiter von 56 km Länge bei 22 kV mit Rückleitung durch die Erde bewältigt. Es ist keine Betriebstörung vorgekommen mit Ausnahme eines peinlichen Personenunfalles, der ganz außergewöhnlich war und für den das System nicht verantwortlich gemacht werden kann. Als bemerkenswerte Tatsache verdient erwähnt zu werden, daß entgegen der Gewohnheit die Gewitterperioden ohne Ansprechen der Blitzschutzvorrichtungen verliefen; mit einem Wort, die Verwendung der Erde hat sich vom Gesichtspunkt des Betriebes und vom rein technischen Standpunkt als das erwiesen, was sie naturgemäß sein mußte: äußerst vorteilhaft.

Der Gesamtwiderstand der beiden Erdungen war im Mittel 1,76 Ω und die Erdplatten haben sich gut gehalten.

So ist denn auch die Genehmigung zur Benutzung der Erde als effektiver Leiter für Moûtiers—Lyon ins Auge gefaßt worden, denn sie würde die Leitungsverluste um die Hälfte verringern und die Ersparnis der Hälfte des Leitungsmaterials ermöglichen. Die Frage bleibt vorläufig Studienobjekt und es ist beabsichtigt, sie wieder aufzugreifen, sobald die weitere Entwicklung der Energieübertragung es ratsam erscheinen läßt. Bei der Entscheidung muß man berücksichtigen, daß in allen großen Städten die Stärke des Rückstromes der Straßenbahnen Tausende von Ampere erreicht, während es sich bei Moûtiers—Lyon nur um etwa 150 ... 300 A handeln würde.

Folgerungen.

Die Probleme, die sich aus der Verwendung des hochgespannten Gleichstroms ergeben, sind somit günstig genug gelöst worden, um ihn tatsächlich praktisch verwendbar zu machen. Die Möglichkeiten für die Übertragung auf sehr große Entfernungen sind ebenfalls erwiesen worden. Ich will damit nicht sagen, daß das System nicht verbesserungsfähig wäre, ganz im Gegenteil, ich glaube, daß noch ein weiter Weg zu gehen ist, und ich hoffe, daß dies die Tat von morgen sein wird. Ich würde mich glücklich schätzen, wenn meine bescheidenen Ausführungen dazu beitragen würden, unsere jungen Ingenieure zu der Verfolgung dieses Weges zu ermuntern, der uns vielleicht die schönsten Erfolge bescheren wird.

Gleichrichtung großer Wechselstromleistungen*.

Von **E. Orlich**, Berlin.

Das Problem der Gleichrichtung von Wechselströmen ist im Grunde genommen so alt wie die Elektrotechnik selber. Eins der ältesten und wichtigsten Probleme, die die Elektrotechnik in ihrer Kinderzeit zu lösen hatte, war die Schaffung einer Gleichstrommaschine. Wir wissen heute, daß abgesehen von der Unipolarmaschine, die mehr ein Kuriosum geblieben ist und nur eine geringe praktische Bedeutung gewonnen hat, alle Dynamomaschinen im Grunde ihres Wesens Wechselstrommaschinen sind. Es war für die damalige Zeit sicher eins der schwierigsten Probleme, seine Lösung eine der größten und genialsten Erfindungen, durch den Kommutator die Maschine zur Gleichstrommaschine zu machen. Es war damit, ohne daß man sich dessen so richtig bewußt war, zum ersten Male geglückt, gewissermaßen im Verborgenen eine Wechselstromleistung in eine Gleichstromleistung umzuformen. Die frühzeitige Erfindung des Kommutators hat zur Folge gehabt, daß sich die Starkstromtechnik zunächst als Gleichstromtechnik entwickeln konnte, daß man alle Aufmerksamkeit der Ausbildung der Gleichstrommaschine als Generator und Motor widmete und daß das Problem der Gleichrichtung zunächst überhaupt nicht gestellt war.

Erst als um das Jahr 1885 durch das Vorgehen der Firma Ganz & Co. in Budapest und der mit ihr verbundenen Firma Helios in Deutschland die Wechselstromtechnik zum Leben erweckt wurde, als man erkannt hatte, welche Vorteile die Erzeugung von Wechselströmen und namentlich die Umformung durch ruhende Transformatoren in Wechselströme anderer Spannungen bot, wurde auch das Problem der Umformung der Wechselstromleistungen in Gleichstromleistungen akut. Die Gründe, die für die Umformung in damaliger Zeit maßgebend waren, sind bis auf den heutigen Tag im wesentlichen die gleichen geblieben.

Erstens konnte man nicht die zahllosen Anlagen mit Tausenden von wertvollen Apparaten, die nur für Gleichstrom ausgebildet waren und nur mit Gleichstrom betrieben werden konnten, als wertlos wegwerfen. Man wollte die Vorteile der Erzeugung und Fortleitung großer Wechselstromleistungen ausnutzen und dann an Ort und Stelle durch Umformung in Gleichstromleistungen die alten Einrichtungen und Apparaturen, die nun einmal vorhanden waren, beibehalten.

Zweitens war der Wechselstrom nicht brauchbar, wo man die elektrolytische Wirkung des Stromes ausnutzen wollte, dazu gehören alle elektrochemischen Anlagen und ferner die Verwendung von Akkumulatoren zu Speicherungszwecken, denn eine direkte Speicherung von Wechselstromenergie ist bis auf den heutigen Tag nicht geglückt.

Drittens wollte man die bekannten und wertvollen Eigenschaften des Gleichstrommotors namentlich in puncto Regelungsfähigkeit nicht aufgeben. Auch das hat sich bis auf den heutigen Tag nicht wesentlich geändert, obwohl man inzwischen gelernt hat, allerlei Arten von Wechselstrommotoren mit wertvollen Eigenschaften zu

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins.

Digitized by Google

bauen. Am schärfsten ist dies hervorgetreten bei Bahnanlagen.

Welche Wege standen nun damals zur Verfügung, um das Problem der Gleichrichtung größerer Wechselstromleistungen lösen zu können? In Betracht kamen ausschließlich maschinelle Anordnungen. Als erster und einfachster kam der Motorgenerator in Frage. Nachdem man die verschiedenen Arten namentlich der mehrphasigen Wechselstrommotoren zu bauen gelernt hatte, brauchte man nur einen dieser Motoren zum Antrieb einer Gleichstrommaschine zu benutzen und der Umformer war fertig. Eine besondere Erfindung war dazu nicht nötig. Wohl aber mußten Vorteile und Nachteile dieser Anordnung überlegt und studiert werden. Als Vorteile sind zu buchen, daß der Drehstromteil vom Gleichstromteil völlig getrennt ist. Jeder kann für sich geregelt werden: alle Vorkommnisse auf der einen Seite, wie Schaltungen, Kurzschlüsse, plötzliche Laständerungen, kommen auf der anderen Seite in gedämpftem Zustand zum Vorschein. Man erhält einen verhältnismäßig einfach zu handhabenden Maschinensatz von großer Stabilität und Betriebsicherheit. Diesen Vorteilen stehen als Nachteile gegenüber: großes Gewicht, großer Platzbedarf und verhältnismäßig ungünstiger Wirkungsgrad; schließlich der Nachteil, der allen maschinellen Anordnungen eigen ist, die Notwendigkeit der Wartung, d. h. nicht zu unterschätzende personelle Kosten.

Die zweite Methode der Umformung, bei der sich im großen und ganzen die genannten Vorteile in Nachteile und die Nachteile in Vorteile verwandeln, kam dadurch zustande, daß man die Anker der Drehstrom- und Gleichstromseite in eine Wicklung auf einen einzigen Läufer zusammengelegt hat. Es entstanden die bekannten Einankerumformer. Man erhielt Maschinen von verhältnismäßig geringem Platzbedarf, geringem Gewicht, geringen Verlusten; dafür aber eine überaus starke Abhängigkeit der Gleichstromseite von der Wechselstromseite. Immerhin sind die Vorteile so groß, daß namentlich in ruhigen Betrieben die Einankerumformer weiteste Verbreitung fanden.

Als dritte Art der Umformung ist der Kaskadenumformer zu nennen, der im Jahre 1904 von Bragstad-la Cour in die Elektrotechnik eingeführt wurde. Er besteht aus einem Drehstrommotor und einem damit gekuppelten Einankerumformer. Die Wicklung des letzteren wird durch geeignete Verbindungsleitungen vom Läufer des Drehstrommotors aus gespeist. Der Einankerumformer wird also mit einer Wechselstromfrequenz betrieben, die von dem Schlupf des Drehstrommotors abhängt. Durch geeignete Wahl der Pol- und Drehzahlen ergibt sich eine nennenswerte Variationsmöglichkeit. Der Kaskadenumformer ist als eine Art Kompromiß zwischen Motorgenerator und Einankerumformer anzusehen. Dementsprechend liegen seine Eigenschaften zwischen denen dieser beiden Maschinengattungen.

Dies sind im großen und ganzen die Methoden, mit denen man bis auf den heutigen Tag auf maschinellem Wege die Umformung von Wechselstromleistungen in Gleichstromleistungen bewältigt. Man kann wohl mit ruhigem Gewissen hinzufügen, es ist unwahrscheinlich, daß grundsätzlich noch neue hinzukommen, u. zw. deswegen, weil es kaum ein Teilgebiet der Elektrotechnik gibt, das in dem Maße theoretisch, konstruktiv und experimentell nach allen Richtungen und in alle Einzelheiten hinein so durchforscht und durchgepflügt ist wie der Elektromaschinenbau. Keinen Apparat hat man so bis ins Innerste seines Wesens erkannt und dementsprechend ausgenutzt und vervollkommnet wie diesen. Mag auch im einzelnen noch viel zu tun übrig sein; grundsätzliche Probleme gibt es auf diesem Gebiet nicht mehr und neue Wege werden sich hier kaum noch auftun.

Es gibt aber noch einen zweiten Weg, um auf mechanischem Wege zu einer Gleichrichtung zu kommen. Er besteht grundsätzlich darin, daß man den Anker eines von Wechselstrom erregten Elektromagneten synchrone Schwingungen ausführen läßt. Dabei schlägt der Anker abwechselnd gegen zwei Kontakte, an die entgegengesetzte Phasen der gleichzurichtenden Spannung gelegt sind. Man kann also durch eine mit dem Schwinganker verbundenen Ableitung pulsierenden Gleichstrom abnehmen. Diese allgemein bekannten sog. Pendelgleichrichter konnten aber wegen der Kontaktschwierigkeiten nur für kleine Leistungen gebaut werden. Neuerdings ist man aber mit dieser Anordnung einen erheblichen Schritt vorwärts gekommen durch grundlegende Arbeiten von Prof. Hartmann in Kopenhagen[1]. Hartmann ersetzt nämlich den Schwinganker durch einen kräftigen, etwa 4 mm starken Quecksilberstrahl, der im Takte der Frequenz gegen zwei Stromkontakte hin und her geschleudert wird; das ist also grundsätzlich dieselbe Schaltung wie bei den Pendelgleichrichtern. Auf diese Weise ist es ihm gelungen, die erstaunliche Leistung von 230 V × 400 A bei ausgezeichnetem Wirkungsgrad gleichzurichten, und dabei arbeitet jetzt diese Anlage anstandslos seit Jahren in Kopenhagen. Ferner besagen die neuesten Berichte, daß man auf diesem Wege noch weiter fortgeschritten ist und daß es gelungen sein soll, bei niedriger Spannung (20 V) sehr große Ströme (5000 A) gleichzurichten, eine Aufgabe, wie sie von elektrolytischen Betrieben gestellt wird und kaum von einer anderen bekannten Methode so günstig gelöst sein dürfte.

Ein neuer Weg ganz anderer Art eröffnete sich im Jahre 1902, als Cooper Hewitt seinen Quecksilberdampf-Gleichrichter herausbrachte. Er bedeutete für den Elektrotechniker, der im wesentlichen nur mit dem elektromagnetischen Feld, mit Kupfer und Eisen zu arbeiten gewohnt war, etwas gänzlich Neues. Gasentladungen, Hochvakuum, Glastechnik waren Dinge, die dem Physiker wohl bekannt waren, die aber dem Elektrotechniker gänzlich fremd waren. Neue grundlegende physikalische Erscheinungen sind damals nicht zutage getreten; sie waren von dem Physiker längst entdeckt; aber die praktische Anwendung fehlte vollkommen. Es hat dann eine sehr intensive und fruchtbare Arbeit eingesetzt, an der sich in erster Linie die Großfirmen BBC, SSW und AEG beteiligt haben. Es erschien eine große Zahl interessanter theoretischer Arbeiten, die hauptsächlich von Mitarbeitern der SSW ausgegangen sind, in denen die bisher gänzlich unbekannten Stromverhältnisse in einem Mehrphasengleichrichter und seiner Zubehörapparatur eingehend studiert und dargelegt wurden, eine zweite Klasse von Arbeiten befaßt sich mit der experimentellen Erforschung der Vorgänge, wobei die Erscheinungen im Innern des Dampfraumes besonders berücksichtigt wurden, um über den gefürchtetsten Feind des Gleichrichters — die Rückzündung — Aufklärung zu bekommen. Während bei diesen Arbeiten physikalische Forschung stark mithelfen konnte und mitgeholfen hat, war der dritte Teil der Arbeit — die Konstruktion — ganz dem Ingenieur vorbehalten, u. zw. hat hier, da es sich um ein vollständiges Neuland handelte mit Vorgängen, die dem Ingenieur bis dahin vollständig fremd waren, das rein intuitive Gefühl des Konstrukteurs eine wichtige Rolle gespielt. Schließlich kam ein vierter Teil hinzu, die Behandlung der Nebenapparate, die bei der Neuheit des Gegenstandes ebenfalls neue Wege erforderte. So ist eine große und sehr interessante, vielseitige Arbeit geleistet worden mit dem Erfolg, daß jetzt technische Lösungen von hoher Vollkommenheit vorliegen, die in die Praxis Eingang gefunden haben und zur vollen Zufriedenheit arbeiten. Trotzdem wird jeder Kenner der Verhältnisse ohne weiteres zugeben, daß das Erreichte noch längst nicht der Weisheit letzter Schluß ist. Die bisherigen Apparate beziehen sich lediglich auf ein sehr begrenztes Kapitel der Hochvakuumtechnik: die Entladung in Quecksilberdämpfen. Man kann also mit einiger Wahrscheinlichkeit erwarten, daß die Weiterentwicklung durchaus noch nicht sich bloß auf Kleinarbeit und Verbesserungen in Einzelheiten zu beschränken braucht und daß es zweifellos im Bereich der Möglichkeit liegt, daß wir eines schönen Tages noch vor Erkenntnissen und Neuerungen ganz grundsätzlicher Art stehen können. Immerhin ist, wie schon hervorgehoben, der Quecksilberdampf-Gleichrichter in Theorie und Praxis auf einen so hohen Stand der Vollkommenheit angelangt, daß es sich verlohnt, darauf einen kurzen zusammenfassenden Blick zu werfen.

Die grundlegenden physikalischen Tatsachen, auf denen das Arbeiten eines Quecksilberdampf-Gleichrichters beruht, sind heutzutage unter den Elektrotechnikern so allgemein bekannt, daß man darüber kein Wort mehr zu verlieren braucht. Technisch neu war vor allem das Arbeiten mit einem großen Hochvakuum als stromführendem Teil. Das war nur möglich durch erhebliche Fortschritte in der Pumpentechnik, die ja inzwischen auch anderen Teilen der Elektrotechnik zugute gekommen sind. Ausgehend von den grundlegenden Arbeiten von Prof. Gaede gelang es durch die Erfindung und Vervollkommnung der Quecksilberdampfpumpe, ohne Schwierigkeit und in verhältnismäßig kurzer Zeit ein Vakuum von einer Höhe zu erzielen, an die man zur Zeit der Erfindung der Quecksilberdampf-Gleichrichter noch nicht wagen konnte zu denken. Auf die Konstruktion dieser Pumpen, die für den Betrieb von Großgleichrichtern eine ent-

[1] Ausführlicher Bericht bei Güntherschulze, Elektrische Gleichrichter und Ventile, Verlag Julius Springer, Berlin 1929, S. 156, sowie ETZ 1928, S. 1224.

Digitized by Google

scheidende Rolle gespielt hat, kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden; als ein Schönheitsfehler ist noch immer anzusehen, daß sie — gleichgültig, ob ein- oder mehrstufig — gegen den atmosphärischen Druck nicht arbeiten können. Man braucht noch eine Vorpumpe, in der Regel eine gewöhnliche Ölpumpe. Aber das spielt tatsächlich eine untergeordnete Rolle gegenüber dem gewaltigen Fortschritt, der durch die Einfachheit und Zuverlässigkeit der Konstruktion und die große Leistungsfähigkeit der Quecksilberdampfpumpen erreicht worden ist.

Freilich kann die Pumpe nur dann ihre volle Leistungsfähigkeit entfalten, wenn zwei weitere Bedingungen erfüllt sind. Die erste ist die Lösung der Dichtungsfrage. Es müssen stromführende Leitungen isoliert und absolut vakuumdicht in das Gefäß eingeführt werden, u. zw. müssen die Leitungen bei größeren elektrischen Leistungen großen Querschnitt haben und die Dichtungen in gewissen Grenzen temperaturunempfindlich sein. Für Glasgleichrichter war das natürlich zunächst eine Frage der Glastechnik, an deren Lösung unsere berühmte Glashütte Dr. Schott & Gen. in Jena tätig mitgewirkt hat; aber auch rein elektrotechnische Firmen haben inzwischen gelernt, mit Glas als Konstruktionsmaterial umzugehen und haben neue brauchbare Lösungen gefunden. Immerhin, über eine gewisse Größe des einzuführenden Kupferquerschnittes kommt man nicht hinaus, wenn man die Lebensdauer des Kolbens nicht zu sehr gefährden will. 300 ... 500 A Gleichstrom sind die Grenze, an der die Möglichkeit, einen betriebsicheren Glaskolben zu bauen, aufzuhören scheint. Es ist aber auch die Grenze, bis zu der man die Vorteile, die der Glaskolben bietet, gern ausnutzt. Diese Vorteile sind: gewissermaßen selbstverständliche, ausgezeichnete Isolierung der Leitungen durch die Natur der ganzen Konstruktion und zweitens völliger Abschluß des Vakuums gegen die Umwelt, nachdem einmal ein nach allen Regeln der Kunst hergestelltes Vakuum erreicht ist, und damit die Überflüssigkeit jeglichen Pumpensatzes im Betriebe.

Dem stehen als Nachteile gegenüber: begrenzte Strombelastungsmöglichkeit, die man allerdings durch Parallelschalten mehrerer Gleichrichter bis zu einem gewissen Grade verbessern kann, und begrenzte Lebensdauer; man kann heutzutage annehmen, daß jeder Glaskolben etwa eine Brenndauer von 10 000 h erlebt. Gleichrichtung von Strömen bis zu 500 A ist die Domäne der Glasgleichrichter geblieben. Eine besonders interessante Abart der Quecksilberdampf-Gleichrichter bilden die unter dem Namen „Argonal-Gleichrichter" bekannt gewordenen Apparate. Dadurch, daß man dem Kathodenquecksilber Kalium/Natrium zusetzt, kommt man zu einem sehr kleinen Strom, bei dem der Lichtbogen noch sicher stehenbleibt. Man braucht daher die bei gewöhnlichen Quecksilberdampf-Gleichrichtern erforderliche energieverzehrende Hilfserregung nicht in Anspruch zu nehmen. Ferner wird dadurch, daß man Argon als Füllgas verwendet, die erforderliche Zündspannung auf wenige hundert Volt herabgesetzt.

Das Streben, die Quecksilberdampf-Gleichrichter auch für größere Leistungen nutzbar zu machen, hat dazu geführt, vom Glas- zum Eisengefäß überzugehen. Béla Schäfer war es, der im Jahre 1910 diesen wichtigen Schritt tat. Damit tauchte die entscheidende konstruktive Frage nach der Gestaltung der Durchführungen auf. Sie galt lange Jahre hindurch mit Recht als die schwierigste und hat die Köpfe der Konstrukteure auf das lebhafteste beschäftigt. Inzwischen ist eine ganze Reihe befriedigender Lösungen gefunden worden, so daß diese Frage heutzutage als gelöst angesehen werden kann und nicht mehr das Maß des Interesses wie ehedem beansprucht. Folgende Arten von Dichtungen haben Bedeutung erlangt: erstens die Quecksilberdichtung, die schon von Béla Schäfer eingeführt ist und noch heute von BBC angewandt wird. Quecksilber wird in Rillen, die an geeigneten Stellen angebracht sind, eingegossen und läßt bei genügender Standhöhe keine Luft von außen durch. Unterstützt wird die Wirksamkeit der Quecksilberschicht durch eine Asbestvorlage. Die SSW benutzen eine Gummidichtung. Durch entsprechende Behandlung des Gummis bei der Fabrikation, insbesondere spezielles Verfahren beim Vulkanisieren, kann man es dahin bringen, daß die Gummiringe beim Angrenzen an das Vakuum ein Minimum von Gasen abgeben. Ganz unterdrückt wird der Rest der Gasabgabe aber dadurch, daß die Ringe an der dem Vakuum zuliegenden Seite zugeschärft und mit einem sehr dünnen und elastischen Eisenring bedeckt werden[2].

Die AEG hat eine Preßringdichtung eingeführt, die aus plastischen Metallen zwischen den Preßflächen besteht. Das größte Interesse verdient aber die neueste Art, die einfach darin besteht, daß die Metallflächen in mehreren hintereinander liegenden schmalen Ringen gut abgeschliffen ohne weitere Zwischenlage direkt auf ebenfalls genau eben geschliffenen Glas- oder Porzellanflächen aufliegen. Die ringförmigen Hohlräume enthalten etwas Quecksilber. Die nicht einfache Herstellung muß mit großer Sorgfalt geschehen; an sich zeichnet sich aber die Dichtung durch große Einfachheit und Sauberkeit aus. Der Vollständigkeit halber sei auch auf eine interessante Art der Dichtung hingewiesen, die von einer ausländischen Firma angewandt wird. Die Société Alsacienne stellt die Elektrodendurchführung aus eigenartigen Plattenelementen her. Ein solches Element besteht aus einer Stahlscheibe, welche eine mäßig dicke Glasur trägt aus einer Glassorte, die denselben Ausdehnungskoeffizienten wie der Stahl hat. Mehrere solcher Elemente werden im Ofen zu einer kompakten Einheit zusammengepreßt. Der Körper soll unzerbrechlich sein und eine gute Kühlfähigkeit besitzen[3]. Alle diese Dichtungen in Verbindung mit den leistungsfähigen Pumpen haben das Problem, auch bei Gefäßen größten Ausmaßes ein betriebsicheres Vakuum zu gewährleisten, zur Zufriedenheit gelöst.

Aber die Konstruktion geeigneter Pumpen und die Lösung der Dichtungsfrage genügen noch nicht zur Herstellung und Aufrechterhaltung eines betriebsicheren Vakuums. Es war eine den Physikern längst bekannte Tatsache, daß, nachdem man einfach durch Pumpen ein Vakuum hergestellt hatte, von der Oberfläche des das Vakuum begrenzenden Körpers sich noch große Mengen von Luft und Dämpfen lösten, namentlich wenn die Temperatur erhöht wurde. Auch die Elektrotechniker haben in dieser Beziehung anfangs böse Erfahrungen gemacht und erst allmählich Mittel und Wege zu finden gelernt, wie man mit Hilfe der ausgezeichneten Pumpen ein dauernd gutes Vakuum herstellen und aufrechterhalten kann. Tatsächlich handelt es sich hierbei um eine Kinderkrankheit, die verhältnismäßig rasch erkannt wurde und als endgültig überwunden angesehen werden kann. Die Pumpentechnik wird heutzutage nicht nur in der Konstruktion, sondern auch in der Anwendung völlig beherrscht. Eine nicht zu unterschätzende Hilfe bildet dabei die Erfindung eines einfachen Vakuummeßgerätes, das direkte Zeigerablesung gestattet; es beruht auf der Tatsache, daß die Wärmeabgabe eines Hitzdrahtes stark von der Güte des Vakuums abhängt; die alten umständlichen Vakuummeßgeräte von MacLeod sind dadurch verdrängt worden.

Aber die wichtigste Frage für die Gestaltung eines betriebsicheren Gefäßes ist damit noch nicht berührt. Es tritt nämlich gelegentlich eine Erscheinung auf, die von Anfang an der Gegenstand größter Sorge und Aufmerksamkeit gewesen ist und noch heute der größte Feind des Gleichrichters ist: die Rückzündung. Sie kommt im großen und ganzen dadurch zustande, daß der Gleichrichter seine Ventilwirkung verliert, indem sich auf den Anoden Stellen so hoher Temperatur ausbilden, daß sie ebenfalls Kathode werden können. Es entstehen da durch im Innern des Gleichrichters Kurzschlüsse. Diese pflegen meist im Gleichrichter selber keine sonderlich großen Verheerungen anzurichten und letzterer steht in dieser Beziehung im vorteilhaften Gegensatz zum Einankerumformer, wo das gefürchtete Rundfeuer am Kommutator meist die ganze Maschine betriebsunfähig macht. Der Gleichrichter kann nach einer Rückzündung meist ohne weiteres wieder eingeschaltet werden. Um so mehr sind aber die Zusatzapparate gefährdet, die zum Betriebe des Gleichrichters notwendig sind.

Schon frühzeitig hat man einige einfache Gründe für die Rückzündung und Maßnahmen, sie zu verhüten, erkannt. Dazu gehören Beseitigung der Restgase im Quecksilberdampf, Aufrechterhaltung eines möglichst niedrigen Druckes, geeignete Abschützung der Anoden, um sie vor Quecksilberspritzern zu schützen; dazu kommt aber eine ganze Reihe weiterer Gründe. Rühmend hervorzuheben ist eine Reihe von Arbeiten, die im Siemens-Konzern ausgeführt sind und sich mit den elektrischen Eigenschaften der Quecksilberdampfsäule beschäftigen, auf die bei der Kompliziertheit des Gegenstandes leider hier nicht näher eingegangen werden kann[4]. Das praktische Ergebnis dieser Arbeiten war, daß man in den Gleichrichtern eine nach diesen Erkenntnissen gestaltete Dampfführung und geeignete Kühlung gewisser Dampfstrecken einführte

[2] ETZ 1929, S. 61.

[3] ETZ 1929, S. 901.

[4] S. z. B. ETZ 1929, S. 1079 u. 1099.

Digitized by Google

Es hat sich herausgestellt, daß die Sicherheit gegen Rückzündung und damit die Betriebsicherheit der Kolben ganz außerordentlich gewonnen haben. Wenn nun auch auf Grund dieser Arbeiten zweifellos ganz wesentliche Verbesserungen erzielt sind, so kann man sich doch des Eindrucks nicht erwehren, daß hier das letzte Wort noch nicht gesprochen ist. Es wird noch weiterer mühsamer Arbeit bedürfen, um alle hiermit zusammenhängenden Erscheinungen restlos zu erkennen, aufzuklären und durch geschickte Konstruktionen zu beseitigen. Nur die Zusammenarbeit des Theoretikers mit dem geschickten Experimentator im Laboratorium und dem gewandten Konstrukteur werden uns dem endgültigen Ziel nahe bringen.

Wenn heute die Rückzündungen, die einer weiteren Verbreitung der Gleichrichter eine Zeitlang etwas im Wege gestanden haben, ihre Schrecken verloren haben, so ist das einerseits der unermüdlichen Arbeit zur Aufklärung der Ursachen der Rückzündung zu danken, wodurch ihre Zahl gegen früher außerordentlich stark herabgesetzt ist, anderseits der Ausbildung der Zusatzapparate, von denen noch die Rede sein wird, durch die der rückgezündete Apparat fast augenblicklich abgeschaltet wird, ohne daß weiteres Unheil entstehen kann.

Mit der Rückzündungsgefahr hängt eng zusammen die Grenzleistung, bis zu der man heutzutage Gleichrichter gebaut hat. Sie ist in erster Linie durch die Stromstärke bestimmt. Bei Glasgleichrichtern liegt sie, wie schon erwähnt, in der Gegend von 300 ... 500 A. Größere Stromstärken sind den Eisengleichrichtern vorbehalten. Gleichrichter für 1600 A Gleichstrom sind hierfür eine z. Z. sehr weit verbreitete Type; sie darf kurzzeitig auf das Dopelte überlastet werden. Gefäße für größere Ströme bis zu 6000 A sind seltener; die größten hat BBC für Ströme bis 16 000 A gebaut, und das Streben geht dahin, namentlich für die Zwecke der Elektrolyse die Stromstärken noch wesentlich zu erhöhen.

Die Betriebspannung spielt für die Grenzen der Konstruktion nicht die ausschlaggebende Rolle wie die Stromstärke. Da im großen und ganzen der Spannungsabfall im Gleichrichter konstant ist, etwa 25 ... 30 V, so wird sein Wirkungsgrad im allgemeinen um so besser, je höher die Spannung ist. Gleichrichter für 800 ... 3000 V sind in großer Zahl im Betrieb. Aber es dürfte die Behauptung nicht zu gewagt sein, daß man diese Spannung, falls es erforderlich wird, wesentlich heraufsetzen kann. Die Mittel, um auch für diese einen betriebsicheren Apparat zu bauen, dürften vorhanden sein.

Aber für allerhöchste Spannungen, wie sie heute in unseren Großkraftübertragungen üblich sind, wird bis auf weiteres die Zwischenschaltung eines Transformators notwendig sein. Das ist aber auch aus anderen Gründen erforderlich. Die Quecksilberdampf-Gleichrichter haben mit den Einankerumformern die Eigentümlichkeit gemein, daß die Spannungs- und Stromverhältnisse auf der Wechselstromseite mit denjenigen auf der Gleichstromseite sehr starr gekuppelt sind. Schon um von dieser Starrheit loszukommen, braucht man Transformatoren, die, wie sich zeigt, in sehr eigentümlicher Weise arbeiten und deshalb Gegenstand eingehenden Studiums gewesen sind. Man hat eine große Mannigfaltigkeit brauchbarer Transformatorschaltungen aufgefunden und dabei dem Transformator noch allerhand Nebenaufgaben zugewiesen, die den Betrieb der Gleichrichter günstiger gestalten.

Da die Gleichrichtung von Mehrphasenströmen in der Weise vor sich geht, daß von den Strömen der einzelnen Phasen immer nur die Kuppen der Stromkurven zur Bildung des gleichgerichteten Stromes benutzt werden, so ist die Gleichrichtung um so vollkommener, je größer die Phasenzahl ist. Praktisch hat sich für den Glasgleichrichter der Dreiphasenstrom für kleinere Kolben, der Sechsphasenstrom für größere Kolben durchgesetzt, schon weil das Einschmelzen der vielen Glasarme in den Glaskörper praktischen Schwierigkeiten begegnet. Für Großgleichrichter kommen heutzutage fast ausschließlich der Sechsphasen- bzw. der Zwölfphasen-Gleichrichter in Frage. Aber für die Wahl der Phasenzahl sind auch andere Gründe entscheidend.

Wenn keine besonderen Hilfsapparate angewandt werden, so wandert der Lichtbogen im Gleichrichter von Anode zu Anode; nur eine Anode, u. zw. diejenige, die die höchste Spannung hat, ist in Tätigkeit. Damit ist aber auch im zugehörigen Transformator immer nur je eine Wicklung mit einem verhältnismäßig starken Strom belastet, nämlich bei n-Phasen-Strom nur $^1/_n$ der Zeit. Daraus folgt, wie eine einfache Rechnung ergibt, daß man verhältnismäßig große, schlecht ausgenutzte Transformatoren als Zusatzapparate benötigt. Man hat sich deshalb bemüht, Anordnungen zu finden, bei denen immer je zwei Anoden gleichzeitig arbeiten. Im großen und ganzen sinkt dadurch die Stromstärke je Anode und damit je Sekundärphase des Transformators auf die Hälfte. Die enorme Wichtigkeit des Problems springt in die Augen. Der einfachste Weg, diese Aufgabe zu lösen, ist grundsätzlich der, daß man statt einer sinusförmigen Spannung eine trapezförmige einführt. Da bei dieser Kurvenform die Spannung ihren höchsten Wert während einer verhältnismäßig langen Zeit beibehält, so können zwei oder gar die an aufeinanderfolgenden Phasen liegenden Anoden gleichzeitig zünden.

Die gewünschte Trapezform kann man bekanntlich dadurch erreichen, daß man eine dritte Harmonische einführt. Es gibt eine ganze Reihe von Anordnungen, mit denen dies Ziel erreichbar ist. Aber fast alle haben die Eigentümlichkeit, daß die gewünschte Kurvenform und die damit zusammenhängende Verteilung auf die Anoden erst bei einer gewissen Last eintritt. Da nun mit der Einführung der dritten Harmonischen im ganzen eine Senkung der maximalen Spannung verknüpft ist, so folgt, daß bei Entlastung, bei der die dritte Harmonische wegfällt, eine Spannungsteigerung eintreten muß, die bei den gewöhnlichen Schaltungen etwa 13 ... 15 % beträgt. Dieser Übelstand ist durch die Einführung einer Saugdrosselspule durch BBC praktisch beseitigt. Hierbei wird die sekundäre Wicklung des Transformators in zwei Dreiphasenwicklungen aufgelöst, deren Sternpunkte getrennt herausgeführt werden und über zwei gegeneinandergeschaltete Wicklungen einer Saugdrossel zum Minuspol der Gleichstromseite führen; da die Wicklungen der Drossel einander entgegengerichtet sind, so fällt die Gleichstrommagnetisierung praktisch heraus; man kommt mit einem verhältnismäßig kleinen Eisenkörper aus und zur Magnetisierung ist nur ein geringer Amperewindungsbetrag erforderlich; die Folge davon ist, daß man schon bei ganz geringen Lasten die gewünschte Spannung auf der Gleichstromseite erreicht. Die Schaltung der BBC mit der Saugdrossel hat wegen ihrer verhältnismäßigen Einfachheit und ausgezeichneten Wirksamkeit eine große Verbreitung gefunden.

Auf etwas anderem Wege wird dasselbe Ziel von den SSW erreicht, die einen sogenannten Stromteiler anwenden[5]. Über die zweckmäßigste Ausgestaltung und Abwägung der Vorteile und Nachteile der einzelnen Schaltungen sind im Siemens-Konzern sehr ausführliche und interessante Arbeiten gemacht worden, auf die hier nur kurz hingewiesen werden kann.

Ein dritter Weg ist von der AEG[6] beschritten: Die Primärwicklungen von zwei Transformatoren, von denen die erste in offenem Stern, die zweite in Dreieck geschaltet ist, sind hintereinander geschaltet. Die sechsphasigen Sekundärwicklungen sind im Nullpunkt miteinander verbunden, so daß ein stark verästeltes Zwölfphasensystem entsteht. Eine einfache Überlegung zeigt, daß zu einem ausgeglichenen System erforderlich ist, daß mindestens drei Phasen gleichzeitig Strom abgeben, wobei jeder Transformator die Hälfte der Gesamtleistung abgibt. Statt eines großen sind also zwei kleine Transformatoren erforderlich.

Jede dieser von den drei Firmen ausgebildeten Schaltungen hat ihre Vorteile und Nachteile. Am einfachsten und zweckmäßigsten scheint einstweilen die Saugdrossel von BBC zu sein[7].

Die Lösung der bisher besprochenen Probleme hätte aber kaum die Bahn für eine weitere Verbreitung der Quecksilberdampf-Gleichrichter freigemacht, wenn nicht die gewaltigen Erfolge der allgemeinen Schalttechnik hinzugekommen wären. Es würde weit über den Rahmen dieses Vortrages hinausgreifen, darauf näher einzugehen. Als wichtigstes sei nur folgendes erwähnt: Erstens liegen die neuen Schnellschalter von größter Leistungsfähigkeit, die nach einigen tausendstel Sekunden die größten Leistungen abschalten, im Gleichstromkreis und machen die früher gefürchteten Rückzündungen zu einem verhältnismäßig harmlosen Vorgang, denn durch das sofortige Ausschalten des Rückstromes werden die angeschlossenen Maschinen und etwa parallelgeschaltete Gleichrichter wirksam vor Schaden bewahrt, und man kann meist unmittelbar nach dem Auslösen sofort, evtl. sogar selbsttätig wieder einschalten. Wechselstromseitig

[5] ETZ 1929, S. 1257 u. 1879.
[6] ETZ 1929, S. 303.
[7] DRP. 309 593.

Digitized by Google

ist ein genügender Schutz durch normale Ölschalter mit Zeitauslösung für Überstrom und Momentauslösung für Rückzündung gegeben. Das Zweite aber, was den Quecksilberdampf-Gleichrichtern eine so große Überlegenheit über rotierende Umformer gebracht hat, ist ihre Anspruchslosigkeit, sie bedürfen nicht der fortdauernden Beaufsichtigung. Damit ergibt sich von selbst das Problem, eine solche Anlage durch Fernsteuerung zu bedienen, ja sie vollständig selbsttätig arbeiten zu lassen. Beide Aufgaben sind gelöst, auf verschiedenen Wegen gelöst mit neuer für die Praxis genügender Zuverlässigkeit. Es greift das natürlich auf ein viel allgemeineres Problem über, das der Fernsteuerung, das unabhängig vom Quecksilberdampf-Gleichrichter allgemein gestellt worden ist und für das es jetzt mehrere ausgezeichnete Lösungen gibt, auf die hier nicht eingegangen werden kann. Es genügt hier festzustellen, daß es sich die Quecksilberdampf-Gleichrichteranlagen geduldig gefallen lassen, wenn man auf sie diese Systeme der Fern- und Selbststeuerung losläßt.

Zum Schluß sei noch ein kurzer Blick darauf geworfen, daß der Quecksilberdampf-Gleichrichter wie so viele Starkstromanlagen ein Ärgernis und Störenfried für Schwachstromanlagen ist. Man hat dies ursprünglich lediglich der Welligkeit des Stromes auf der Gleichstromseite zugeschrieben, aber nach neueren Untersuchungen, die bei den SSW durchgeführt worden sind, scheint es so, als ob die in der Spannung enthaltenen Oberwellen durch kapazitive Übertragung mindestens ebenso schlimm sind. Die Mittel, durch Schwingkreise, Drosselketten usw. solche Kurven zu glätten, sind bekannt, aber leider nicht ganz billig. Endgültig dürfte diese Frage weder nach der technischen noch nach der wirtschaftlichen Seite gelöst sein. Dem Siegeszug der Gleichrichter wird sie kaum ernstliche Schwierigkeiten bereiten.

Die großen Vorteile, die die Gleichrichter bieten, in Verbindung mit der großen Vollkommenheit, die man ihnen jetzt zweifellos zusprechen kann, haben dazu geführt, daß sie auf allen Verwendungsgebieten, von denen in der Einleitung die Rede gewesen ist, die rotierenden Umformer verdrängen. Am stärksten tritt das hervor bei der Versorgung der Stadt-, Vorort- und Straßenbahnen aus großen Drehstromnetzen.

Die größte und z. Z. wohl umfangreichste derartige Anlage dürfte die Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahn sein. Bei einer Streckenlänge von mehr als 500 km sind 115 Großgleichrichter mit 140 000 kW Leistung aufgestellt. Die Anlage hat gewiß schon zahlreiche kleinere Vorläufer gehabt; das hindert aber nicht, daß man den Mut und den Weitblick der Reichsbahnverwaltung dankbar anerkennen muß, als sie sich entschloß, die stark überalterten Verkehrsmittel auf diesen Strecken mit einem Sprung auf die neueste und damals vielleicht praktisch am wenigsten erprobte Form umzustellen. Die Elektrotechnik hat diesen Mut im Vertrauen auf eine lange, zähe und gewissenhafte Arbeit durch den Erfolg belohnt. Es wird wenig große Betriebumstellungen geben, die ähnlich reibungslos und fast ohne Versager vor sich gegangen sind. Dabei ist die Gesamtanlage das Muster eines ausgezeichneten Zusammenarbeitens unserer Großfirmen, BBC, SSW und AEG, die sich in den Löwenanteil der Arbeit geteilt haben. Bekanntlich hat man zwei Systeme der Stromverteilung angewandt: auf den Vorortstrecken größere Umformerwerke, die eine Strecke von je 3 ... 6 km versorgen, und anderseits die sog. verteilte Speisung auf der Stadt- und Ringbahn, wobei auf jeder ihrer 31 Stationen Einzelgleichrichter aufgestellt sind, u. zw. für jede Fahrtrichtung je einer, so daß jeder Gleichrichter nur einen verhältnismäßig kleinen Streckenabschnitt versorgt. Sämtliche Stationen sind unbemannt und werden nach einem von Siemens & Halske ausgebildeten System ferngesteuert. Inzwischen ist dieses Problem der Fernsteuerung auch von anderen Firmen erfolgreich in die Hand genommen. Es reicht weit über den Rahmen dieses Vortrages hinaus, darauf einzugehen. Man kann wohl mit einiger Sicherheit voraussagen, daß der Quecksilberdampf-Gleichrichter z. Z. der einzige Umformer ist, der für solche Bahnanlagen in Frage kommt, um so mehr, als die hierfür bisher verwandte Einheit für 800 V, 1600 A sich als vollständig ausreichend erwiesen hat.

Ein zweites, überaus wichtiges Anwendungsgebiet des Quecksilberdampf-Gleichrichters bilden die elektrolytischen Anlagen. Hier zeigt sich aber, daß die genannten Einheiten bei weitem nicht ausreichen. Über die maximal erreichten Stromstärken sind oben schon zahlenmäßige Angaben gemacht; aber die Entwicklung drängt dazu, zu noch wesentlich größeren Stromstärken und auch zu höheren Spannungen überzugehen. Mit einfacher Vergrößerung der Gefäße wird es, wie bereits oben auseinandergesetzt, wahrscheinlich nicht getan sein. Man wird also die inneren Vorgänge im Gleichrichter noch weiter studieren müssen, um die großen Stromstärken in einem Gefäß bewältigen zu können. Bis dahin wird man sich mit Parallelschaltungen behelfen müssen. Aber das Streben geht ebenso wie beim Elektromaschinenbau zweifellos dahin, die Parallelschaltungen durch größere Einheiten zu ersetzen. Z. Z. sind wir mitten in der Entwicklung solcher Einheiten begriffen und es kann schon jetzt kaum noch ein Zweifel sein, daß auch die elektrolytischen Anlagen in absehbarer Zeit überwiegend von Quecksilberdampf-Gleichrichtern gespeist werden.

Der Vollständigkeit halber seien noch die zahlreichen kleineren Anlagen erwähnt, wo kleine und mittlere Gemeinden an Großkraftnetze angeschlossen sind und die Gleichrichtung durch Glasgleichrichter bewerkstelligt wird. Genügt nicht ein Kolben, so wird selbsttätig bei Überschreitung einer gewissen Grenzlast ein neuer Glasgleichrichter parallel geschaltet.

Es ist oben davon die Rede gewesen, daß heutzutage für die Gleichrichterwirkung in erster Linie diejenigen Methoden von Interesse sind und Erfolg versprechen, die nicht auf rein maschinellem Wege beruhen. Für die Gleichrichtung großer Leistungen hat hierfür bisher allein der Quecksilberdampf-Gleichrichter praktische Bedeutung gewonnen. Aber bei der Wichtigkeit des Gegenstandes verlohnt es sich, zum Schluß einen raschen Blick auf die Methoden zu werfen, die einstweilen wenigstens für kleinere Leistungen in Frage kommen; dahin gehören die elektrolytischen Gleichrichter (Aluminiumelektroden), die Glimmgleichrichter, die Trockengleichrichter (Oxydkathoden), die Glühkathoden- und Alkalidampf-Gleichrichter, die durchweg auf den eigentümlichen Erscheinungen in der Elektronen- und Ionenwelt beruhen, deren Studium man dem jungen Elektrotechniker nicht genug empfehlen kann. Nennenswerte Bedeutung für größere Leistungen haben diese Wege bisher noch nicht gewonnen, vielleicht mit Ausnahme der Glühkathodenröhren, weil es mit ihnen gelungen ist, schon sehr hohe Spannungen (100 000 V) gleichzurichten, freilich nur bei geringen Stromstärken.

Kann man da nicht mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit hoffen, daß es in absehbarer Zeit gelingen wird, das alte Problem gelöst zu sehen, große Leistungen auch durch sehr hochgespannten Gleichstrom zu übertragen? Freilich fehlt dann noch immer der zweite Teil: den hochgespannten Gleichstrom wieder in niedriggespannten umzuformen. Ein brauchbarer Weg scheint sich dadurch zu eröffnen, daß man den Quecksilberdampf-Gleichrichter mit Steuergittern vor den Anoden versieht. Diese Apparate, die in Amerika zuerst gebaut und studiert worden sind[*], führen den Namen Thyratron und haben die Eigentümlichkeit, daß man durch geeignete Gitterspannung das Einsetzen des Stromes verhindern kann; sobald er aber fließt, kann er auf diesem Wege nicht ohne weiteres unterbrochen werden. Es ist mit Hilfe dieser Apparate in der Tat gelungen, einen „Gleichstromtransformator" herzustellen. Aber von einer endgültigen Lösung des Problems sind wir wohl noch recht weit entfernt. Wir brauchen also nicht in Sorge zu sein, daß die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins in den nächsten 50 Jahren seines Bestehens nichts mehr zu tun vorfinden; wir können aber mit Hoffnung und Zuversicht auf die junge Generation blicken, über deren Taten — das hoffen und wünschen wir alle — man mit Genugtuung auf dem 100jährigen Stiftungsfest des EV hören wird.

[*] Prince, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 347.

Digitized by Google

Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn*.

Von Dr.-Ing. **Walter Reichel**, Berlin.

Nachdem in den Frühlingsmonaten bis Mai vorigen Jahres die letzten Strecken der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen in elektrischen Betrieb genommen worden sind und der Betrieb sich bewährt hat, können die Arbeiten der Elektrisierung als abgeschlossen gelten. Es sind zufällige Ereignisse, daß zum Zeitpunkt des Abschlusses zugleich 50 Jahre der Entwicklung elektrischen Antriebes von Eisenbahnen in Deutschland vergangen sind und daß der Zeitpunkt des fünfzigjährigen Bestehens des Elektrotechnischen Vereins, gegründet 1879 von Werner Siemens und Stephan, fast mit der Vollendung der Elektrisierung der Stadtbahn zusammenfällt. Krieg und Geldmangel hatten eine frühere Inangriffnahme dieser Aufgabe verhindert, doch war dieses Wirken des Schicksals nicht zum Schaden der Lösung, die dann mit den allerneuesten Mitteln bewirkt werden konnte. Es erscheint besonders reizvoll, gerade jetzt einen Rückblick auf die Entwicklung zu tun. Wenn ich im folgenden hauptsächlich auf die Erfahrungen meiner Firma Siemens & Halske A.-G., der ich seit November 1889 angehörte, bzw. der Siemens-Schuckertwerke A.-G. und diejenigen meiner eigenen 40jährigen Praxis zurückgreife, so bitte ich, mir das zugute zu halten, weil der Rahmen des Vortrages eine umfassendere Behandlung mit Einschluß der internationalen Entwicklung nicht gestattet. Letztere kann auch m. E. uns nur insoweit interessieren, als sie zum Nutzen Deutschlands verwertet werden kann, und schließlich ist das, was an Erzeugnissen ruhmvoller deutscher Vergangenheit hier vorliegt, mit geringen Ausnahmen deutschen geistigen Ursprungs.

Abb. 1. Erste elektrische Lokomotive vom Jahre 1879 mit Stromschiene für 150 V in der Gleismitte.

I. Vorgeschichte des Sondergebietes der elektrischen Bahnen.

Der erste Versuch, elektrischen Antrieb von Eisenbahnfahrzeugen zum greifbaren praktischen Erfolge durchzuführen, fällt auf den 31. V. 1879 und gelang Werner Siemens an einer elektrischen Lokomotive. Dieser Tag wird daher allgemein als der Geburtstag der ersten elektrischen Bahn angesehen. Die Lokomotive, die heute einen Ehrenplatz im Deutschen Museum in München einnimmt, wurde auf einer kleinen Rundbahn in der Berliner Gewerbeausstellung von 1879 dem öffentlichen Verkehr übergeben und war imstande, eine Anzahl Anhängewagen zu ziehen (Abb. 1).

Daß hier zuerst ein Lokomotivbetrieb zur Anwendung kam, hatte seinen Grund darin, daß die Lokomotive einerseits ganz allgemein Beweis für das neue Gebiet der elektrischen Kraftübertragung sein sollte, anderseits speziell als Beispiel für den Betrieb von Grubenbahnen dienen sollte. Die drei charakteristischen Teile der Anlage einer elektrischen Bahn waren gegeben

1. in dem Kraftwerk für Lieferung der elektrischen Energie, hier in Gestalt von Gleichstrom für 150 V (Lokomobile);
2. in der Fahrleitung in Gestalt einer dritten Stromzuführungschiene aus Flacheisen, die hochkant zwischen den beiden als Rückleitung dienenden Fahrschienen auf Holzstühlen isoliert verlegt war (in Abb. 1 zwischen den Fahrschienen sichtbar, in Abb. 2 dgl.);
3. in dem Fahrzeug in Gestalt einer Lokomotive, die aus einem Fahrzeugteil mit mechanischer Bremse bestand und deren elektrische Ausrüstung einen Stromabnehmer, einen Motor und Fahrschalter nebst Widerständen zum Anlassen aufwies (Abb. 2).

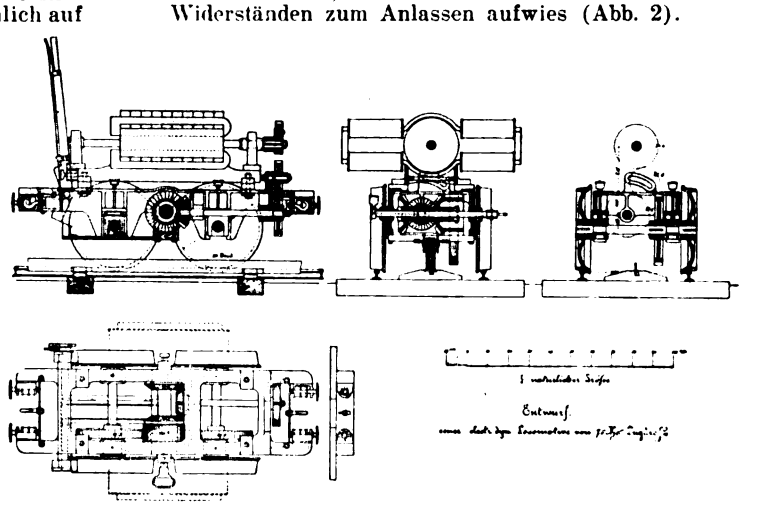


Abb. 2. Lokomotive vom Jahre 1879.

Daß zuerst niedere Spannung und primitive Isolation angewendet wurden und das Umschalten der Fahrrichtung in der Lokomotive auf mechanischem Wege mit Hilfe von Wechselgetriebe bewirkt wurde (mechanischer Wendeschalter), hatte seinen Grund darin, daß man noch keine Sonderkonstruktion von elektrischen Wendeschaltern zur Verfügung hatte. Man benutzte Konstruktionsteile, wie sie gerade vorhanden waren, z. B. einen Motor stationärer

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins.

Digitized by Google

Bauart, den man isoliert aufstellte und mit einem Zinkschutzkasten umkleidete und dessen Drehmoment man durch Stahlschnüre oder Ketten auf die Triebachsen übertrug durch Vermittlung isolierter Schnurscheiben oder Kettenräder. Der Mangel an Sonderkonstruktionen hinderte aber Werner Siemens nicht, im Bereiche seines Hauses das

Abb. 3. Entwurf einer Hochbahn in der Friedrichstraße mit Stromzuführung durch Schienen.

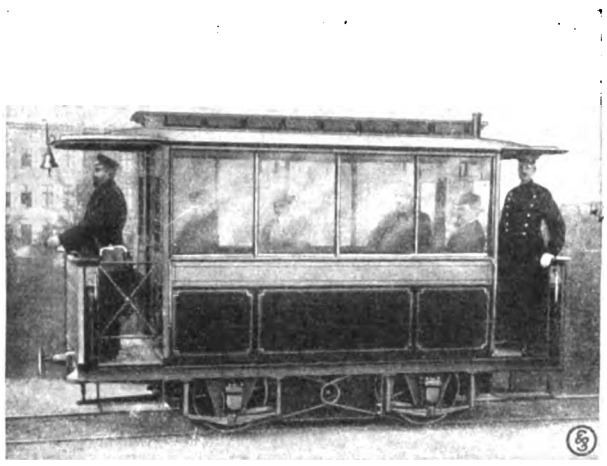


Abb. 4. Die erste elektrische Straßenbahn in Groß-Lichterfelde 1881.

Interesse sowohl dem Lokomotivbetrieb als auch dem Betriebe mit elektrischen Motorwagen zuzuwenden, um gleichzeitig mit der ersten Lokomotivbahn auch weitausschauende Pläne für eine elektrische Hochbahn zur Personenbeförderung in Berlin im Zuge der Friedrichstraße aufzustellen (Abb. 3). Heute sieht es wie ein Scherzbild aus, damals war es eine Tat, eine Konzession zu beantragen und zum Zwecke des Nachweises der Durchführbarkeit der Pläne in den nächsten Jahren eine elektrische Personenbahn in Lichterfelde bei Berlin ins Leben zu rufen.

Nach 1879 baute sodann das Haus Siemens & Halske auf Veranlassung seines Chefs

a) für Motorwagenbetrieb im Jahre 1881 zum Nachweis für die Möglichkeit einer elektrischen Hochbahn Berlin auf eigenem Bahnkörper die elektrische Personenbahn Berlin-Lichterfelde (Anhalter Bahnhof zur Kadettenanstalt) (Abb. 4), Fahrschienen-Fahrleitung, eine Schiene Hinleitung, die andere Rückleitung. Gleichstrom 180 V; 1881 eine elektrische Straßenbahn in Paris für die Ausstellung; 1882/85 mehrere Straßenbahnen mit der Spannung von 300 ... 350 V, u. zw. die Straßenbahn Charlottenburg nach Spandauer Bock, betrieben mit Doppel-Fahrleitung mit Schleppwägelchen (Abb. 5), ferner die Straßenbahnen Frankfurt a. M. bis Offenbach (Abb. 6), Doppel-Fahrleitung mit Schleppschiffchen in Schlitzröhren, betrieben bis 1907, und ebenso Wien-Mödling nach Vorderbrühl, betrieben bis 1903.

b) für Lokomotivbetrieb in den Jahren 1882 und 1883 die ersten elektrischen Grubenbahnen im Kohlenbergwerk Zauckerode in Sachsen und im Salzbergwerk Neu-Staßfurt (Abb. 7).

Obwohl die Ausführungen nach 1879 bereits wesentliche technische Fortschritte zeigten — höhere Gleichstromspannung bis 350 V, kräftigere Motoren (Abb. 8), elektrische Wendeschalter an den Motoren der Fahrzeuge in Gestalt von Bürstenumlegeeinrichtungen — und obwohl die Anlagen an sich ganz guten Dienst taten und

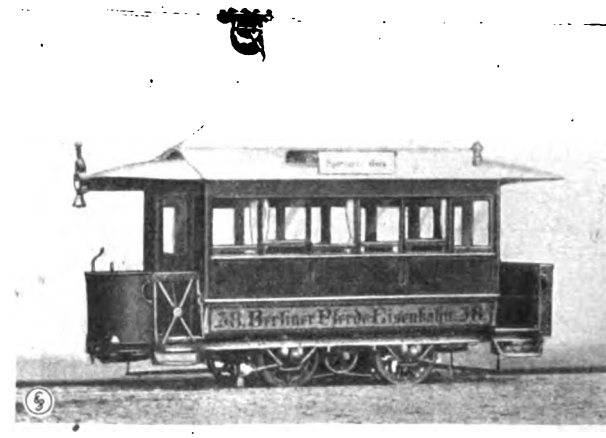


Abb. 5. Oberleitung mit Kontaktwagen der Straßenbahn Charlottenburg—Spandauer Bock.

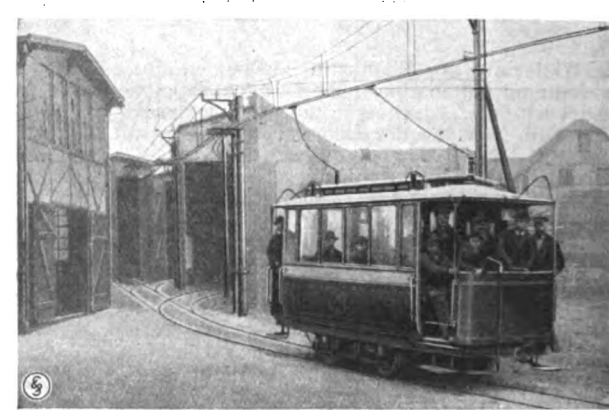


Abb. 6. Schlitzröhren-Oberleitung der Straßenbahn Frankfurt a. M.—Offenbach 1884.

betriebsfähig waren — die Lichterfelder Bahn verkehrte bis fast 2 h nachts —, so hatten doch die Fahrzeuge einen zu bescheidenen Fassungsraum, die Fahrschienenleitungen waren nur auf eigenem Bahnkörper verwendbar und die oberirdischen Fahrleitungen zu schwerfällig, als daß sie allgemeinen Anklang hätten finden können. Auch die Betriebsicherheit der Stromlieferung ließ zuzeiten zu wünschen übrig. Passierte draußen auf der Strecke ein Kurzschluß, dann bestand die selbsttätige Ausschaltung im Kraftwerk darin, daß der Riemen von der Riemenscheibe herunterflog und an die Wand des Maschinenhauses (Lokomobilen) sauste, so daß man die Schußrichtung stets mit Respekt und Eile queren mußte. Infolge dieser Unvollkommenheiten trat ein gewisser Stillstand der Entwicklung ein, der das erste Jahrzehnt anhielt und es sogar überdauerte. Es war eben doch notwendig geworden, Sonderkonstruktionen zu schaffen

A) für Fahrleitungen,

B) für die elektrischen Ausrüstungen der Fahrzeuge.

Digitized by Google

C) für die Stromerzeugungsanlagen, d. h. für die Schalt- und Maschinenanlagen der elektrischen Kraftwerke.

An die Verwirklichung der kühnen Pläne, eine Hochbahn elektrisch zu betreiben, war zunächst nicht zu denken, sondern an sie konnte eben erst dann, wie wir heute

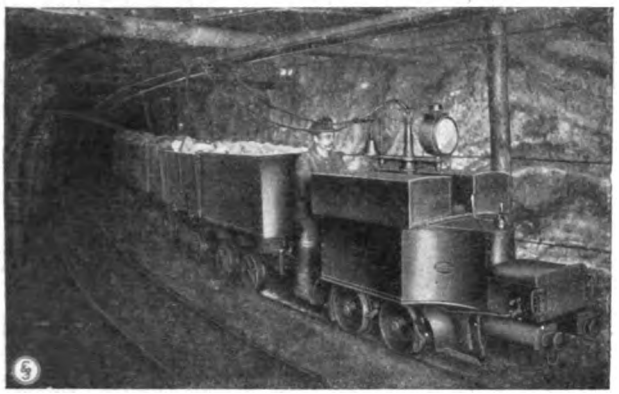


Abb. 7. Die erste elektrische Grubenlokomotive in Neu-Staßfurt 1883.

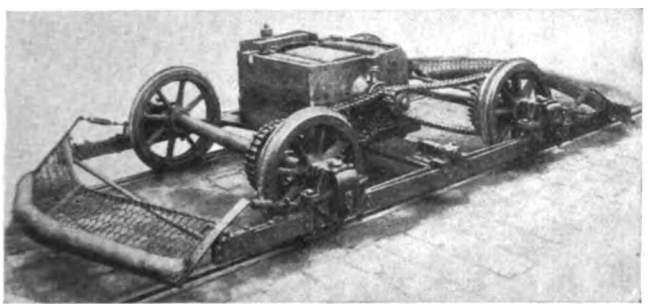


Abb. 8. Wagenuntergestell, Motor alter Bauart mit doppeltem Kettenantrieb der Achsen.

überschen, ernsthaft herangetreten werden, wenn die geforderte gewaltige Entwicklung aller Einzelheiten solcher elektrischen Anlagen durchgemacht war. Diese läßt sich zahlenmäßig am besten daran überschauen, daß diese Entwicklung von der elektrischen Ausrüstung eines Einzelfahrzeuges von etwa 10 kW Anfahrleistung zu derjenigen der Ausrüstung eines Wagenzuges von rd. 500 kW Anfahrleistung vorwärtsschreiten mußte, einer Ausrüstung, wie sie etwa 20 Jahre später an der Schwelle des neuen Jahrhunderts für die Inbetriebsetzung der elektrischen Hoch- und Untergrundbahn in Berlin für einen Vierwagenzug sich als nötig erweisen sollte.

Die Anforderungen auf Verbesserung und Entfaltung waren eben nicht mit Siebenmeilenstiefeln zu bewältigen und insofern unterlag die ganze Entwicklung einer gewissen unerbittlichen Logik des Aufeinanderbauens jeder folgenden Ausführung auf der jeweils vorausgegangenen, das eine gewisse Zeit kostete. Sie betraf wohl in erster Linie die Fahrzeuge und elektrische Ausrüstung, deren Ausbildung für die elektrischen Bahnen stets das Entscheidende war und ist, aber sie mußte sich zeitlich zu allererst auf die Ausgestaltung der Fahrleitungen und Speiseleitungen sowie der zugehörigen Schaltanlagen in den Kraftwerken erstrecken.

So setzte denn im zweiten Jahrzehnt der elektrischen Bahn zunächst

A) die Ära der Ausbildung von Sonderkonstruktionen guter Fahrleitungen

ein. Zuerst versuchte man die Aufgabe verbesserter Stromzuführung dadurch zu lösen, daß man für Straßenbahnen in Städten Systeme von Winkeleisenschienen als doppelpolige Fahrleitungen in Kanälen unmittelbar unter der Straßenoberfläche einbaute, wie solche in Budapest im Jahre 1888 für Betriebspannung von 300 V erstmalig in Gestalt von Winkeleisen hergestellt wurden und 1889 in Betrieb kamen (Abb. 9). Das war vom heutigen Standpunkte aus betrachtet deshalb ein Irrweg, weil die Anlagen sehr teuer wurden, infolge von Verunreinigung durch Straßenschmutz, Regen, Schnee und Eis viel Unterhaltung erforderten und trotzdem dabei bis zu einem gewissen Grade unsicher waren und blieben. Die Unterleitungen konnten sich infolgedessen als Stromzuführung für Straßenbahnen nicht halten, trotzdem sie später mit großer Mühe für 550 V zu einem gewissen Grade von

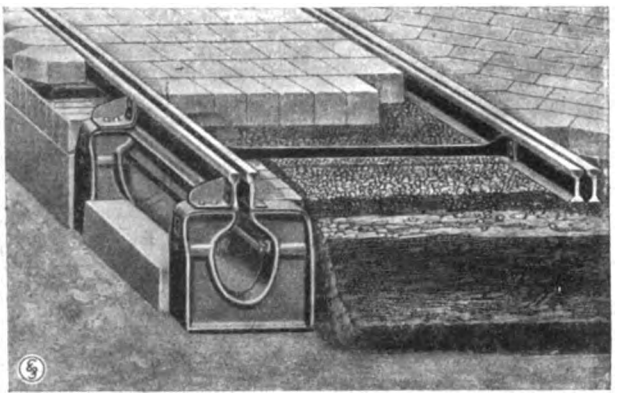


Abb. 9. Unterirdische Stromzuführung 1889.

Vollkommenheit auch in Berlin und Dresden gebracht wurden, sogar mit Übergang zu oberirdischer Fahrleitung und umgekehrt. Diese Stromzuleitung erhielt keine große Ausdehnung und wurde bald durch die andere Art der sog. oberirdischen Fahrleitung verdrängt und ersetzt, aber — und hier muß ich etwas vorgreifen — sie bildete neben der ersten Fahrleitung vom Jahre 1879 gewissermaßen den gedanklichen Erreger für die spätere Ausbildung einer noch anderen Art der Fahrleitung, die darin bestand, daß für Klein- und Vorortbahnen mit eigenem Bahnkörper dicht neben den Fahrschienen und etwas höher als diese auf den Schwellen gelagert starke Stromzuführungschienen, einpolig, gut isoliert verlegt wurden, von denen der Strom mittels Gleitschuhes abgenommen wurde, wobei die Stromrückleitung durch die Fahrschienen erfolgte. Diese Fahrleitung wurde etwa 10 Jahre später ganz allgemein Fahrleitung mit dritter Schiene genannt und in Berlin zum ersten Male für 750 V Gleichstrom bei dem Probezug der Wannseebahn

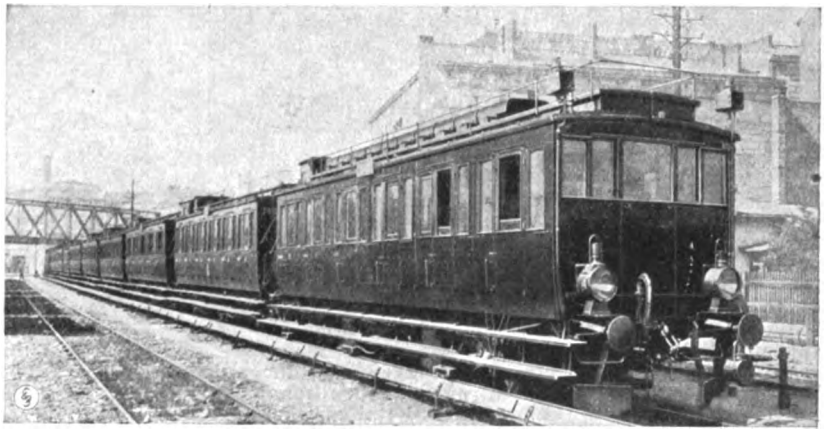


Abb. 10. Fahrleitung mit „dritter Schiene" und Probezug auf der Wannseebahn 1900/01.

1900/01 (Abb. 10) und bei der Berliner elektrischen Hoch- und Untergrundbahn angewendet.

War somit einerseits eine Vorbereitung zu einer brauchbaren Gleichstrom-Fahrleitung für die starken Ströme der Vorortbahnen mit eigenem Bahnkörper eingeleitet, so verlangte doch anderseits der elektrische Betrieb der Straßenbahnen gebieterisch eine Verbesserung der oberirdischen Fahrleitung. Mit dem Entwurf einer solchen hatte ich mich Ende 1889 zu beschäftigen und diese

Digitized by Google

Fahrleitung wurde erstmalig 1889 nach meinen eigenen Konstruktionen als Bügelfahrleitung zur Ausführung gebracht und 1890 in Betrieb gesetzt (Abb. 11)[1].

Mangels vorliegender Erfahrung waren von mir zunächst 2 Bügel vorgesehen, um ein Funken zu verhindern und genügend Stromübergang zu sichern. Bald ging ich dazu über, die Drehachse unmittelbar über dem Dache zu lagern und so auch größere Höhendifferenzen der Fahrleitung bei Lage im Tunnel und auf freier Strecke zu

Abb. 11. Lichterfelder Straßenbahnwagen von 1890 mit zwei Bügel-Stromabnehmern.

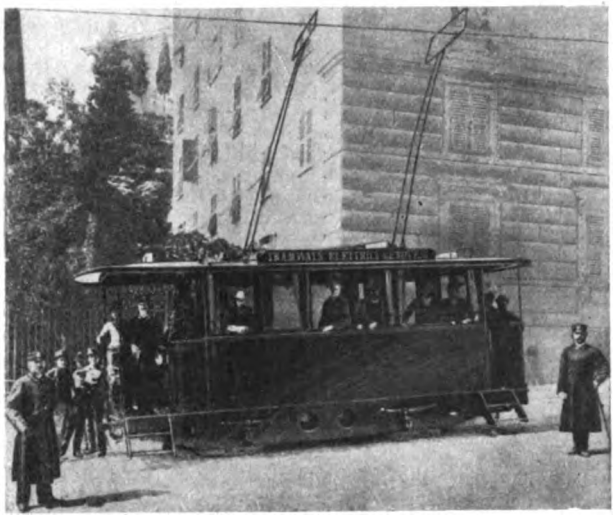


Abb. 12. Straßenbahn in Genua 1892.

überwinden. Die Bügel bestanden aus verzinntem Stahldraht, Messingdraht, hartgezogenem Kupferdraht oder irgendeinem Metallblech und sollten an der im Zickzack aufgehängten Fahrleitung entlangschleifen, dabei dauernd 100 A je Bügel aufnehmen können, so daß bei 500 V im ganzen bereits die beachtenswerte Leistung von 100 kW bei sehr geringer Abnutzung des Bügels von der Fahrleitung auf das Fahrzeug übertragen werden konnte, was für eine erste Straßenbahn Genua (Italien) bei 500 V 1891 zugrunde gelegt wurde und vollkommen sicher schien. Diese Straßenbahn kam 1892/93 in Betrieb, nachdem wegen der Prozessionen die Fahrleitung von 5,5 m Höhe auf 7 m Höhe über Schienenoberkante, also um 1,5 m höher gelegt worden war (Abb. 12).

Mit der Erfindung des nichtentgleisenden Bügels im Jahre 1889 war der Anfang einer Entwicklung gegeben, die in der Folgezeit eine große Reihe aller möglichen Ausführungen, angefangen vom einfachen Straßenbahnbügel und einfacher normaler Fahrleitung (Abb. 13 u. 14) bis zum schweren Scherenbügel (Abb. 14) und Vielfachaufhängung zeitigte und für alle Spannungen, Geschwindigkeiten und Energiemengen geeignet schien. Daher konnte diese nach allen möglichen Richtungen wandlungs- und anpassungsfähige Konstruktion gegenüber der von Amerika herübergekommenen Rollenkonstruktion mit allem Nachdruck von Siemens & Halske verteidigt werden und sich endgültig als die Stromabnehmerkonstruktion durchsetzen, die bald auch im gesamten Auslande angewendet wurde. In Amerika nannte man sie 1900 Pantograph; dieser bietet bei Doppelfahrleitung und 2 Doppelbügeln 8 Kontaktstellen zu je 250 A, also insgesamt 2000 A, bewältigt also bei 3000 V rd. 6000 kW Stromabnahme (Abb. 16).

Durch die Ausbildung der Fahrleitung nach 2 Richtungen, u. zw.

1. von oberirdisch verlegten Fahrdrähten für immer höhere Spannungen und
2. von dritter Schiene für große Ströme bei Gleichspannungen bis 1000 V

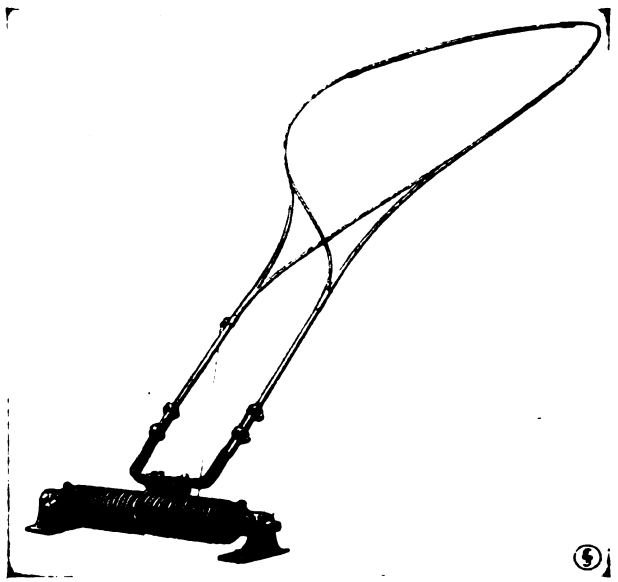


Abb. 13. Der normale Bügel-Stromabnehmer um das Jahr 1900.

Abb. 14. Bügel-Oberleitung, 500 ... 550 V, in Berlin 1896.

waren die für den elektrischen Bahnbetrieb notwendigen Sonderkonstruktionen in Richtung „A) Fahrleitungen" hiermit im wesentlichen bis zum Ablauf des alten Jahrhunderts geschaffen.

Was nun die Entwicklung der elektrischen Ausrüstung der Fahrzeuge anlangt, so war allerdings am Beginn desselben schon mit dem Auftauchen der oberirdischen Fahrleitung und des Bügels Anfang der 90er Jahre grundsätzlich nach jeder Richtung und für jede Stromart der Weg geebnet, und es bedurfte zunächst zur Erzielung größerer Leistungen nur noch des kleinen

[1] Vgl. hierüber Reichel „Eisenbahnwesen 1924", Sonderausgabe der VDI-Z.; Wortlaut am Schlusse dieses Vortrages.

Digitized by Google

Sprunges, daß 1891/92 die Fahrdrahtspannung aus Gründen der besseren Energieübertragung in den Fahrleitungen auf 500 ... 550 V heraufgesetzt wurde, was lange Zeit eine feststehende, übliche Spannung blieb. Alsbald nach 1892 setzten auch verstärkte Bemühungen ein.

B) Sonderkonstruktionen für die elektrischen Fahrzeuge

zu schaffen. Bei den ersten elektrischen Straßenbahnen in Deutschland mußten wir bei Siemens & Halske für die zweiachsigen Motorwagen noch einen einzigen Motor nehmen und auch von der alten Art der isolierten Aufhän-

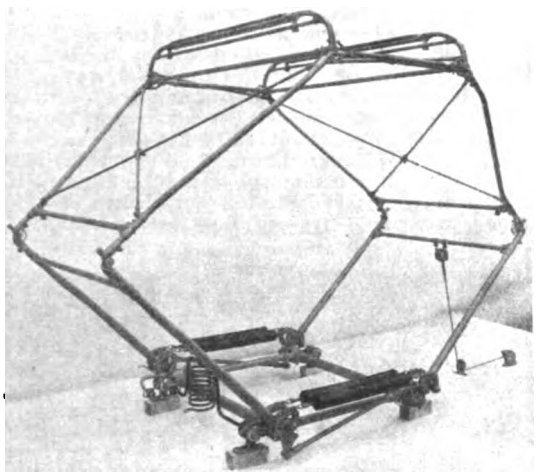


Abb. 15. Scheren-Stromabnehmer mit 2 Bügeln für hohe Stromstärken.

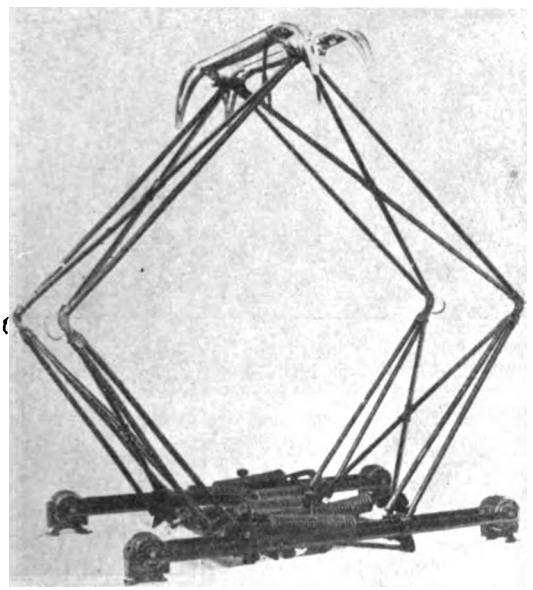


Abb. 16. Scheren-Stromabnehmer amerikanischer Bauart für hohe Stromstärken.

gung auf einem Sondergestell Gebrauch machen, wobei das Drehmoment des Motors mit Hilfe von Kettenantrieb nach den Triebachsen zu übertragen war (Abb. 17). — Motorwagen dieser Art fanden bei den Inbetriebsetzungen im Jahre 1893 der Bahnen Dresden, Hannover, Wien u. a. m. Verwendung. Gleichzeitig wurde aber auch zur Verwendung gegossener Gehäuse angesetzt. Den ersten Übergang zur

a) Ausgestaltung dieser Sonderkonstruktion der Motoren, die später auch für andre rauhe Betriebe (Hebezeuge, Rollgänge usw.) benutzt wurde, bildete die Anordnung für die elektrischen Motorwagen der italienischen Bahn in Genua, für welche ich selbst seinerzeit die ersten Entwürfe im Jahre 1891/92 aufzustellen hatte. Bei diesem Motorwagen (Abb. 18) wurden für jede Triebachse je ein Motor, für den zweiachsigen Wagen also zwei Motoren verwendet. Jeder derselben bestand aus einem zweipoligen Magnetgestell aus Gußeisen (!), welches durch zwei seitlich angebrachte Traversen isoliert mit einem Schneckenradgehäuse verbunden war und außerdem die Lagerung für den Ringanker enthielt (Abb. 19). Das Drehmoment wurde mittels einer isolierten Lederkupplung vom Anker auf die Schnecke übertragen. Der Motor wurde damals in der Erstlingsausführung mit Gußeisengehäuse vom Werk als die allerneueste Errungenschaft der Elektrotechnik präsentiert. Er hat zwar seine Arbeit „schön funkend" geleistet, hat aber, wie sich denken läßt, keine Nachfolger gehabt, sondern ist sofort von Motoren mit Stahlgußgehäuse in den folgenden Jahren verdrängt worden, wie ja nicht anders zu erwarten war. Bei den Genueser Motoren war noch die isolierte Aufhängung notwendig gewesen, um die erforderliche Isolation der Wicklung und des Kommutators gegen die Spannung von 500 V aufrechtzuerhalten (bei den nächsten Bahnen war das Gehäuse bereits geerdet). Die Art der Übertragung des Drehmomentes mit dreigängiger rückläufiger Schnecke und Schneckenrad bewährte sich ganz vorzüglich, hatte einen Wirkungsgrad von 85 ... 90 % und das Getriebe lief vollständig geräuschlos. Neuerdings, nach über 30 Jahren, sind in der letzten Zeit von verschiedenen Seiten Wünsche nach einem solchen Schneckengetriebe laut geworden (Abb. 20), das natürlich heute unter den geänderten Verhältnissen bei Verwendung von Rollen- und Kugellagern wesentlich bessere Aussichten auf Weiterbenutzung hat, weil der Wirkungsgrad noch wesentlich heraufgesetzt werden konnte.

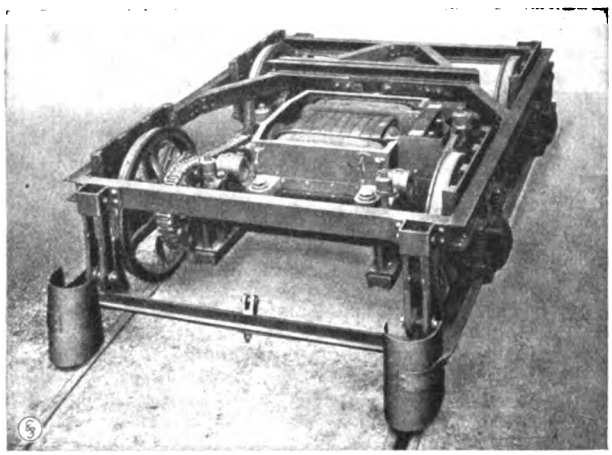


Abb. 17. Untergestell mit Motor alter Bauart mit Kettenantrieb einer Achse.

Auch diese Art der Aufhängung wurde, weil zu schwer und zu sperrig, 1894 verlassen, von Gußeisen wurde auf Stahlguß umgeschaltet, und die nächsten Ausführungen in den Jahren 1894/96 zeigten bereits die auch heute noch übliche Ausführung der Tatzlagermotoren mit aus Stahlguß bestehendem Gehäuse. Die Wandstärke des Gehäuses wurde nicht nur nach Gesichtspunkten der Festigkeit, sondern auch zum Zwecke der Leitung der Magnetkraftlinien groß genug gewählt. Das Gehäuse gab im Innern Raum für die Unterbringung der Polwicklungen, trug auch die Polansätze und besaß ferner die Ansätze für die Ankerlager und die Tatzlager, mittels deren es auf der Triebachse aufgelagert werden konnte, während es auf der den Tatzlagern abgewendeten Seite am Untergestell meist mit einer Federanordnung aufgehängt wurde. Der ganze Motor bekam dadurch eine außerordentlich gedrungene Gestalt und war gleichzeitig ein vollkommen gegen Staub, Schnee und Nässe geschützter Motor, dessen Dauerleistung allerdings infolge der Kapselung gegenüber den offenen ortsfesten Motoren erheblich zurückgesetzt werden mußte. Die Gehäuse waren entweder schräg oder horizontal geteilt und aufklappbar eingerichtet zu dem Zwecke der leichteren Reparaturfähigkeit und des Ausbaues der Anker (Abb. 21). Die Folge dieser Bauart war natürlich die, daß jede Triebachse von einem Motor angetrieben werden konnte, ein zweiachsiger Motorwagen für Straßenbahnen also mit zwei Motoren versehen wurde, deren jeder zuerst 25 PS Stundenleistung hatte.

Als besonders bemerkenswerte Leistung in bezug auf den Bau solcher Motoren kann auf die Herstellung der

Digitized by Google

85pferdigen Nebenschlußmotoren von Siemens & Halske hingewiesen werden, mit denen S & H im Jahre 1894 die Motorwagen für die Barmer Zahnradstrecke von 185 ‰ Höchststeigung ausgerüstet hat (Abb. 22). Diese Maschinen dienten bei der Bergfahrt als Motoren und ohne

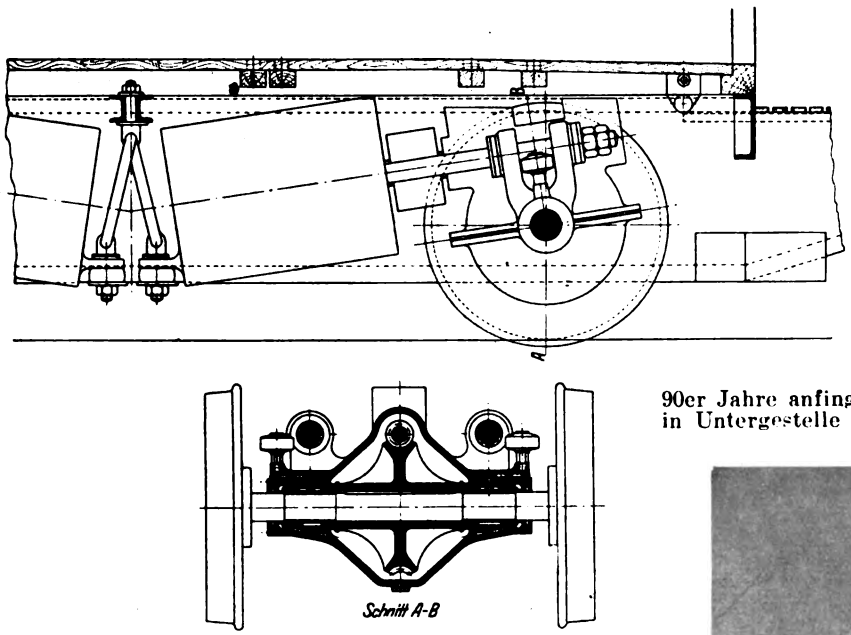


Abb. 18. Straßenbahnwagen Genua 1892; zwei Motoren, Schneckengetriebe.

Umschaltung bei der Talfahrt als Generatoren zur Stromrückgewinnung, indem sie bremsend wirkten und den Wagen auf gleichmäßiger Geschwindigkeit bei der Talfahrt hielten. Ich erwähne diese Ausführung an dieser Stelle nur deshalb, um zu zeigen, daß man für den Betrieb elektrischer Bahnen auch die Verwendung von Nebenschlußmotoren nicht nur ins Auge gefaßt sondern auch da zur Anwendung gebracht hatte, wo sie am Platze waren. Später ist vielfach die Lösung der Aufgabe der Ver-

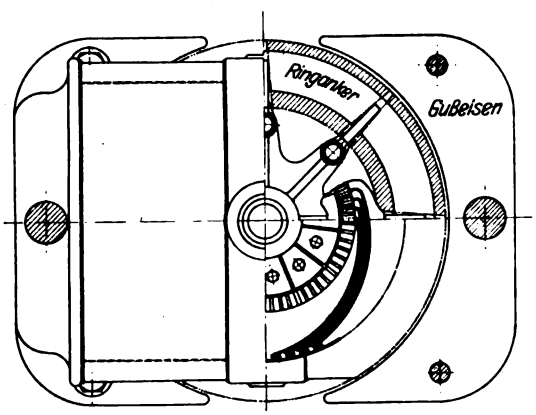


Abb. 19. Motor des Wagens Genua 1892.

wendung von Nebenschlußmotoren für ganze Züge versucht worden, doch scheiterten die Bemühungen immer daran, daß es außerordentlich schwierig war, mehrere Motoren im Zuge mit gleich hohem Strom parallel arbeiten zu lassen. Hier bei der Barmer Bergbahn dagegen und später bei der Filderbahn bei Stuttgart war der Antrieb mit Nebenschlußmotoren durchaus am Platze.

Mit der Bauart der geschlossenen Motoren (zuerst ohne Wendepole) setzte in den darauffolgenden Jahren eine ziemlich schnelle Entwicklung der Motorwagen ein. So z. B. konnte ich in den Jahren 1894/95 die Herstellung der Wagen für den Umbau der elektrischen Straßenbahn Groß-Lichterfelde — Steglitz — Lankwitz — Südende nebst Umbau der ganzen Fahrleitungen für 500 V durchführen und weiter im Jahre 1895/96 den Bau von Strecke und Wagen für Erstausführung in Berlin so fördern, daß im März 1896 die erste Berliner elektrische Straßenbahn wiederum für eine Berliner Gewerbeausstellung von der Behrenstraße nach Treptow in Betrieb genommen werden konnte (17 Jahre nach 1879). Die ersten zweiachsigen Motorwagen, die mit Stahlgußmotoren ausgerüstet wurden, wiesen noch Mängel im Fahrzeugteil auf, die bei dem Übergang von der Pferdebahn zur Straßenbahntype unausbleiblich waren, da diese Wagen aus Holz hergestellt waren. Dieser Mangel wurde aber bald erkannt. Der Elektroingenieur versuchte ihn dadurch zu beheben, daß er beschloß, sich in die mechanische Ausgestaltung des Motorwagens, also in den Wagenteil, einzuarbeiten. Auch hier in diesem Zweige der Anwendung elektrischen Antriebes zeigte sich wie an vielen andern Stellen, daß das richtige Zusammengliedern des elektrischen und mechanischen Teils eine Notwendigkeit war und gute Erfolge nur dadurch zu erzielen waren, daß der elektrische Teil dem mechanischen und der mechanische Teil dem elektrischen angepaßt wurden. Ein ganz entschiedener Erfolg und Fortschritt wurde nur dadurch erzielt, daß man Mitte der 90er Jahre anfing, grundsätzlich den Einbau der Motoren in Untergestelle zu betreiben, das Untergestell von dem

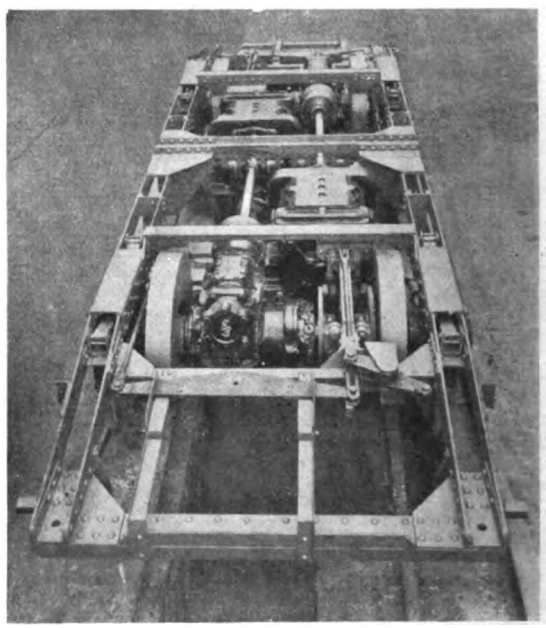


Abb. 20. Straßenbahnuntergestell neuester Bauart; zwei Motoren, Schneckengetriebe.

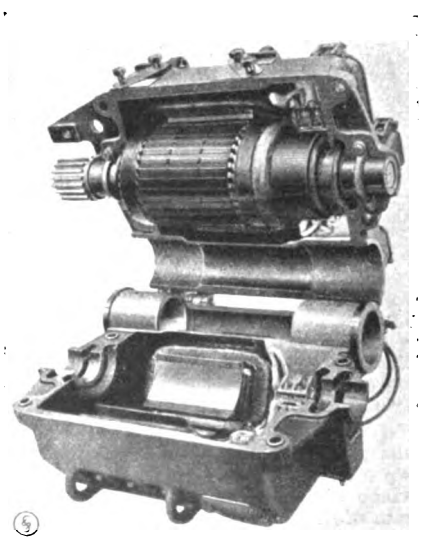


Abb. 21. 4poliger Motor mit geteiltem Gehäuse.

Digitized by Google

Wagenkasten zu trennen und sowohl das Untergestell möglichst leicht und doch fest zur Aufnahme der Motoren gut geeignet durchzubilden als auch beim Wagenkasten ebenfalls die alte Holzkonstruktion durch Eisenkonstruktion mit vom einen bis zum andern Kastenende durchlaufenden eisernen Profilträgern zu ersetzen. Damals war das ein verhältnismäßig mühsamer Weg, der viel Arbeit an Einzelheiten verursachte und viel Verhandlungstätigkeit mit Waggonfabriken kostete, was nicht immer ohne Kampf abging. Der endgültige volle Erfolg trug u. a. die Früchte, daß man später mit gewisser Sicherheit an die weit schwerer lösbaren Aufgaben herangehen konnte, die größeren Wagen für Überlandbahnen und für Stadtschnellbahnen auszugestalten. Die Entwicklung der geänderten Bauart während der Jahre 1896/98 sorgte auch für ein besseres Aussehen und war um die Wende des Jahrhunderts bis zur fast feststehenden Bauform gediehen, die auch heute noch als mustergültig angesehen werden kann, insbesondere gekennzeichnet durch die Wagen der Straßenbahnen Bochum, Wien, Darmstadt, Hagen, Kassel, Turin (1897/98), Frankfurt a. M., Köln, Haarlem, Moskau, Gladbach, Berlin u. a. (1899/1900) (Abb. 23).

Die Erfolge mit elektrischen Bahnen ganz allgemein, welche zuerst in Budapest erzielt wurden — es sei erinnert an die Inbetriebsetzung der Strecken mit unterirdischer Stromzuführung im Jahre 1889 und die weiteren Erfolge in Genua, Hannover, Dresden, Barmen u. a. m. — gaben auch Veranlassung dazu, daß das Haus Siemens & Halske zur Verwirklichung der Pläne, Hoch- und Untergrundbahnen zu bauen, eine Gelegenheit zum Bauen einer ersten Untergrundbahn ergriff, die sich in Budapest bot. Die Strecke war zwar nur 3,7 km lang und die Bahn war als Unterpflasterbahn zu bauen, aber, 1896 in Betrieb gesetzt, war sie doch ein guter Vorläufer und Erstling für spätere Ausführungen. Entsprechend der damaligen Zeit war eine doppelpolige Oberleitung von nur 320 V Spannung vorgesehen, jedes Drehgestell der Motorwagen (Abb. 24) war mit einem rd. 30pferdigen, auf der Achse sitzenden Motor mit schräger Teilfuge ausgerüstet (Abb. 25), die Motorwagen verkehrten mit einer Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h. Die ganze Ausgestaltung des Wagens war natürlich wenig vorteilhaft, primitiv gewaltsam und nicht nachahmenswert, jedoch durch die damaligen Verhältnisse begründet.

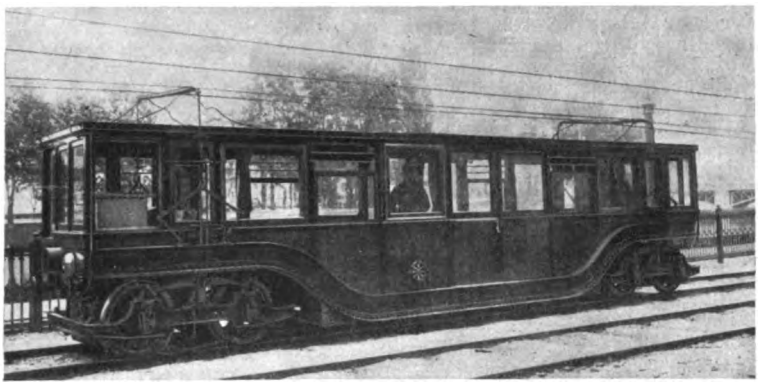


Abb. 24. Motorwagen der Untergrundbahn Budapest.

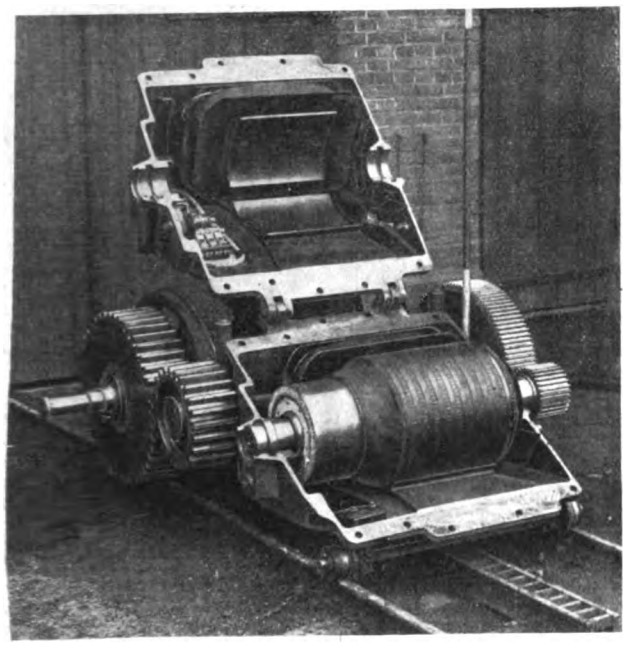


Abb. 22. Motor der Barmer Bergbahn 1894; schräge Teilfuge, doppelte Zahnradübersetzung.

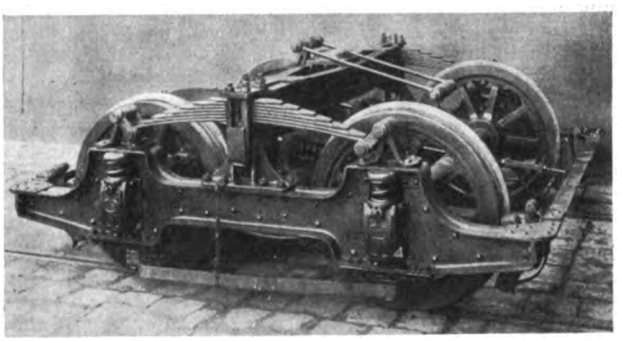


Abb. 25. Drehgestell des Untergrundbahnwagens Budapest; Motor auf der Achse.

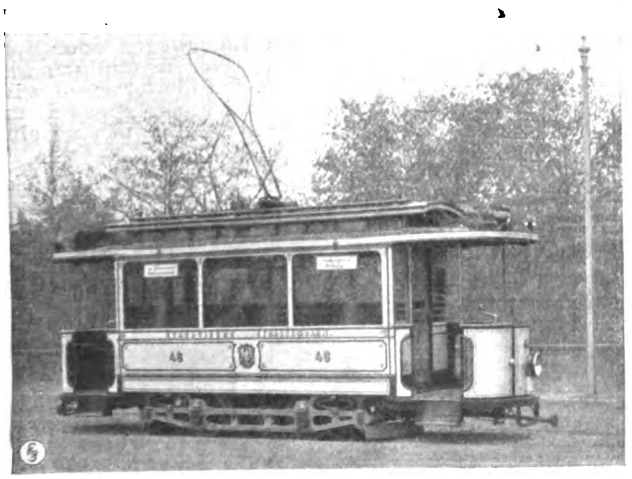


Abb. 23 Normaler Straßenbahnwagen um das Jahr 1900.

Die gleichen Bemühungen, den wagenbautechnischen Teil in mechanischer Hinsicht und für bestmögliche Anbringung der elektrischen Ausrüstung zu beeinflussen unter gleichzeitiger Berücksichtigung einer Rückwirkung auf den elektrischen Teil, wurden nicht nur für die zweiachsigen Motorwagen zur Geltung gebracht, sondern auch auf die weit größeren Wagen ausgedehnt, wie sie zum ersten Male für Überlandbahnen für die Strecke von Düsseldorf nach Krefeld (600 V, in Betrieb gesetzt im Jahre 1898) als vierachsige Wagen mit Drehgestellen entwickelt werden mußten. Die Ausgestaltung der Drehgestelle unterlag dem bestimmten Zwange durch Gewicht und Leistung der 60pferdigen Motoren und deren Raumbedarf, und es mußten die Teile der elektrischen Ausrüstung — die Anfahrwiderstände, Kabel, Fahrschalter, Luftpresser u. dgl. — im Wagenkasten untergebracht werden. Die Erfüllung der Grundbedingungen für diese Wagen, welche mit Geschwindigkeiten bis 50 km/h gefahren werden konnten, bildete in ihrer Bauart (Abb. 26) ebenfalls eine Vorstudie für die spätere Berliner Hoch- und Untergrundbahn.

Gleichzeitig mit der Durcharbeitung der Motoren mußte auch die Entwicklung

Digitized by Google

b) der Sonderkonstruktionen für die Schaltausrüstung durchgeführt werden. Nachdem einmal erkannt war, daß der Wechsel der Fahrrichtung durch elektrische Umschaltung der Anker oder Magnetwicklungen bewirkt werden kann, setzten bereits Anfang der 90er Jahre die Arbeiten ein, die Anlaßvorrichtungen für die Motoren als Fahrschalter durchzubilden und die Anlaßwiderstände so auszugestalten, daß man sie in beliebiger Gestalt unterhalb des Wagenkastens oder auf dem Dache des Wagens unterteilt in einzelne Widerstandskästen unterbringen konnte. Nach den ersten

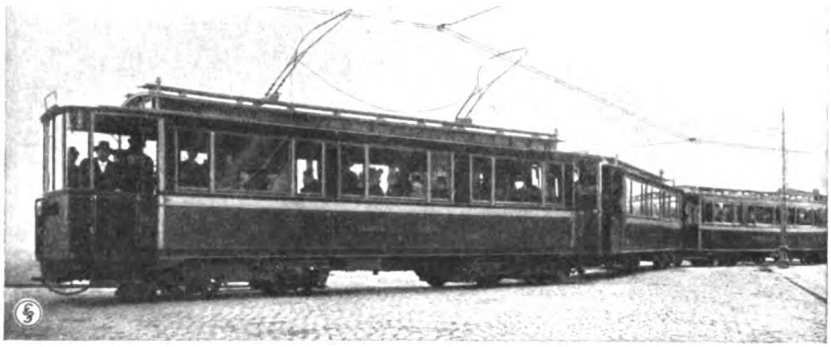


Abb. 26. Wagenzug der Überlandbahn Düsseldorf—Krefeld 1898.

schüchternen Versuchen, die Fahrschalter als scheibenförmige Flachschalter mit horizontaler Achse auszubilden, ging man bald in den Jahren 1894/96 dazu über, die Achsen der Schaltwalzen senkrecht zu stellen und eine Bewegung der Fahrkurbel im horizontalen Kreisbogen auszuführen, wodurch man zu dem heute allgemein verwendeten Typ der Fahrschalter (Kontroler) gelangte. Bei diesem wurde sehr bald die Einstellung der Fahrrichtung durch die kleine Walze und das Anlassen der Motoren mit Widerständen sowie Hintereinander- und Parallelschaltung mit der großen Walze bewirkt. Ab Mitte der 90er Jahre wird dies feststehende Bauart (Abb. 27).

Es blieb nunmehr nur noch übrig, zwischen den Stromabnehmern und Fahrschaltern sowie von diesen zu den Widerständen und Motoren die erforderlichen Leitungsverbindungen herzustellen, wobei auch wieder auf die betreffende Ausbildung des Wagenteils Einfluß zu nehmen war. Außerdem waren die erforderlichen Sicherheitseinrichtungen gegen Stromüberlastung in Gestalt einer Wagensicherung, eines Notausschalters oder des selbsttätigen Starkstromausschalters sowie eines Wagenblitzableiters zu schaffen. Auch diese Apparate verdanken ihre Entstehung der zweiten Hälfte der 90er Jahre.

Die

c) Sonderkonstruktionen der Nebenstromkreise zu finden, d. h. die elektrische Beleuchtung der Wagen herzustellen, die Steuerung der Druckluft für Bremsung der Motorwagen durchzuführen u. a. m. und die betreffenden Stromkreise zu bilden, verursachte im Vergleich zu den andern Arbeiten nunmehr keine sonderliche Mühe, da man nun einmal in der Richtung robuster Eisenbahnkonstruktionen sich bewegte. Man mußte fast mehr sich auf Erzielung einer guten Lichtwirkung und gut aussehender Beleuchtungskörper einstellen als auf Überwindung elektrotechnischer Schwierigkeiten.

Daß bei Zügen, bestehend aus mehreren Wagen, insbesondere den größeren vierachsigen Wagen, eine Druckluftbremse erforderlich war, für welche einerseits die mechanischen Teile in das Drehgestell einzubauen waren, anderseits wiederum die Druckluft mit Hilfe von elektrisch angetriebenen Luftpressern zu erzeugen war, ist ebenfalls eine Nebenerscheinung, deren Überwindung die sonstige Gestaltung des elektrischen Antriebes nicht beeinflußte. Nur wurde die Handhabung der Luftpresser so vorgesehen, daß der Luftpresser mittels Handschalters von dem jeweiligen Führerstand eingeschaltet bzw. nach Erzielung des Drucks auf Pfeifsignal abgeschaltet werden konnte. Im Betriebe erkannte man dann bald, daß dem Führer diese primitive Handhabung abgenommen

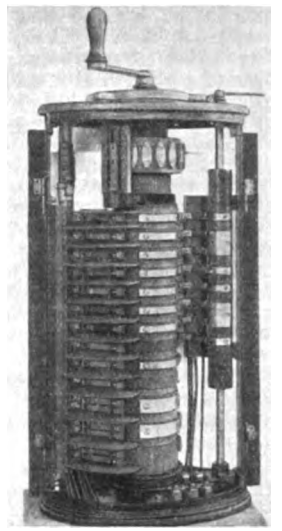


Abb. 27. Fahrschalter 1895.

werden müsse, und begann vom Luftdruck abhängige mechanisch-elektrische Pumpenschalter zu studieren, die bei niedrigem Druck den Luftpresser selbsttätig einschalteten und auch wiederum bei erhöhtem Druck sich selbsttätig abschalteten, wenn die erforderliche Luftmenge auf den Luftdruck gebracht war (Abb. 28). Aber die Vorstudien bei den ersten größeren elektrischen Zügen waren in der erstgeschilderten Form notwendig gewesen, um den Luftpresser mit dem dazugehörigen Handschalter und dem selbsttätigen Schalter unterzubringen und die erforderlichen Verbindungsleitungen zu schaffen, was aber unabhängig von der eigentlichen Schaltausrüstung vorgenommen werden konnte. Variationen der Nebeneinrichtungen konnten natürlich immer in allen möglichen Abarten auftreten, aber sie konnten jedenfalls kein ernstliches Hindernis bei der Gestaltung der Fahrzeuge bilden, gleichgültig ob diese als Motorwagen oder Lokomotiven auszuführen waren. Auf die letzteren will ich hier aus Mangel an Raum nicht näher eingehen.

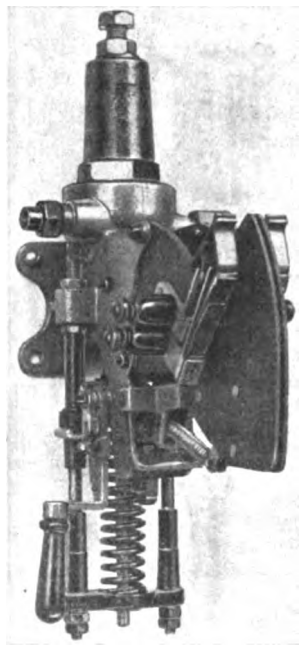


Abb. 28. Selbsttätiger Pumpenschalter 1898.

Die gesamte Entwicklung der elektrischen Ausrüstungen im zweiten Jahrzehnt der elektrischen Bahnen war eine derartige, daß Fahrleitungen für mehrere 1000 km Gleis und Tausende von Motorwagen für Straßen- und Kleinbahnen bis zum Anfang des neuen Jahrhunderts geliefert und in Betrieb gesetzt waren.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs*.

Von Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. **E. Feyerabend**, Berlin.

Um die Zeit der Gründung des Elektrotechnischen Vereins hatte die elektrische Telegraphie in Deutschland, damals die einzige Vertreterin des Schnellnachrichtenverkehrs, bereits ein Alter von mehr als 30 Jahren erreicht. Im Betriebe wurden 1879 verwendet fast 10 000 Morseapparate, 177 Typendrucker von Hughes und 314 schon veraltete Siemenssche Zeigertelegraphen. Hinzuzurechnen sind noch 1471 Fernsprecher, die bereits zwei Jahre nach der Erfindung des Bellschen Telephons bei uns zur Übermittlung von Telegrammen zwischen den Städten und kleinen Landorten benutzt wurden. Das deutsche Leitungsnetz hatte zu jener Zeit den stattlichen Umfang von rd. 239 000 km Leitungen. Davon gehörten über 25 000 km zu dem 1876 begonnenen großen unterirdischen Telegraphenkabelnetz, dessen Gesamtlänge Ende 1879 3667 km betrug. Mit Hilfe dieser Einrichtungen wurden in Deutschland im Jahre 1879 14,9 Mill Telegramme befördert.

Blicken wir über die Grenzen unseres Vaterlandes hinaus, so können wir feststellen, daß die Telegraphie auch in den übrigen Kulturländern schon einen ähnlichen Stand erreicht hatte und daß auch der elektrische Schnellnachrichtenverkehr der Länder untereinander sich in international geregelten Formen betriebsicher abspielte. Mehr als 12 000 Seemeilen Unterseekabel überbrückten die Meere. In den V. S. Amerika war auch der Fernsprecher bereits in den Dienst des heute üblichen öffentlichen Fernsprechverkehrs gestellt.

Vergleicht man damit den Stand der Entwicklung, den die heute unter dem Sammelbegriff „Starkstromtechnik" zusammengefaßte Anwendung der Elektrizität um die Geburtstunde des Elektrotechnischen Vereins erreicht hatte — der Bau von Dynamomaschinen, die elektrische Beleuchtung, die Kraftübertragung steckten noch in den Kinderschuhen —, dann kann man Werner v. Siemens nicht Unrecht geben, wenn er in seinem Brief an den Generalpostmeister Stephan, in dem er dessen Mitwirkung für die Gründung eines „Deutschen Vereins für Elektrotechnik" erbat, von der Telegraphie sagte, daß sie schon „in etwas ruhigere Fortschrittsbahnen eingelenkt sei und das aristokratisch-konservative Element der Elektrotechnik repräsentiere".

Es sei nun ein flüchtiges Bild des elektrischen Schnellnachrichtenverkehrs entworfen, wie es sich heute, 50 Jahre später, darstellt. Versetzen wir uns zu diesem Zweck in die Rolle eines Geschäftsmannes in Berlin, dessen Interessen die Welt umspannen und der in Betreuung dieser Interessen gewohnt ist, sich alle zu Gebote stehenden Mittel des Schnellnachrichtenverkehrs nutzbar zu machen. Er empfängt am Morgen einen Teil seiner Korrespondenz in Gestalt von Brieftelegrammen, Kabel- oder Funkbriefen, die am Abend vorher zu einem Drittel der normalen Gebühren in fast allen Teilen der Welt aufgegeben worden sind. Eiligere Nachrichten erreichen ihn als vollbezahlte Telegramme innerhalb von höchstens Stundenfrist. Besonders dringende Nachrichten gelangen als Blitztelegramme zu erhöhten Gebühren mit Vorrang vor allen anderen Telegrammen innerhalb weniger Minuten an ihr Ziel. Um seine Dispositionen zu treffen, kann er sich mittels Fernsprechers innerhalb von Sekunden auf dem Wege des Sofort- und Schnellverkehrs mit mehr als ½ Mill Sprechstellen in Berlin und dessen weiterer Umgebung in Verbindung setzen; er kann weitere 2½ Mill Sprechstellen in Deutschland, wenn er die Gebühr für dringende Gespräche bezahlt, in wenigen Minuten erreichen, ja er kann in einem Zeitraum von Minuten bis höchstens wenigen Stunden Verbindung erhalten mit etwa 85 % aller in der Welt vorhandenen Sprechstellen des öffentlichen Verkehrs, d. h. mit etwa 29 Mill Stellen. Er kann aber auch mit seinem Partner sprechen, wenn dieser sich im Eisenbahnzuge nach Hamburg oder auf dem Schiffe nach Amerika befindet, und es würde keine technischen Schwierigkeiten mehr bereiten, ihm auch Sprechmöglichkeiten mit einem auf der Fahrt befindlichen Flugzeuge oder Luftschiffe zu schaffen. Unser Geschäftsmann kann auch telephonische Konferenzen mit seinen Geschäftsfreunden in anderen Orten abhalten, u. zw. in lauter, jedem der Beteiligten verständlicher Rede und Gegenrede, nicht anders als wenn alle in demselben Sitzungszimmer versammelt wären. Er kann auch seine Gedanken mündlich in Form eines Vortrags gleichzeitig Tausenden von Hörern vermitteln, die sich an anderen Orten zusammengefunden haben. Wenn es ihm angebracht erscheint, kann er aber auch gedruckte Mitteilungen seinen Freunden in Berlin oder anderen Orten Deutschlands telegraphisch zukommen lassen, die er selbst oder durch einen seiner Angestellten auf nur ihm zur Verfügung stehenden Leitungen ohne Mitwirkung des öffentlichen Telegraphen mit einem Apparat übermittelt, der nicht anders zu bedienen ist wie eine gewöhnliche Schreibmaschine. Er kann ferner auf telegraphischem Wege — allerdings z. Z. nur nach einer beschränkten Zahl von Orten, darunter aber auch Buenos Aires — getönte Bilder oder Strichzeichnungen, Hand- oder Druckschriften in naturgetreuem Faksimile übertragen. In der gleichen Weise kann er sogar Vollmachten oder Zahlungsanweisungen erteilen, deren Echtheit durch die naturgetreue Wiedergabe seiner Unterschrift ausreichend beurkundet ist.

Will unser Geschäftsmann sich über die neuesten Handels- oder Wirtschaftsnachrichten, Börsenkurse u. a. unterrichten, so braucht er nur zur bestimmten Zeit seinen Rundfunk-Empfangsapparat einzuschalten, der ihm im Lautsprecher mit klarer Stimme die erwünschte Auskunft gibt. Der Rundfunk läßt ihn auch an wichtigen Ereignissen gewissermaßen als Zeugen teilnehmen, gleichviel ob sie sich in unserem Vaterlande oder an anderen Stellen der weiten Welt abspielen. Eins kann unser Geschäftsmann allerdings in einer für den praktischen Gebrauch geeigneten Weise noch nicht: er vermag sich die Geschehnisse in der Ferne noch nicht vor sein leibliches Auge zu rücken. Aber auch dieses Problem ist vielleicht von seiner Lösung nicht mehr weit entfernt, denn es ist bereits gelungen, mit den Mitteln des Forschungslaboratoriums bewegte Bilder sogar in natürlichen Farben in die Ferne zu übertragen.

Sie werden aus diesen Streiflichtern erkannt haben, daß das „aristokratisch-konservative Element der Elektrotechnik" sich in Wirklichkeit sehr revolutionär entwickelt hat und daß die Bahnen seines Fortschritts fast in das Märchenland der Phantasie geführt haben.

Es soll nun meine Aufgabe sein, Ihnen zu zeigen, mit welchen Mitteln diese wunderbaren Erfolge erzielt worden sind. In dem mir gesteckten engen Rahmen kann das freilich auch nur in Form einer flüchtigen Skizze geschehen. Aber meine Aufgabe wird dadurch wesentlich eingeschränkt, daß ich das wichtige Teilgebiet, die Mehrfachausnutzung der Leitungen, das im nächsten Vortrag besonders behandelt wird, nicht zu berücksichtigen brauche.

Die stürmische Entwicklung des elektrischen Fernmeldewesens hat eigentlich erst um die Wende unseres Jahrhunderts eingesetzt und ist im wesentlichen durch die Nutzbarmachung der Hertzschen elektromagnetischen Wellen durch Marconi, durch die Erfindung Pupins und durch die vielseitige Anwendbarkeit der Elektronenröhre ausgelöst worden. Voraussetzung zum Zustandekommen dieser drei Erfindungen war aber eine weitgehende Beherrschung der theoretisch-wissenschaftlichen Grundlagen der Physik, insbesondere der Elektrizitätslehre. Wohl hatte schon 1855 William Thomson die Theorie des Unterseekabels mathematisch entwickelt und Kirchhoff hatte sie 1858 auf die oberirdische Leitung ausgedehnt; Maxwell hatte 1873 die Faradayschen Vorstellungen vom elektromagnetischen Kraftfeld in die mathematische Form gebracht und zum Lehrgebäude der Elektrodynamik ausgestaltet sowie im Zusammenhang damit theoretisch die Möglichkeit der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen im Raume nachgewiesen. Aber den Telegraphentechnikern jener Zeit war das Eindringen in diese Gedankenwelt wegen ihrer schwierigen mathematischen Formulierung kaum möglich; sie wußten mit solchen theoretischen Vorstellungen nicht viel anzufangen. Selbst eine später sich verbreitende wesentlich bessere Kenntnis dieser Zusammenhänge, wie sie aus den Arbeiten von Vaschy (1888) und Heaviside (1890) hervorgeht, sowie die glänzende experimentelle Bestätigung der Maxwellschen Theorie durch Hertz (1886 ... 1891) führten noch nicht unmittelbar zu praktischer Nutzanwendung für die Bedürfnisse der Telegraphie.

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins. Von der Wiedergabe der den Vortrag begleitenden Lichtbilder wurde hier aus Raummangel abgesehen.

Digitized by Google

Telegraphenapparate.

So blieb die Entwicklung der elektrischen Telegraphie bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hauptsächlich auf das Bemühen beschränkt, die Leistungsfähigkeit der Apparate durch Vervollkommnung ihrer mechanischen Konstruktionen zu erhöhen. Die Kunst der Feinmechanik überwog noch die wissenschaftliche Erfassung des ganzen Aufgabenkomplexes. Der Typendrucker des Engländers Hughes, bereits 1855 erfunden, aber noch heute viel benutzt, stellte für die damalige Zeit den höchsten Grad technischen Könnens dar. Auch der 1877 entstandene Mehrfachtypendrucker des französischen Telegraphenbeamten Baudot löste auf mechanischem Wege in klassisch zu nennender Weise das Problem, eine Telegraphenleitung absatzweise in 4, wie man heute sagt, Kanäle zu zerlegen und damit aus einer Leitung bis zu 4 selbständig zu benutzende Wege für die Telegrammübermittlung zu schaffen. Auch der Baudot-Apparat hat sich wie der Typendrucker von Hughes bis heute im Betriebe erhalten. Während der Hughes-Apparat 120 Zeichen in der Minute zu übermitteln gestattet, leistet der Baudot-Apparat bei Vierfachbetrieb 720 Zeichen.

Weit überholt wurde diese Leistung durch mehrere Schnelltelegraphensysteme, die aber schon einer Zeit entstammen, als man die elektrischen Eigenschaften der Leitungen in ihrer Bedeutung für die Übertragung hochfrequenter Stromimpulse weitgehend erforscht und zu berücksichtigen gelernt hatte. Zu ihnen gehört als einer der hervorragendsten Vertreter der seit 1912 in Deutschland und in anderen Ländern Europas viel verwendete Maschinentelegraph für Typendruck von Siemens. Bei ihm wird die Arbeit des Abtelegraphierens der Stromstöße, die durch die physische Leistungsfähigkeit des Telegraphisten ziemlich knapp begrenzt ist, auf maschinellem Wege ausgeführt. Zu diesem Zwecke werden die Telegraphenzeichen zunächst in Form von Lochgruppen in einen Papierstreifen gestanzt, der nachher zum schnellen Steuern der Kontakthebel in dem von einem Elektromotor angetriebenen Sendeapparat benutzt wird. So kann die Leistung des Siemens-Schnelltelegraphen bei einfacher Ausnutzung der Leitung bis zu 1000 Zeichen in der Minute gesteigert werden, erreicht aber beim Gegensprechbetrieb, d. h. bei gleichzeitiger Ausnutzung der Leitung in beiden Richtungen, beinahe das Doppelte.

Die Aufgabe des Technikers muß stets darauf gerichtet sein, seine Zwecke mit dem Mindestaufwand an Mitteln zu erfüllen; nur so kann er höchstmögliche Wirtschaftlichkeit erzielen. Nachdem die Erfindung Pupins, auf die ich noch zu sprechen komme, die Möglichkeit geschaffen hatte, auch lange Kabelleitungen für die Übertragung schnell verlaufender Stromimpulse geeignet zu machen, und nachdem es gelungen war, durch Nutzbarmachung der Elektronenröhren als Verstärker nicht nur die Gesamtdämpfung der Leitungen fast beliebig herabzusetzen, sondern auch wahlweise schwache Stromimpulse bis zum gewünschten Grade zu verstärken, erwies es sich als nützlicher, die Wirtschaftlichkeit der Telegrammübermittlung durch weitere Ausnutzung der Leitungen als durch immer weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit der Apparaturen zu erhöhen. Bei diesem Vorgehen konnte man unter Verzicht auf die verwickelten Mehrfach-Schnelltelegraphen, die am gebenden und empfangenden Ende der Leitung synchron laufende Verteiler verlangen, wieder zu weniger komplizierten billigeren Einfachapparaten zurückkehren. So entstand einmal, als z. Z. letzte Höchstleistung, die sog. Wechselstrom-Mehrfachtelegraphie mit Trägerfrequenzen, die es gestattet, in pupinisierten Fernsprechkabeln bis zu 12 Telegraphierkanäle in einer einzigen Doppelleitung unterzubringen, wobei es außerdem keinen Unterschied macht, mit welchen Apparatsystemen in den einzelnen Kanälen gearbeitet wird, und zweitens konnte man ein Apparatsystem für Druckschrift zur Anwendung bringen, das für das Senden der Zeichen das Tastenwerk einer gewöhnlichen Schreibmaschine benutzt, von dem Telegraphisten also keine langwierige Ausbildung verlangt.

Die Trägerfrequenz-Telegraphie als eine Form der Mehrfachausnutzung der Leitungen wird der folgende Vortrag behandeln. Das neue Apparatsystem, das annähernd gleichzeitig in den V. S. Amerika, England und Deutschland, jedoch in verschiedener Ausführung, entwickelt worden ist, gehört zur Klasse der Start-Stop-Systeme, bei denen die Sende- und Empfangsapparate nur für die Dauer eines Zeichens mit dem Antriebsorgan gekuppelt werden. Nach dem hierbei sprungweise sich vollziehenden Arbeitsvorgang hat man dem Apparatsystem bei uns den etwas merkwürdig anmutenden Namen Springschreiber zugelegt. Da Sender und Empfänger nach der Übermittlung jedes Zeichens immer wieder zum Stillstand kommen, ist eine dauernde Regelung des Gleichlaufs der Apparate nicht notwendig. Das kommt der Einfachheit ihrer Bauart und der Sicherheit des Betriebs sehr zugute. Da ferner die Bedienung des Senders derjenigen der Schreibmaschine entspricht, bereitet es keine Schwierigkeiten, die Springschreiber auch in die Hände des Publikums zu geben. In den V. S. Amerika sind daher schon Fernschreibzentralen entstanden, die vom allgemeinen Telegraphennetz unabhängig sind und deren Teilnehmer sich zwecks Übermittlung gedruckter Nachrichten nach Belieben miteinander verbinden lassen können. Auch in Deutschland hat man begonnen, die Springschreiber in ähnlicher Weise zu verwenden.

Drahtlose Telegraphie.

Trotz aller Vervollkommnungen der Technik schien jedoch der weiteren Ausbreitung der elektrischen Telegraphie in der Notwendigkeit einer fortlaufenden metallischen Leitung zwischen Sende- und Empfangstation die letzte unüberschreitbare Grenze gezogen zu sein. Zwar hatte Heinrich Hertz 1888 in erstaunlich einfacher Weise schnelle elektrische Schwingungen zu erzeugen vermocht und gezeigt, daß die durch sie hervorgerufenen elektrischen Wellen sich nach bestimmten Gesetzen frei im Raume ausbreiten, aber nicht einmal er selbst hat an die Nutzbarmachung dieser Wellen für die Übertragung elektrischer Signale durch den Raum glauben wollen. Erst 1896, als Hertz schon seine Augen geschlossen hatte, gelang die Lösung dieser Aufgabe dem jungen italienischen Ingenieur Marconi, indem er die ersten wenigen Kilometer drahtlos überbrückte. Wenige Jahre später hatte er mit seinen Wellen bereits den Atlantischen Ozean überquert und heute können wir ohne Drahtleitung jeden Punkt unseres Erdballs erreichen. So haben wir von der deutschen Station in Nauen regelmäßigen drahtlosen Telegraphenverkehr ostwärts bis nach Siam, Niederländisch-Indien, China und Japan, westwärts mit Nord- und Südamerika und nach Süden mit Afrika. Welche gewaltige wissenschaftliche und technische Arbeit liegt freilich zwischen diesem Stande unseres Könnens und jenem bescheidenen Anfang! Es mußten erst die Mittel zur Erzeugung ungedämpfter Wellen entwickelt und vor allem die Elektronenröhren in den Dienst der Aufgaben eingefügt werden. Ursprünglich glaubte man nur mit langen Wellen bis zu 20 km und mehr sein Ziel erreichen zu können. Man steigerte die Leistung der Maschinensender immer weiter bis zu 500 kVA und erhöhte die Tragmasten für die Antennen bis zu 250 m. Als es aber gelungen war, mit Hilfe von Hochvakuumröhren auch Wellen bis zu wenigen Metern zu erzeugen, kam über Nacht die Erkenntnis, daß kurze Wellen von noch weniger als 100 m den Langwellen weit überlegen sind und daß man auch mit einem Bruchteil des bisherigen Energieaufwands auskommen kann, wenn man als Antennen sog. Richtantennen oder Strahlwerfer verwendet, d. h. Luftleitergebilde, mit denen die Wellen in horizontaler und vertikaler Ebene zusammengehalten und nur in der Richtung des zu erreichenden fernen Ortes ausgestrahlt werden. Solche Strahlwerfer bedürfen auch wesentlich niedrigerer Antennenträger. Seit 1924 werden daher die Großstationen der Welt mehr und mehr auf den Betrieb mit kurzen Wellen umgestellt; denn mit dem besseren Wirkungsgrad geht auch eine größere Wirtschaftlichkeit Hand in Hand. So konnte die englische Postverwaltung für die über das staatliche englische Kurzwellennetz zu befördernden Funktelegramme schon 1927 die Gebühren auf etwa ¾ derjenigen der englischen Kabelgesellschaften herabsetzen. Damit schien der Kabeltelegraphie in der drahtlosen Telegraphie ein gefährlicher Nebenbuhler entstanden zu sein; aber heute sind die Ansichten allgemein dahin geklärt, daß man die drahtlose Telegraphie nicht als einen Ersatz des Drahttelegraphen, wohl aber als eine wertvolle Ergänzung ansieht. Denn die Funktelegraphie vermag die oberste Verkehrsaufgabe jeder Art von Telegraphie, Raum und Zeit möglichst restlos zu überwinden und dabei auch gänzliche Fehlerlosigkeit der übermittelten Nachrichten zu gewährleisten, wegen der wohl kaum ganz zu vermeidenden Störungen atmosphärischer und kosmischer Natur nicht so vollkommen wie die Drahttelegraphie zu erfüllen. Anderseits bleibt der Verkehr mit beweglichen Zielen, mit Schiffen in See, mit Flugschiffen, mit fahrenden Eisenbahnzügen, aber auch mit festen Stationen, die von Drahtleitungen nicht erreicht werden können, wohl immer dem Funktelegraphen vorbehalten.

Leitungen.

Bevor ich mich nun dem jüngeren, aber ungleich kräftigeren und vielseitigeren Bruder des Telegraphen, dem Fernsprecher, zuwende, dessen Siegeszug um die

Digitized by Google

Welt erst im Jahre der Gründung des EV seinen Anfang nahm, muß ich zunächst ausführlicher auf die Leitungen zu sprechen kommen. Denn der Fernsprecher hat die engen Grenzen des Ortsverkehrs erst zu überschreiten vermocht, nachdem man gelernt hatte, die Leitungen so auszuführen, wie es die Eigenart der Fernsprechströme erfordert. So einfach, wie diese Aufgabe auf den ersten Blick erscheinen mag, so schwierig und umfangreich ist ihre Lösung; noch immer wird fleißig daran gearbeitet. Da man es bei den Fernsprechströmen mit Wechselströmen mit Frequenzen von etwa 200 bis über 4000 Hz zu tun hat, reichten die älteren Theorien, wie Thomson und Kirchhoff sie mit Bezug auf die Verhältnisse bei der Telegraphie für das Unterseekabel und die oberirdische Freileitung entwickelt hatten, nicht mehr aus. Vaschy und Heaviside hatten zwar auf die Bedeutung der Erhöhung der Induktivität der Leitung zur Kompensation der die Übertragung der Fernsprechströme hindernden Kapazität hingewiesen, und Heaviside hatte auch bereits erkannt, daß die Fortleitung elektrischer Ströme in Drähten nicht anders als eine Ausbreitung elektromagnetischer Wellen anzusehen sei, was für das Verständnis der Vorgänge in den Leitungen nützlich ist, aber erst Michael P u p i n, dem serbischen Hirtenknaben von einstmals und jetzigem Professor an der Columbia-Universität in New York, war es 1899 beschieden, aus diesen Vorarbeiten den praktischen Nutzen zu ziehen, indem er die Regeln aufstellte, nach denen die Induktivität punktförmig in die Leitungen eingefügt werden muß. Er hat als Erster erkannt, wie die Punkte für die Einfügung der Selbstinduktionsspulen auf die Wellenlänge zu verteilen sind. Damit hat er auch die Begriffe Wellenlänge sowie Dämpfungskonstante und Dämpfungsmaß als Ziffer für die Übertragungsgüte einer Leitung in die praktische Fernsprechtechnik eingeführt und so zugleich der weiteren wissenschaftlichen Erforschung der Eigenschaften elektrischer Leitungen und der Erkenntnis der telephonischen Vorgänge überhaupt die Wege gebahnt.

Mit dem Eindringen des Fernsprechers in die Nachrichtenübermittlung machte sich der „Zug nach dem Kabel" immer mehr bemerkbar. Zunächst zwang die starke Zusammendrängung vieler Leitungen an einem Punkt, wie sie in den großen Vermittlungsämtern für den Ortsverkehr stattfindet, dazu, die Leitungen in Kabeln zu vereinigen. Aber erst die Anwendung von Papierband als Isoliermittel und die Umpressung des Kabels mit einem wasserdichten Bleimantel haben die Herstellung vielpaariger Fernsprechkabel ermöglicht. Während den Anfang dieser Entwicklung 100paarige Kabel mit 0.8 mm starken Adern bildeten, charakterisieren heute ihren vorläufigen Abschluß Kabel mit 1818 Doppelleitungen und 0,4 mm-Drähten, wie sie die Amerikaner neuerdings herstellen, um die schwierige Aufgabe zu lösen, bis zu 150 000 Fernsprechleitungen in ein Gebäude einzuführen, ohne dabei die Grenzen für die Auslegbarkeit der Kabel und die Rücksichten auf die Güte der Lautübertragung zu überschreiten.

Für die verhältnismäßig kurzen Stadtkabel braucht die Pupinsche Erfindung zur Verbesserung der Sprechfähigkeit im allgemeinen nicht angewendet zu werden. Sie zeigt ihren großen technischen und wirtschaftlichen Wert erst bei langen Kabelleitungen, denn die Kapazität langer Kabelleitungen setzt wegen ihres hohen Betrages der Sprachübertragung viel engere Grenzen als bei Freileitungen. Gleichzeitig wird durch die Pupinisierung, wie wir in Deutschland das Verfahren zu Ehren des Erfinders genannt haben, die Güte der übertragenen Sprache verbessert, indem die Dämpfung der Leitung von der Frequenz der für die Sprache wichtigen Schwingungen fast unabhängig gemacht wird. Das Zusammenwirken beider Faktoren erbringt etwa eine Verdreifachung der Reichweite.

Aber auch damit konnte das Problem der Weittelephonie noch nicht gelöst werden, denn es war aus kabeltechnischen und wirtschaftlichen Rücksichten nicht möglich, zur Erhöhung der Reichweite den Durchmesser der Adern beliebig zu vergrößern; 600 km stellen ungefähr die Grenze für pupinisierte Kabel dar. Zur Verwirklichung einer Telephonie auf praktisch unbegrenzte Entfernungen bedurfte es noch des Mittels, nach dem die Fernsprechtechniker von Anbeginn ihres Forschens und Entwickelns eifrig gesucht hatten, ohne ihr Ziel zu erreichen; handelte es sich doch darum, ein Instrument zu schaffen, das es ermöglicht, den durch die Weiterleitung geschwächten Fernsprechströmen wie bei der Telegraphie unterwegs durch Relais neue Energie zuzuführen, ohne dabei die vielseitigen, ihr Wesen bedingenden Eigenschaften — Frequenz, Amplitude, Phase — auch nur im geringsten zu verändern. Das schien so aussichtslos wie die Erfindung des Perpetuum mobile; es galt die Konstruktion eines Relais, das praktisch masselos ist. Und doch ist es schließlich gelungen, die unabänderlichen Naturgesetze scheinbar zu umgehen. Als trägheitslosen und doch mit vollkommenster Präzision arbeitenden Gehilfen wußten die Fernsprechtechniker das unsichtbare und unwägbare Elektron in ihren Dienst zu stellen. Die steuerfähige Elektronenröhre hat der Weiterentwicklung des elektrischen Fernmeldewesens — man darf es ohne Übertreibung aussprechen — fast unbegrenzte Möglichkeiten eröffnet. Die Elektronenröhre ist kaum älter als zwanzig Jahre. Wir kennen sie alle; in Millionen von Exemplaren macht sie die elektrischen Wellen des Rundfunks unserem Ohre wahrnehmbar. Aber wie wenige sind sich bewußt, daß und wie in diesem scheinbar so einfachen Gegenstand des täglichen Lebens die Vereinigung höchsten menschlichen Wissens und Könnens vollendet verkörpert ist! Prof. Pupin führt in seiner Abschiedsvorlesung, die er als Präsident der amerikanischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften Ende 1926 gehalten hat, den ersten Keim zur Elektronenröhre zurück auf H i t t o r f s Untersuchungen über Gasentladungen in Vakuumröhren und auf R o e n t g e n s Versuche, die, wie er sagt, zur Entdeckung des Elektrons geführt hatten, und bemerkt dazu, daß man die geistige Nahrung, die in den bescheidenen Laboratorien zweier deutscher Professoren zubereitet worden ist, mit der Marke „Made in Germany" versehen sollte. Wir nehmen dieses Kompliment für die deutsche Forschung mit Befriedigung entgegen und dürfen mit gleicher Genugtuung feststellen, daß auch die erste als Fernsprechverstärker praktisch verwendete gesteuerte Glühkathodenröhre dem Deutschösterreicher Robert von L i e b e n zu verdanken ist, wenn auch unabhängig von ihm F l e m i n g und d e F o r e s t ihr Verdienst an der Entwicklung des Gedankens mit beanspruchen können.

Nunmehr war die Vorbedingung für die Schaffung von Kabelnetzen für Fernsprechbetrieb geschaffen, mit denen die Grenzen der Länder und selbst der Kontinente überschritten werden können. Tatsächlich sehen wir auch, wie solche Fernkabelnetze innerhalb der letzten zehn Jahre in allen Ländern mit hochentwickeltem Verkehr entstanden sind und wie sie sich immer mehr verdichten und zusammenschließen.

Ein leistungsfähiges Fernkabelnetz ermöglicht nicht nur den unmittelbaren Gedankenaustausch zwischen einzelnen Personen. Unter Nutzbarmachung der neuzeitlichen Verstärker- und Lautsprechertechnik sind auch Einrichtungen geschaffen worden, durch die mehrere Personen an verschiedenen Orten, ja ganze Versammlungen miteinander in Verkehr treten können. Ich erinnere an die Ferntagung während der letzten Jahresversammlung des VDE in Aachen, an der über Leitungen der Fernkabel von Aachen nach Berlin und von dort nach dem Haag, nach Wien und nach Budapest die in diesen Orten in ihren Versammlungsräumen anwesenden elektrotechnischen Gesellschaften nicht allein als Zuhörer sondern auch durch eigene Ansprachen tätigen Anteil nehmen konnten. Zugleich wurden die Worte der Redner durch den Deutschlandsender in Königswusterhausen der ganzen deutschen Rundfunkgemeinde vernehmbar gemacht. Fürwahr ein an das Reich der Wunder grenzendes Zeugnis der Leistungsmöglichkeiten des elektrischen Fernmeldewesens!

Wesentliche Pionierdienste hat bei dieser Entwicklung auch die Deutsche Reichspost geleistet; sie verfügt z. Z. über rd 9000 km Fernkabel, die das Herz des europäischen Fernsprechnetzes bilden und mit allen Nachbarländern in Verbindung stehen, auch mit den nur über Seekabel zu erreichenden nordischen Staaten Schweden und Dänemark; unmittelbare Fernsprechkabel-Verbindungen nach Norwegen, England und Lettland sind in Vorbereitung.

Bis vor nicht langer Zeit hatte man allerdings gezögert, auch längere Fernsprechseekabel zu pupinisieren, weil die punktförmige Einfügung voluminöser Spulen an Unterwegsstellen für die Auslegung der Kabel und für die Aufrechterhaltung dauernd zuverlässiger Isolation unter hohem Wasserdruck bedenklich erschien. Man zog es vor, in solchen Fällen von dem durch den Dänen K r a r u p angegebenen Verfahren der gleichmäßig verteilten Selbstinduktion Gebrauch zu machen, bei dem der Kupferleiter auf seiner ganzen Länge mit einer Umwicklung aus einem Material hoher Permeabilität umgeben wird. Aber das Mittel ist nicht nur weniger wirksam als punktweise eingeschaltete Spulen sondern auch kostspieliger und tritt daher in seiner Anwendung hinter dem Pupinverfahren zurück, namentlich nachdem die Herstellung und Auslegung auch pupinisierter Tiefseekabel gelungen ist. Neuerdings soll das Krarup-Verfahren aber wieder, allerdings in verbesserter Form, für ein im Werden begriffenes 3300 km langes Kabel von der nordamerikanischen

Digitized by Google

Küste nach Irland angewendet werden, über das man gleichzeitig zu telegraphieren und zu telephonieren beabsichtigt. Diese doppelte Ausnutzung eines so langen Seekabels ist ein technisches Unterfangen, das, betrachtet vom Standpunkt unseres Könnens von gestern, phantastisch anmutet, aber dank gewissenhafter wissenschaftlicher Vorbereitung sicher gelingen wird. Es hat u. a. die Ermittlung eines neuen, der Guttapercha ähnlichen Isolierstoffes von wesentlich geringerer Ableitung zur Voraussetzung gehabt. Auch bei einigen in den letzten Jahren gelegten Tiefseekabeln für Telegraphie hat man zur Unschädlichmachung der hohen Kapazität den Kupferleiter mit einem schmalen und dünnen Band aus einer zu diesem Zweck besonders entwickelten Eisen-Nickel-Legierung umsponnen und hat dadurch die Telegraphiergeschwindigkeit um das Zehnfache derjenigen der älteren Kabel zu steigern vermocht. Das Ziel, die Ozeane mit Kabeln für gleichzeitiges Telegraphieren und Telephonieren zu überqueren, verfolgt auch ein Vorschlag von Z a p f, nach dem zur Kleinhaltung der Kapazität die Papier-Luftraum-Isolation in der bei den Fernsprech-Landkabeln bewährten Weise angewendet werden soll. Der dafür erforderliche Wasser- und Druckschutz soll durch Einbetten der Kabelseele in ein biegsames, aus keilförmigen Formdrähten gewölbeartig zusammengefügtes fortlaufendes Hohlseil erzielt werden, das noch mit einem Bleimantel umpreßt wird und in dieser Ausführung einem Wasserdruck von über 2000 at standhält, also auch in größte Meerestiefen gelegt werden kann.

Diese Bestrebungen lassen deutlich erkennen, daß die drahtlose Telephonie, die, wie wir sehen werden, im Augenblick noch das einzige Mittel ist, die Sprache über die weiten Meere zu tragen, die immer anspruchsvoller werdenden Bedürfnisse des Schnellnachrichtenverkehrs doch nicht genügend befriedigt und daß man sie daher wie bei dem Telegraphen mit neuen Mitteln durch die zuverlässigere Drahtübermittlung zu ergänzen sucht.

Je weiter aber die Ziele gespannt werden, die die Kabeltelephonie erreichen soll, um so aufdringlicher machen sich Schwierigkeiten bemerkbar, die teils im Wesen der Kabel, teils in dem, ich möchte sagen, kapriziösen Charakter der Fernsprechströme begründet sind. Ich kann diese vielgestaltigen Störenfriede hier nur beim Namen nennen. Es handelt sich um Nebensprechen, Fremdstörungen, Amplitudenverzerrung, Phasenverzerrung, nichtlineare Verzerrung und Echoerscheinungen. Aber ich kann auch die Mittel angeben, mit denen man der Störenfriede bereits Herr geworden ist. Dazu gehören Erhöhung der Symmetrie der Kabeladern, Kapazitätsausgleich, elektrostatische Abschirmung, Dämpfungsausgleich, Phasenausgleich, Herabsetzung der Hysteresisverluste in den Materialien und Echosperren. Das sind ohne weitere Erläuterungen freilich nur tönende Worte, aber sie sind inhaltschwer; hinter ihnen verbirgt sich eine Unsumme verständnisvoller Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Technik, die allgemein zum charakteristischen Kennzeichen des Werdegangs der Fernmeldetechnik in ihrer letzten Periode geworden ist. Auch die Kabelfabrikation hat sich dabei in eine Präzisionstechnik umwandeln müssen. Wir können kühn behaupten, daß wir heute imstande wären, unsere Sprache rund um den Erdball zu schicken, wenn auf dem ganzen Wege neuzeitliche Leitungen zur Verfügung ständen. Das hat ein bei Eröffnung des Fernsprechverkehrs von Stockholm nach den V. S. Amerika angestellter durchaus geglückter Versuch bewiesen, bei dem zwischen den beiden Sprechenden in Stockholm und New York durch Aneinanderreihen von den amerikanischen Kontinent mehrmals durchquerenden Leitungen eine Gesamtstrecke von 22 500 km, einschl. 5000 km drahtlos überbrückte Entfernung über den Atlantischen Ozean, eingeschaltet war. Es liegt kein Grund vor, zu bezweifeln, daß der Versuch auch geglückt wäre, wenn die am Erdumfang noch fehlenden 18 000 km hätten hinzugefügt werden können.

Fernsprech-Apparate und -Systeme.

Ich komme nun zu den eigentlichen Fernsprechapparaten, d. h. zu den technischen Mitteln, mit denen die Schallwellen in elektrische Ströme und diese wieder in Schallwellen umgewandelt werden und mit denen die Aufgabe erfüllt wird, die Fernsprechanschlüsse nach Wunsch der Inhaber miteinander zu verbinden.

B e l l hat mit der Ausführung seines Telephons vom Jahre 1877 einen selten glücklichen Griff getan. Denn die hundert und mehr Millionen heute über die ganze Erde zerstreuten Telephone haben sich wohl in der äußeren Form gewandelt, bewahren aber noch alle den Grundgedanken der Bellschen Erfindung. Trotzdem erfüllt das Telephon seine Aufgabe keineswegs so vollkommen, wie man annehmen sollte; es gibt nicht alle Frequenzen der Sprache wieder und auch die wiedergegebenen teilweise nur mit großer Verzerrung. Ähnlich verhält es sich mit dem Mikrophon, das ebenfalls in seiner Bauart in den letzten 30 Jahren sehr konservativ geblieben ist, obwohl man sich dessen bewußt ist, daß sein Frequenzbereich begrenzt ist und es auch nicht frei von nichtlinearer Verzerrung ist. Das sind aber Unvollkommenheiten, die im Wesen dieser Apparate liegen und die man wird hinnehmen müssen, wenn man die für den täglichen Gebrauch erforderliche Einfachheit der Apparate und ihre bequemen Abmessungen beibehalten will. Nur darüber sollte man sich klar sein, daß die Güte der Wirkung auch wesentlich von der Genauigkeit der Ausführung und von der richtigen Auswahl des zu verwendenden Materials abhängt. Die Zeiten des falschen Sparens in diesen Punkten, der Erzielung größter Billigkeit um jeden Preis, sollten überwunden sein. Der Rundfunk hat das Gebiet der Elektroakustik außerordentlich befruchtet. So ist es in den letzten Jahren auch gelungen, durch Anwendung anderer Methoden und Inkaufnahme wesentlich größerer Abmessungen für die Zwecke des Rundfunks Mikrophone und Lautsprecher herzustellen, die von den bezeichneten Mängeln der Verkehrsapparate in weitem Maße befreit sind.

Ganz wesentlich haben sich mit dem Wachsen der Betriebsanforderungen die technischen Einrichtungen der Vermittlungstellen geändert. Ortsbatteriebetrieb mit Induktoranruf, Zentralbatteriebetrieb mit selbsttätiger Glühlampensignalisierung und Selbstanschlußbetrieb mit Fernsteuerung der Verbindungsorgane durch die Teilnehmer selbst sind die drei großen Etappen in dieser Entwicklung. Der Selbstanschlußbetrieb war schon in den Kinderjahren der Telephonie der Traum der Fernsprechtechniker. Erst um die Wende des Jahrhunderts ist er auf amerikanischem Boden zur Erfüllung gereift, aber auch in Deutschland und Schweden ist viel Gutes zur weiteren Vervollkommnung beigetragen worden. Selbstanschlußanlagen sind technisch leistungsfähiger und wirtschaftlicher als Einrichtungen für Handbedienung; ihnen gehört daher unbedingt die Zukunft. Leider erfordert die Umstellung zum Selbstanschlußbetrieb so gewaltige Kapitalien, daß der Prozeß sich nur langsam vollziehen kann. Nimmt man an, daß jetzt etwa ein Viertel aller Fernsprechanschlüsse in der Welt „automatisiert" ist, so würden nach dem heutigen Stande noch etwa 4 ... 5 Mrd RM für die Umstellung des Restes aufzuwenden sein. Wir in Deutschland haben die Überlegenheit des Selbstanschlußsystems glücklicherweise früh erkannt und seine Einführung daher schon weit gefördert. In technischer Beziehung haben sich zwei grundsätzlich verschiedene Systemgruppen herausgebildet: Die Schrittwählersysteme, in denen die Wähler unmittelbar durch die von der Sprechstelle ausgehenden Stromimpulse weitergeschaltet werden, und die Systeme mit Maschinenantrieb, in denen die Wähler durch Maschinenkraft in der Zentrale fortbewegt werden, wobei die Bewegung durch die von der Sprechstelle ausgegangenen Impulse begrenzt wird. Bei der Sprechstelle verwenden beide Systemgruppen die gleiche Einrichtung, den bekannten Nummernschalter für die dekadische Abgabe von Stromimpulsen. Die Schrittwählersysteme müssen daher dekadisch aufgebaut sein; bei den Maschinensystemen ist das nicht nötig, sie erfordern dafür aber besondere Einrichtungen, sog. Speicher, Register oder Umrechner, die die von der Sprechstelle in dekadischer Ordnung abgegebenen Stromstöße der Eigenart des Wähleraufbaus entsprechend umwandeln. Man erstrebte mit den Maschinensystemen größere Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit sowie bessere Anpassungsfähigkeit an die wechselnden Bedürfnisse des Verkehrs, mußte damit aber kompliziertere Einrichtungen und einen weniger durchsichtigen Aufbau der gesamten Apparatur in Kauf nehmen. Die Schrittwählersysteme, namentlich das auch von der Deutschen Reichspost benutzte System von Siemens & Halske, das aus dem ältesten amerikanischen System von S t r o w g e r entwickelt worden ist, erfüllen aber, wie die Erfahrung überzeugend gelehrt hat, alle Anforderungen ebenso gut, so daß die deutschen Fernsprechtechniker ihren Entschluß, an dem von ihnen begünstigten Schrittwählersystem festgehalten zu haben, nicht zu bereuen brauchen.

Man hat in letzter Zeit die Lösung auch dafür gefunden, daß die Teilnehmer sich mit den Mitteln des Schrittwählersystems sogar Verbindungen im Fernverkehr selbst herstellen können. Unentschieden ist aber noch die Frage, ob diese Betriebsweise, bei der natürlich die Mitwirkung einer Mittelsperson auch bei den Fernverbindungen ausscheidet, sich mit den anders als beim Ortsverkehr gearteten Bedürfnissen der Benutzer genügend in Einklang bringen läßt.

Digitized by Google

Drahtloses Fernsprechen.

Mit der Aussendung ungedämpfter elektromagnetischer Wellen war auch das Werkzeug zur Verwirklichung des drahtlosen Fernsprechens geschaffen, aber eine brauchbare Lösung für die Aufgabe, die ausgestrahlte Welle im Rhythmus der Sprache zu modulieren, brachte auch hier erst die Elektronenröhre. Wenn ich vorhin ausgeführt habe, daß die drahtlose Telephonie ebenso wie die drahtlose Telegraphie trotz großer Fortschritte nicht alle Forderungen des Schnellnachrichtenverkehrs zu erfüllen vermag, so kommt ihr trotz dieses Mangels doch noch eine außerordentlich große praktische Bedeutung zu. Die drahtlose Telephonie kommt ebenso wie die drahtlose Telegraphie überall da in Frage, wo es nicht möglich ist, die Stationen durch Drahtleitungen miteinander zu verbinden, also zwischen ortsfesten und beweglichen Stationen oder zwischen beweglichen Stationen oder im weiten Überseeverkehr. Seit Anfang 1927 besteht ein drahtloser öffentlicher Fernsprechverkehr zwischen England und den V. S. Amerika, an dem die Mehrzahl der europäischen Länder teilnimmt. Für ihn werden teilweise noch lange Wellen von 5000 m benutzt. Neuerdings bevorzugt man aber kurze Wellen zwischen 12 und 40 m in Verbindung mit Richtantennen. Ein Beispiel hierfür ist die Verbindung von Deutschland nach Buenos Aires, die Ende 1928 für die Allgemeinheit eröffnet worden ist, und aus allerletzter Zeit die Verbindung Deutschland—Niederländisch-Indien. Erfolgreiche Versuche haben auch von Berlin nach Bangkok und nach Sydney stattgefunden. Andere Funkwege führen von Paris, Brüssel und Madrid nach Buenos Aires. England steht im Begriff, sich Funksprechverbindungen nach den Hauptgebieten seines Kolonialreiches zu schaffen. Frankreich betreibt eine Linie von Paris nach Saigon in Indochina. Selbstverständlich sind auch die V. S. Amerika am Werk, ihr verkehrsreiches Land mit allen anderen Kontinenten in die Reichweite des gesprochenen Wortes zu bringen. Daneben ist jetzt bei uns und in Amerika auch der drahtlose Gegensprechverkehr vom Lande mit den großen Ozeandampfern und zwischen diesen in brauchbare Form gebracht worden. Es macht keine Schwierigkeiten mehr, in allen diesen Fällen die drahtlos übermittelten Gespräche über besondere Küstenfunkstellen auf das öffentliche Drahtnetz und damit zu jeder daran angeschlossenen Sprechstelle überzuleiten. Zwar werden diese Verbindungen mehr oder weniger noch von atmosphärischen Störungen und von den Fadings genannten zeitweiligen Schwunderscheinungen der Energie beeinträchtigt und sind deshalb nicht zu jeder Zeit benutzbar, aber diese Unvollkommenheiten ändern nichts an der bedeutsamen Tatsache, daß die vorhandenen und die im Entstehen begriffenen Funkfernsprechlinien in kurzem den Ring schließen werden, der alle Fernsprechnetze des Erdballs umfaßt. Damit ist der Zusammenschluß der Kontinente zu einem Weltfernsprechnetz verwirklicht.

Da die drahtlosen Energiewellen beim Durchqueren des Äthers unverzerrt bleiben und da im Frequenzband von Kurzwellen Millionen Hertz zu Gebote stehen, war es naheliegend, die Kurzwellensender für Telephonie auch für die Bildübertragung nach dem Faksimileverfahren nutzbar zu machen, bei dem bis zu 12000 Bildelemente in der Sekunde übertragen werden müssen. Die Kürze der Zeit gestattet es leider nicht, auf dieses neueste Gebiet der Nachrichtentechnik näher einzugehen. Es ist gelungen, verschiedene brauchbare Lösungen für das Problem der Bildtelegraphie zu finden, von denen das System von Telefunken-Karolus-Siemens, allerdings unter Benutzung von Drahtleitungen des europäischen Fernkabelnetzes, z. Z. bereits zwischen Berlin und Frankfurt a. M., Wien, Kopenhagen, Stockholm und London sowie zwischen Frankfurt a. M. und Kopenhagen im öffentlichen Verkehr und außerdem noch für Bildübertragungen zwischen verschiedenen Zeitungen des In- und Auslandes mit gutem Erfolg verwendet wird. Dasselbe System ist nun auch auf der drahtlosen Fernsprechlinie Berlin—Buenos Aires dem Publikum zur Verfügung gestellt worden.

Wir haben gesehen, wie die Eigenschaft der elektromagnetischen Welle, sich nach allen Seiten frei im Raum zu verbreiten, dazu benutzt worden ist, telegraphische Zeichen, die Sprache, ja sogar Schrift und Bilder mit des Gedankens Schnelle über die Lande und die Meere zu tragen. Das ist das Verfahren der Raumwellen-Telegraphie und -Telephonie. Man vermag aber auch die Wellen gewissermaßen an Leitungsdrähten entlang eilen zu lassen, so daß sie sich davon nicht ablösen und nicht in den Raum ausstrahlen. Das hat den Vorteil, daß man viel geringere Energie aufzuwenden braucht, um sein Ziel zu erreichen, und gleichzeitig kann man mehrere Frequenzen als Träger für Sprache oder Telegraphie zum Zwecke der gleichzeitigen Übertragung über dieselbe Leitung benutzen. Dieses Verfahren nennt man Drahtwellen-Telegraphie und -Telephonie. Ein Beispiel dafür haben wir schon in der Wechselstrom-Mehrfachtelegraphie mit Trägerfrequenzen kennengelernt. In der Ausgestaltung als Drahtwellentelephonie gestattet das Verfahren auch, oberirdische Leitungen außer für den gewöhnlichen Niederfrequenzbetrieb gleichzeitig noch für vier Gespräche mit hochfrequenten Trägerströmen zu benutzen. Ein Beispiel einer geistreichen Verquickung von gewöhnlicher niederfrequenter Drahttelephonie und von Drahtwellen- und Raumwellen-Telephonie stellt der sog. Zugfunk dar, mittels dessen man von und nach einem fahrenden Eisenbahnzuge von und mit festen Sprechstellen des öffentlichen Fernsprechnetzes Gespräche führen kann. Beim Verkehr nach dem Zuge werden die gewöhnlichen Sprechströme in modulierte Hochfrequenzströme umgewandelt, die längs einer neben der Bahn verlaufenden Drahtleitung fortgeleitet werden und an dem Punkte, wo sich gerade der fahrende Zug befindet, durch den Raum zwischen Leitung und Zug ausgestrahlt werden. In der Richtung vom Zuge ist der Vorgang umgekehrt. Dieses Verfahren wird mit bestem Erfolg auf der Eisenbahnstrecke Berlin—Hamburg verwendet.

Nun noch ein letztes Wort über das jüngste Kind der Nachrichtentechnik, den Rundfunk! Für ihn wird die Eigenschaft der elektromagnetischen Wellen, daß sie bei ihrer Ausbreitung in den Raum von jedermann wahrnehmbar gemacht werden können, für bestimmte Zwecke ausgenutzt. Rundfunk ist eine Raumtelephonie von Streunachrichten an alle. Damit scheidet dieses Verfahren für Nachrichten an einzelne, die anderen verborgen bleiben sollen, aus. Um so wertvoller wirkt es sich aber aus für die gleichzeitige Verbreitung von Mitteilungen an einen fast unbegrenzten Kreis von Empfängern. Die Verbreitung von musikalischen Darbietungen und Vorträgen kann hier außer Betracht bleiben, sie gehört nicht zu den unmittelbaren Aufgaben des Schnellnachrichtenverkehrs. Im Rahmen dieses Verkehrs wird das Rundfunkverfahren namentlich zur Übermittlung von Wirtschafts-, Presse- und Wetternachrichten an bestimmte Interessenten benutzt. Auch der Rundfunk verdankt sein Entstehen der Elektronenröhre; ohne sie gäbe es keinen Rundfunk. Aber wie die Funktechnik den Rundfunk geschaffen hat, so ist von ihm in der kurzen Zeit seines Bestehens ein mächtiger Antrieb für die Weiterentwicklung der Funktechnik zurückgestrahlt.

Meine Ausführungen über die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs konnten nur Streiflichter werfen auf ein umfangreiches Gebiet menschlichen Schaffens, das in den letzten 50 Jahren wie kein anderes eine staunenerregende Entwicklung erfahren hat. Ich möchte hoffen, daß auch die flüchtige Beleuchtung erkennen ließ, daß diese Fortschritte vornehmlich einer verständnisvollen Zusammenarbeit zwischen wissenschaftlicher Forschung und technischem Können zu verdanken sind. Aber die erzielten stolzen Leistungen finden ihre eigentliche Bedeutung doch erst in der Tatsache, daß sie in hohem Maße der Wirtschaft und der Kultur der Menschheit zugute kommen. Der öffentliche Nachrichtenverkehr ist zu einem mächtigen Wirtschaftsfaktor im Staats- und Wirtschaftsleben aller Kulturvölker geworden. Erst mit seiner Hilfe hat sich eine Weltwirtschaft entwickeln können, die es den Menschen ermöglicht, die Güter der Erde und die Ergebnisse ihrer Arbeit untereinander auszutauschen. Dieser Förderung des wirtschaftlichen Lebens ist die Bereicherung des geistigen Lebens an die Seite zu stellen. Man denke nur an den gewaltigen Aufschwung, den das Zeitungswesen durch den wohl organisierten Schnellnachrichtenverkehr erfahren hat! Nicht hoch genug sind auch die Gefühlswerte einzuschätzen, die sich daraus ergeben, daß das gesprochene Wort über Länder und Meere getragen werden kann und daß die vertraute Stimme unmittelbar vom Munde das Ohr des Freundes erreicht. Der nächste Erfolg der sich unzweifelhaft immer weiter vervollkommnenden und verdichtenden Nachrichtenmittel wird sein, daß die Grenzen, die die Völker dieser Erde um sich gezogen haben, mehr und mehr verwischt werden und daß die Völker sich nicht nur wirtschaftlich, sondern auch kulturell immer näher kommen werden. So wird sich der elektrische Nachrichtenverkehr auch zum wirksamsten Förderer des Friedens entwickeln.

Digitized by Google

Die Mehrfachausnutzung der Leitungen*.

Von Dr. h. c. Dr.-Ing. E. h. **Fritz Lüschen**, Berlin.

In der Rationalisierung des Telegraphen- und Fernsprechbetriebes spielt die Mehrfachausnutzung der Leitungen eine bedeutende Rolle. Man schickt heute über eine Freileitung gleichzeitig bis zu 20 Telegramme, über eine Pupinkabelleitung bis zu 10 Telegramme, man führt auf einer Leitung gleichzeitig bis zu 5 Gespräche, telegraphiert und telephoniert gleichzeitig über dieselbe Leitung. Die Länge der Fernsprechstromkreise im deutschen Fernkabelnetz betrug am Ende des Jahres 1929 nach einer mir freundlichst vom Reichspostministerium überlassenen Zusammenstellung 899 145 km, davon waren nahezu ein Drittel Kunststromkreise zur Mehrfachausnutzung benutzt, durch die 5 840 000 kg Kupfer erspart wurden.

Es ist bemerkenswert, daß die Träger der Entwicklung der Telegraphen- und Fernsprechtechnik lange vor der Erfindung des Wortes „Rationalisierung" ihre Aufgaben von der wirtschaftlichen Seite angefaßt haben. Schon 1854 haben unabhängig voneinander Frischen und Werner Siemens Verfahren zur Duplextelegraphie vorgeschlagen und im Jahre 1886 hat van Rysselberghe elektrische Weichen gebaut, die das gleichzeitige Telegraphieren und Telephonieren über eine Leitung gestatteten und die bis in den Weltkrieg hinein, z. B. beim Militär, eine nützliche Anwendung gefunden haben. Aber erst in den letzten 15 Jahren haben die Erkenntnisse und technischen Mittel zu einer bis dahin ungeahnten Ausnutzung der Leitungen geführt. Der Siegeszug der Mehrfachausnutzung der Leitungen, die schnelle Umsetzung der neuen Erkenntnisse in wirtschaftliche Werte beweisen, daß der Geist der ersten ruhmreichen Pioniere auf diesem Gebiete auch heute noch lebendig ist.

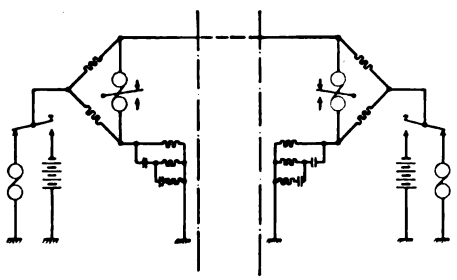


Abb. 1. Brückenschaltung für Duplextelegraphie.

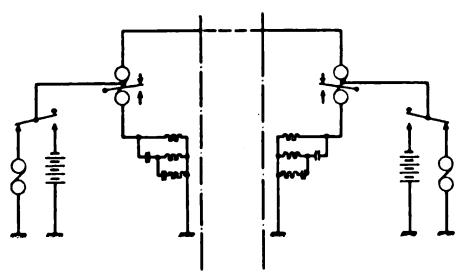


Abb. 2. Differentialschaltung für Duplextelegraphie.

Die Mehrfachausnutzung der Leitungen beruht auf 3 verschiedenen Prinzipien: auf Ausgleichs- oder Brückenschaltungen, auf der Benutzung von Trägerfrequenzen und Siebketten und auf der abwechselnden Verbindung von verschiedenen Apparaten mit der gleichen Leitung. Diese letztere Art möchte ich als Pseudo-Mehrfachausnutzung bezeichnen, da zwar mehrere Apparate über eine Leitung betrieben werden, aber die Leitung immer nur für eine Zeichenübermittlung gleichzeitig benutzt wird.

Abb. 1 zeigt den Typus der Brückenschaltung für Duplextelegraphie. Diese Schaltung wurde zum ersten Male im Jahre 1863 von Maron, Berlin, angewendet. Abb. 2 zeigt die von Werner Siemens 9 Jahre früher erfundene Schaltung. In ihr sind die beiden Brückenarme als Wicklungen eines Relais ausgebildet. Man bezeichnet sie als Differentialschaltung. Für reine Telegraphenleitungen haben sich diese Schaltungen ganz allgemein durchgesetzt. Sie erfordern die Nachbildung des Scheinwiderstandes der Leitungen. Bei Freileitungen und kürzeren Kabeln sind diese Nachbildungen verhältnismäßig einfache Gebilde aus Widerständen und Kondensatoren. Dagegen ist der Abgleich von langen Seekabeln sehr schwierig. Es liegt dies daran, daß der Abgleich sehr genau erfolgen muß, da die ankommenden Ströme infolge der hohen Dämpfung der Kabel nur wenige Mikroampere betragen und schon geringe Ungenauigkeiten im Abgleich beim Senden Ausgleichströme zwischen Leitung und Kunstleitung zur Folge haben, die in die Größenordnung der Empfangsströme fallen. Man muß diese langen Seekabel für das erste Drittel in Widerstand, Kapazität und Ableitung daher sehr genau nachbilden und sie sorgfältig vor Temperatur- und Feuchtigkeitseinflüssen schützen. Es ist aber gelungen, für gewöhnliche Seekabel befriedigende Nachbildungen herzustellen. Bei etwa 700 000 km Seekabeln kommt das einer Ersparnis an Investitionen von über 2 Mrd RM gleich. Die neuesten Seekabel sind nach einem Verfahren der Western Electric Co. mit erhöhter Induktivität versehen; sie haben über dem Kupferdraht eine Schicht von Permalloy, einer Eisennickellegierung, die eine besonders hohe Anfangspermeabilität besitzt. Für diese Kabel konnte man bisher eine genügend genaue Nachbildung nicht erzielen. Trotzdem leisten sie mehr als die besten alten Kabel. In diesen er-

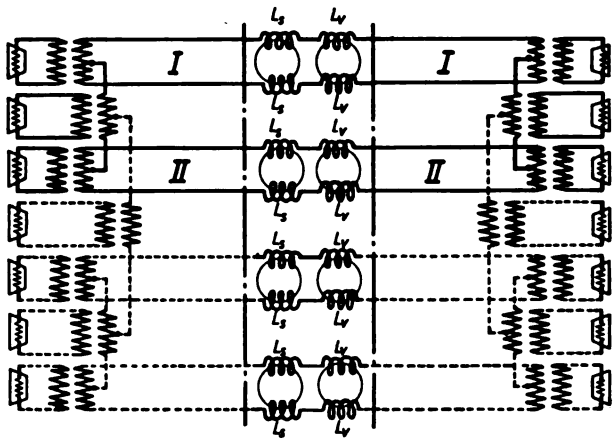


Abb. 3. Brückenschaltung für Doppelsprechbetrieb (Achter).

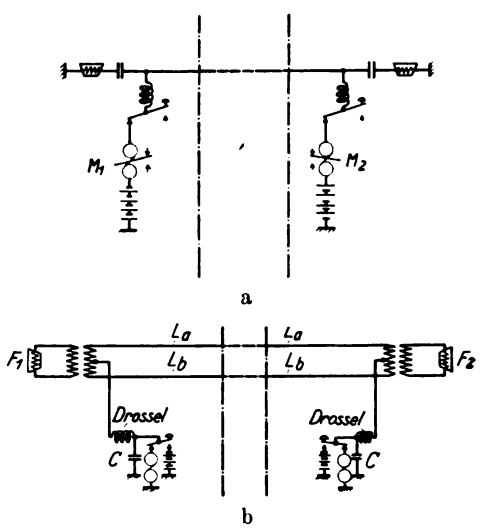


Abb. 4a u. b. Gleichzeitiges Telegraphieren auf einer Fernsprech-Einfach- und -Doppelleitung.

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins.

Digitized by Google

reichte man eine Telegraphiergeschwindigkeit im Duplexbetrieb in beiden Richtungen von etwa 250 Buchstaben, also eine Gesamtleistung von 500 Buchstaben in der Minute. In den neuen Kabeln erzielt man in einer Richtung eine Leistung von 1500 Buchstaben/min. Der Duplexbetrieb mußte aber vorläufig durch einen Pseudo-Mehrfachbetrieb mit wechselnder Richtung ersetzt werden.

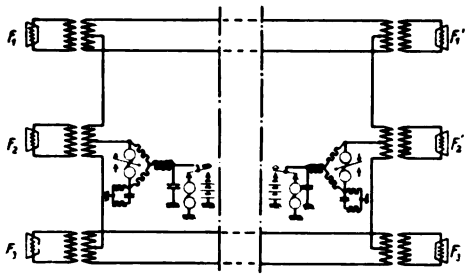
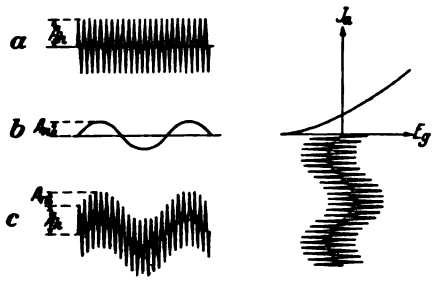


Abb. 5. Viererschaltung für 3 Gespräche und 2 Telegramme bei Duplexbetrieb.

Es ist auch möglich, in einer Leitung gleichzeitig vier Telegramme, u. zw. je zwei in jeder Richtung zu übermitteln. Den Grundgedanken der Schaltung haben Stark in Wien und Bosscha in Leiden 1855 angegeben; jedoch haben erst im Jahre 1874 Edison und Presscott eine für den praktischen Betrieb brauchbare Schaltung gefunden. Der Betrieb hat sich aber nicht durchsetzen können.



a Trägerfrequenz
b Zeichenfrequenz
c Zeichen- u. Trägerfrequenz

Abb. 6. Modulation mit Hilfe der Röhrenkennlinie.

In der Telephonie wird durch eine Brückenschaltung der sog. Doppelsprechbetrieb (Abb. 3) ermöglicht. Man führt je ein Gespräch in den einen Vierer bildenden Doppelleitungen *I* und *II* und ein drittes Gespräch, indem man die Doppelleitung *I* als Hinleitung, die Doppelleitung *II* als Rückleitung benutzt. Man nennt den so gebildeten neuen Stromkreis den Phantomstromkreis. Die Schaltung stammt von Frank Jacob aus dem Jahre 1882. Die deutsche Reichspost begann mit ihr Versuche auf Freileitungen im Jahre 1885 unter Elsässer. Der Doppelsprechbetrieb ist heute in fast allen Fernkabeln in der ganzen Welt die Regel.

drei Gespräche geführt und zwei Telegramme in Duplexschaltung gesendet werden. Von diesen Telegraphenschaltungen wird aber heute auch nur wenig Gebrauch gemacht, da man im allgemeinen, namentlich mit Rücksicht auf die zunehmenden mit Erde verbundenen Starkstromanlagen, vermeidet, überhaupt mit Erde als Rückleitung zu arbeiten.

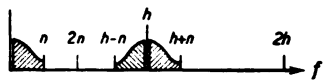


Abb. 7. Schwingungen, die durch Modulation der Trägerfrequenz *h* mit der Niederfrequenz *n* entstehen.

Der zweite Typus der Mehrfachtelegraphie und -telephonie besteht in der Benutzung verschiedener Frequenzen als Träger der Zeichenströme und Trennung der verschiedenen Frequenzbänder durch elektrische Weichen oder Siebe.

Wechselströme als Träger der Telegraphenzeichen zu benutzen und durch elektrische Weichen zum Mehrfachbetrieb zu verwenden, ist ein alter Gedanke. Der erste Vorschlag wurde 1886 von Elisha Gray gemacht; er benutzte mechanisch abgestimmte Empfänger. Vervollkommnet wurde dies System mit mechanisch abgestimmten Apparaten von Mercadier. Schon 1890 machte Pupin Vorschläge mit elektrisch abgestimmten Resonanzkreisen, 1892 folgten Hutin und Leblanc, 1894 Stone-Stone. Die ersten Versuche mit Trägerfrequenztelephonie machten 1909 Ruhmer und 1910 Squier. Alle diese Erfinder kamen aber nicht zu praktischen Erfolgen, da ihnen die volle Erkenntnis über den Vorgang der Modulation und die uns heute zur Verfügung stehenden technischen Mittel fehlten. Der praktische Erfolg wurde erst dadurch ermöglicht, daß man die Hochvakuumröhren als Generatoren, Modulatoren, Verstärker und Gleichrichter benutzen lernte und daß man durch die Theorie, die K. W. Wagner über die Kettenleiter und über Wellensiebe und Wellensperren aufgestellt hat, solche Siebe und Sperren exakt zu berechnen lernte. In Amerika hat unabhängig von Wagner G. A. Campbell die theoretischen Grundlagen für die außerordentlich fruchtbare Entwicklung dieser Art von Mehrfachausnutzung der Leitungen gegeben.

Abb. 8. Trägerfrequenz mit oberem und unterem Seitenband.

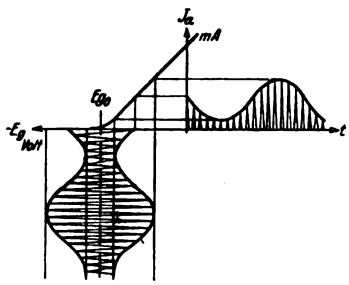


Abb. 9. Demodulation in der Richtverstärkerschaltung.

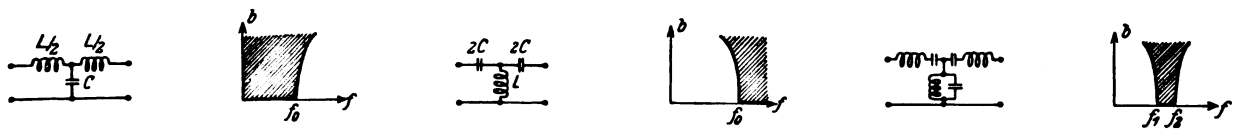


Abb. 10. Spulenleitung. Abb. 11. Kondensatorleitung. Abb. 12. Verschiedene Arten von Siebketten.

Bekanntlich werden in die Fernleitungen zur Erhöhung der Induktivität nach Pupin Spulen eingeschaltet, durch die die Kapazitätsströme und damit die Verluste durch Stromwärme herabgesetzt werden. Die in die Stammleitungen eingeschalteten Spulen bringen keine Induktivität in den Phantomkreis ein, da die sie parallel durchfließenden Ströme die Spulen in entgegengesetzter Richtung magnetisieren. Erst nachdem A. Ebeling das Mittel auch für die Pupinisierung der Phantomkreise durch besondere Spulen angegeben hatte, konnte das Doppelsprechen auf Pupinleitungen den großen Umfang annehmen, den es heute hat.

Man kann natürlich auch Vierer zu Achtern zusammenschalten, wie es Abb. 3 andeutet, und Achter zu Sechzehnern. Davon wird aber kaum Gebrauch gemacht, da es die Schaltungen zu sehr kompliziert.

Abb. 4 a und b zeigt die Benutzung einer Fernsprechleitung zum Telegraphieren mit Erde, Abb. 5 einen Vierer, über den gleichzeitig

In Deutschland sowohl wie in den V. S. Amerika wurden die Arbeiten zur Entwicklung von Mehrfachtelephonie- und -telegraphiesystemen mit hochfrequenten Trägerströmen schon während des Krieges aufgenommen. In Deutschland waren es vor allem K. W. Wagner zusammen mit der Telefunken-Gesellschaft und dem RPZ sowie Faßbender und Habann in den unter der Leitung von Max Wien stehenden militärischen Laboratorien. In Amerika waren es die Bell-Laboratorien und die American Telegraph- and Telephone Co. Die ersten Veröffentlichungen in Deutschland von K. W. Wagner sowohl als auch von Faßbender und Habann sowie die erste amerikanische Veröffentlichung von Jewett stammen alle aus dem Jahre 1919. Seit dem Jahre 1922 wurde die Weiterentwicklung des Telefunkengerätes in Zusammenarbeit mit dem RPZ und Telefunken vom Zentrallaboratorium im Wernerwerk der Siemens & Halske AG. übernommen. Hier sind besonders zu nennen: Tuczek von Siemens & Halske, Burchardt und Schulz vom RPZ, Muth von Tele-

Digitized by Google

funken. Auch von den Deutschen Telephon-Werken und von der C. Lorenz AG. wurden Systeme für Trägerfrequenz-Telephonie entwickelt.

Ich darf noch ein besonderes Wort der Ausnutzung der Fernsprechkabel für Telegraphie widmen. Während Faßbender und Habann dafür eintraten, besondere Kabel für Hochfrequenztelegraphie zu verlegen, sagte ich mir, als die großzügige Politik des Reichspostministeriums unter Führung von Staatssekretär Bredow,

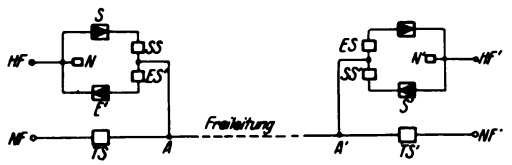


Abb. 13. Prinzipschaltbild eines Hochfrequenztelephonie-Systems.

Feyerabend und Craemer einsetzte, die Fernsprechfreileitungen durch Kabel zu ersetzen, daß aus wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen diese Kabel auch den gesamten Telegraphenverkehr aufnehmen müßten, daß man dabei die Kabel, wie sie sind, einschl. ihrer Verstärker, auf beliebige Entfernungen benutzen und dazu Ströme von der Frequenz und der Stärke der Sprechströme verwenden müßte. Im September 1921 konnten wir, insbesondere dank der Arbeit von A. Clausing im

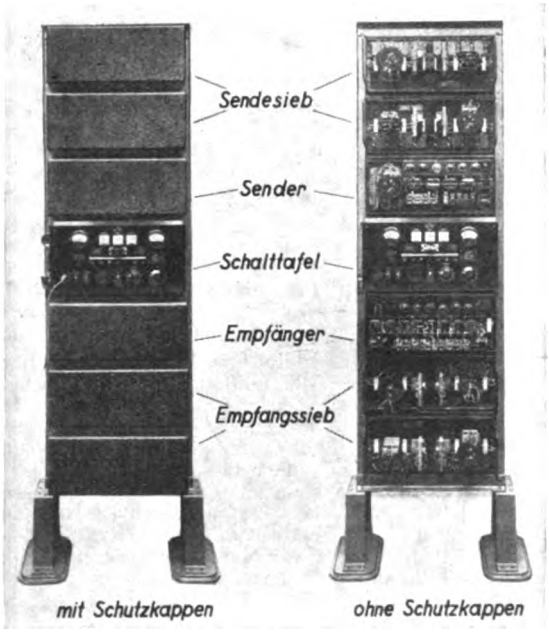


Abb. 14. Hochfrequenztelephonie-Gerät von Siemens.

Zentrallaboratorium von S & H das erste Mehrfach-Tonfrequenzsystem für Pupin-Fernsprechkabel, wie wir es nannten, der deutschen Reichspost vorführen. Mein Freund Wollin im RPZ nahm die Idee begeistert auf und nach gemeinsamen Betriebsversuchen konnte ich im September 1922 im Elektrotechnischen Verein ein Sechsfach-Tonfrequenzsystem vorführen. Am Schluß meines Vortrages sagte ich damals, daß ich dieses Telegraphiersystem als das Telegraphiersystem der Zukunft ansehe, und Staatssekretär Bredow sagte in der Diskussion, daß sicher ein großer Teil des zukünftigen Telegraphenverkehrs in einigen wenigen Adern der Fernsprechkabel durch das vielversprechende neue Nachrichtenmittel der Tonfrequenztelegraphie abgewickelt werden würde. Das hat sich bis zu hohem Grade schon bewahrheitet, wie wir nachher sehen werden. Auch die Bell-Laboratorien brachten einige Jahre später (1925) ein Tonfrequenz-Telegraphiersystem für Fernsprechkabel heraus.

Den Vorgang, durch den man einen Wechselstrom zum Träger eines Zeichenstromes macht, nennt man Modulation. In der Hochfrequenztelephonie handelt es sich also bei der Modulation darum, die Amplitude des Hochfrequenzstromes im Rhythmus der Fernsprechströme zu verändern. Dies erreicht man z. B. dadurch, daß man die Hochfrequenz h und die Niederfrequenz n gemeinsam auf den krummlinigen Teil einer Röhrenkennlinie einwirken läßt (Abb. 6). Hinter der Röhre entsteht dann ein Frequenzband, das in der Hauptsache die Schwingungen n, $2n$, $h-n$, h, $h+n$, $2h$ enthält (Abb. 7). Die beiden zur Seite der Trägerfrequenz liegenden Frequenzbänder nennt man das untere und das obere Seitenband. Die Breite der Seitenbänder entspricht also dem Bereich der zu übermittelnden Zeichen-

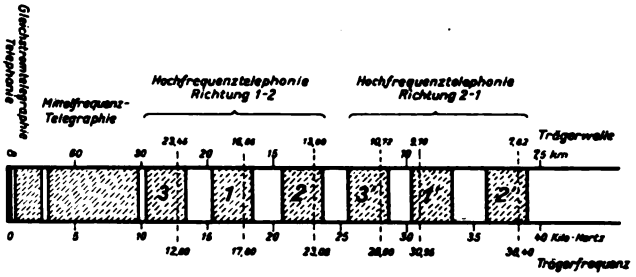
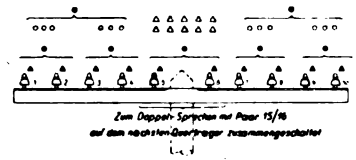


Abb. 15. Mehrfachausnutzung einer Freileitung nach dem Siemens-System.

frequenzen, in der Telephonie 300 ... 2400 = 2100 Hz, im Rundfunk je nach der Güte 30 ... 6000 oder 10 000 Hz, in der Telegraphie je nach der Telegraphiergeschwindigkeit 20 bis 70 Hz.

Ein mit einem sinusförmigen Zeichenstrom modulierter Trägerstrom, d. h. Hochfrequenz plus die beiden Seitenbänder — die übrigen Frequenzen hält man von der Leitung fern —, hat die Form der Abb. 8. Man kann auch nur ein Seitenband und die Trägerfrequenz benutzen, der Charakter des modulierten Trägerstromes wird dadurch nicht geändert. Im Empfänger soll aus dem ankommenden modulierten Trägerstrom der Zeichen-



Summe:	Teleph.	Telegr.
• Niederfr.-Gespräch	7,5	
o Trägerfr.-Telephonie	12,0	
▲ Geerd. Gleichstr.-Telegr....		10
△ Trägerfr.-Telegraphie		10
	19,5	20

Abb. 16. Mehrfachausnutzung einer Freileitung nach dem System der ATT. Co.

strom wiedergewonnen werden. Dies geschieht durch Gleichrichtung in einer Audion- oder Richtverstärkerschaltung. Abb. 9 zeigt die Demodulation in der Richtverstärkerschaltung. Man führt die Hochfrequenzschwingung dem Gitter einer Verstärkerröhre zu, das eine solche negative Vorspannung hat, daß die ankommende Wechselspannung um den Anfangspunkt der Röhrenkennlinie schwingt. Im Anodenkreis fließt dann ein im Takte der Hochfrequenz pulsierender Strom, dessen Einhüllende in Amplitude und Frequenz den dem Sender zugeführten Zeichen entspricht. Die Hochfrequenzschwingungen müssen durch besondere Siebmittel nach der Gleichrichtung unterdrückt werden.

Will man auf einer Leitung mehrere Trägerfrequenzen benutzen, dann müssen sie bei den Empfängern durch Siebmittel voneinander getrennt werden. Je breiter das Seitenband ist, desto weiter müssen die Trägerfrequenzen auseinanderliegen. Man muß sich darüber klar sein, daß ein Telephonieweg den gleichen Bereich in Anspruch nimmt wie 18 Telegramme mit 800 Buchstaben für das Telegramm. Ein guter Rundfunk nimmt im Äther einen Bereich von etwa 50 Telegrammwegen ein.

Bei den Sendern müssen Siebketten außerdem für die Trennung der einzelnen Sprechkanäle vorgesehen werden, um die bei der Modulation entstehenden Frequenzen n, $2n$ und $2h$ sowie u. U. das eine Seitenband von der Leitung fernzuhalten. Siebketten sind ferner nötig, um den Hochfrequenzströmen den Weg zum Teilnehmer des niederfrequenten Gesprächs zu versperren.

Im Zusammenhang zeige ich noch einmal die verschiedenen Typen von elektrischen Weichen und Sieben. Um alle Frequenzen, die oberhalb einer bestimmten Frequenz f_0 liegen, zu unterdrücken, verwendet man eine Spulenleitung (Abb. 10). $f_0 = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$ heißt die Grenzfrequenz der

Digitized by Google

Spulenleitung. Für alle Frequenzen unterhalb der Grenzfrequenz ist die Dämpfung b sehr klein, während alle Frequenzen oberhalb f_0 stark gedämpft werden. Das umgekehrte Verhältnis zeigt die Kondensatorleitung (Abb. 11); hier werden alle Frequenzen unterhalb $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ stark gedämpft. Um schmale Durchlässigkeitsbereiche zu erhalten, kann man Siebketten nach Abb. 12 verwenden. Eine solche Siebkette läßt nur die Frequenzen zwischen f_1 und f_2 ungedämpft durch, während alle anderen

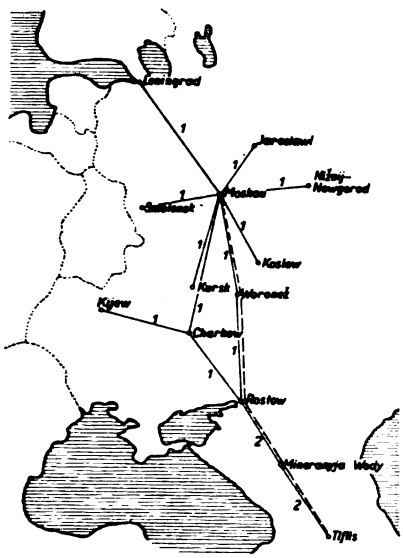


Abb. 17. Russisches Höchfrequenztelephonie-Netz.

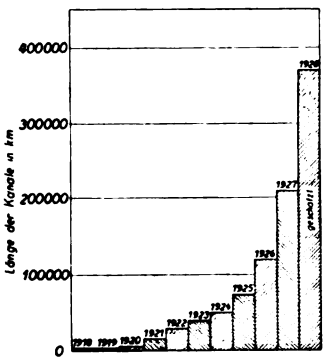


Abb. 18. Hochfrequenztelephonie in Amerika.

quenzen für jedes Gespräch. Die Niederfrequenzleitung verbindet man über eine besondere Ausgleichschaltung mit dem Hochfrequenzsystem. Dabei werden die normalen Niederfrequenzapparate verwendet. Als Trägerfrequenzen für den Freileitungsverkehr wählt man Frequenzen zwischen 5000 und 40 000 Hz. Frequenzen über 40 000 Hz verwendet man zweckmäßig nicht, da die Dämpfung der Leitungen zu hoch ansteigt und man Verstärker in so kurzen Abständen einbauen müßte, daß der Betrieb nicht mehr rentabel wäre.

Abb. 13 zeigt das Prinzipschaltbild eines Hochfrequenztelephonie-Systems. Abb. 14 gibt eine Ansicht des jetzigen Siemens-Gerätes. Das Lorenz-System zeigt als Besonderheit, daß es Maschinen mit der Schmidtschen Drehzahlregelung als Generatoren und für Modulation Drosselspulen nach P u n g s benutzt.

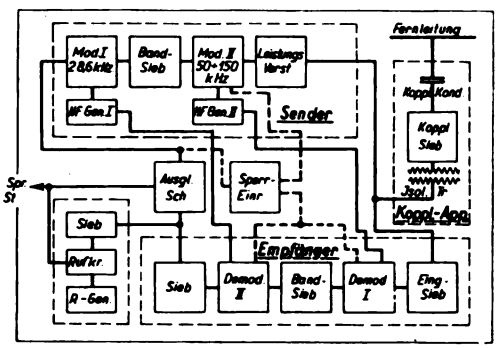


Abb. 19. Schaltung für Hochfrequenztelephonie mit unterdrückter Trägerfrequenz für Hochspannungsleitungen.

Frequenzen stark gedämpft werden. Man verwendet im allgemeinen für die beiden Richtungen eines Gespräches nicht die gleiche Trägerfrequenz, braucht also zwei Fre-

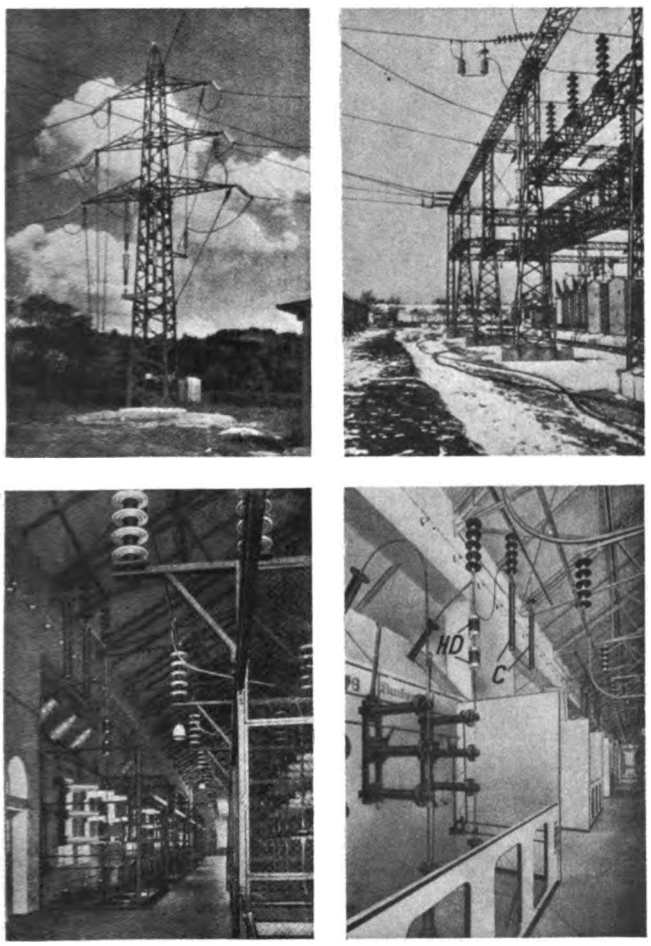


Abb. 20 – 23. Anordnung der Kopplungskondensatoren und Hochfrequenzsperren in Freiluftstationen und Hallenbauten.

Die Trägerfrequenz-Telegraphie besteht darin, daß man an Stelle eines Gleichstrom-Telegraphierzeichens einen Zug von Wechselströmen über die Leitung sendet und diese am Ende gleichrichtet. Auch hier verwendet man beim Betrieb auf einer Leitung in beiden Richtungen verschiedene Trägerfrequenzen. Auf die Schaltungen komme ich kurz bei der Tonfrequenztelegraphie zurück. Auf Freileitungen verwendet man für die Telegraphie zweckmäßig das Frequenzband zwischen der Niederfrequenztelephonie und Hochfrequenztelephonie, z. B. den Frequenzbereich von etwa 3000...10000 Hz. Man kommt dann zu folgender Ausnutzung einer Freileitung, wie sie z. B. das Siemens-System vorsieht (Abb. 15):

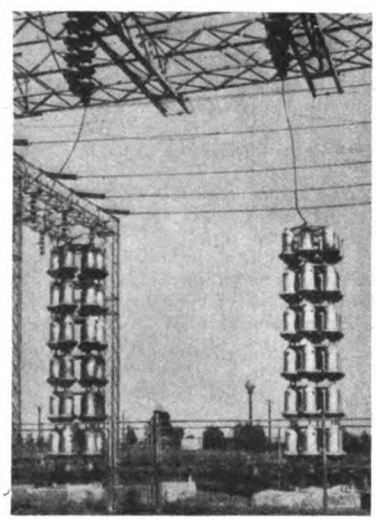


Abb. 24. Amerikanische Koppelkondensatoren für 220 kV.

4 Gleichstromtelegramme der verbesserten van Ryselberghe-Schaltung und Duplexbetrieb,
1 Niederfrequenzgespräch oder 12 Tonfrequenzen,
20 Mittelfrequenztelegramme, 10 in jeder Richtung,
3 Hochfrequenzgespräche.

Wie aus Abb. 15 zu ersehen ist, wird in der Telephonie in der Hauptsache nur das eine Seitenband übermittelt. In Amerika ist von den Bell-Laboratorien auch ein System entwickelt worden, bei dem die Trägerfrequenz unterdrückt, also nur das eine Seitenband übermittelt wird. Die Trägerfrequenz muß dann am Empfangsende wieder zugesetzt werden. Es würde im Rahmen dieses Vortrages zu weit führen, die Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren zu erläutern. Ich möchte nur noch in Abb. 16 zeigen, wie von der ATT. Co. eine Freileitung ausgenutzt wird.

In Ländern mit dichter Bevölkerung und ausgedehntem Kabelnetz spielt die Hochfrequenztelephonie eine

Digitized by Google

verhältnismäßig geringe Rolle. Dagegen hat sie einen ganz erheblichen Wert in Ländern mit ausgedehntem Freileitungsnetz. Immerhin sind in Deutschland rd. 12 000 km Hochfrequenzstromkreise geschaffen worden. Telefunken- bzw. Siemens-Apparate sind außerdem in der Schweiz, Schweden, Tschechoslowakei, Polen, Lettland, Norwegen, Spanien, Japan, Argentinien, Rußland aufgestellt. Besonders ausgedehnt ist das russische Netz, wie aus Abb. 17 hervorgeht. Einen außerordentlich großen Umfang hat die Hochfrequenztelephonie auf dem Ost und West verbindenden Freileitungsnetz in Amerika angenommen (Abb. 18).

Geradezu umwälzend hat diese Trägerfrequenz-Telephonie im Nachrichtenverkehr der großen Elektrizitätswerke gewirkt. In Deutschland wurden hierfür Systeme von Telefunken und von den Deutschen Telephon-Werken entwickelt. Im Prinzip unterscheiden sich diese Systeme natürlich nicht von den besprochenen Mehrfachsystemen. Nur die Ankopplung an die Hochspannungsleitungen mußte natürlich besonders ausgebildet werden. In Amerika verwendet man auch hier z. T. Systeme mit unterdrückter Trägerfrequenz. Abb. 19 zeigt das Schema eines solchen Systems. Zur Ankopplung an die Hochspannungsleitung dienen Kondensatoren, die so bemessen sein müssen, daß die Hochspannung nicht nach den Telephonie-

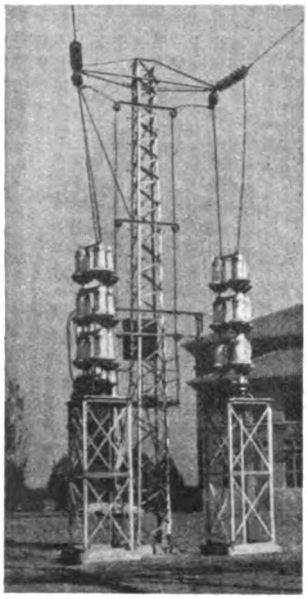


Abb. 25. Amerikanische Koppelkondensatoren für 100 kV und Kasten für die Siebspule.

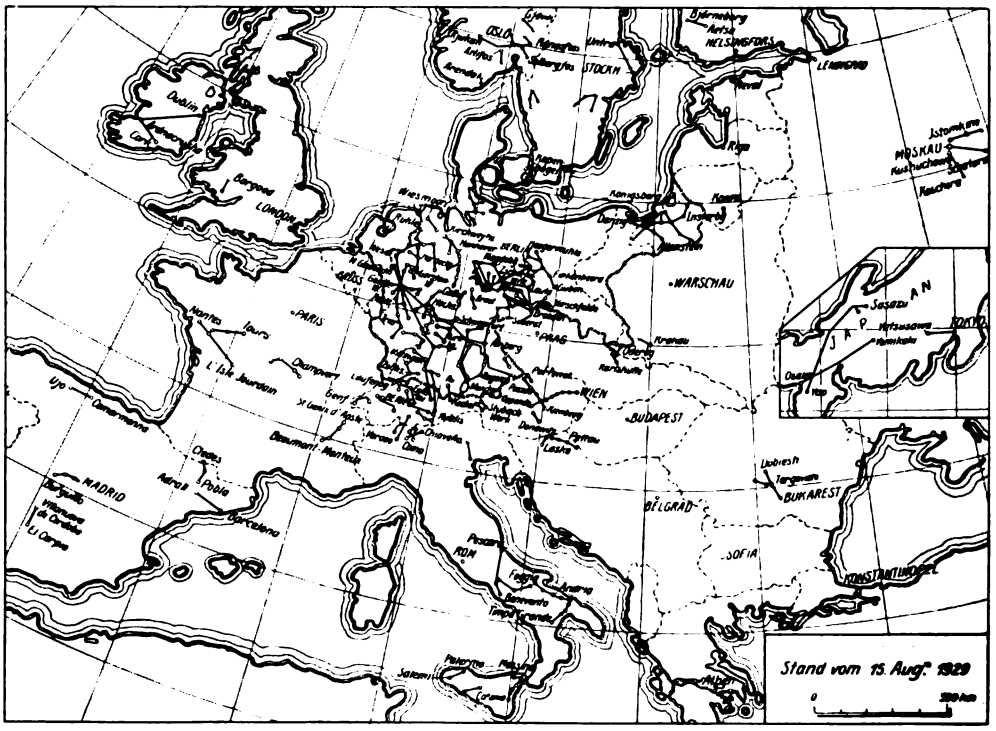
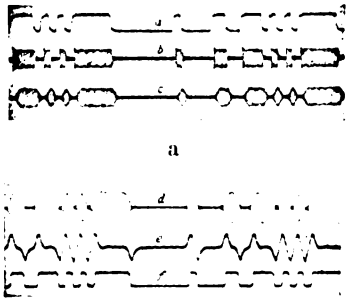


Abb. 26. Netz der von Telefunken eingerichteten Hochfrequenztelephonie-Stationen.



a Strom im Ortskreis des Senderelais, oben Zeichen-, unten Trennseite
b Trägerfrequenz am Eingang der Sendesiebkette
c Trägerfrequenz am Ausgang der Sendesiebkette
d Trägerfrequenz am Ausgang der Empfangskette
e Impulse zur Steuerung des Empfangsrelais
f Strom im Ortskreis des Empfangsrelais

Abb. 29. Oszillogramm von Telegraphierzeichen beim Tonfrequenz-Verfahren.

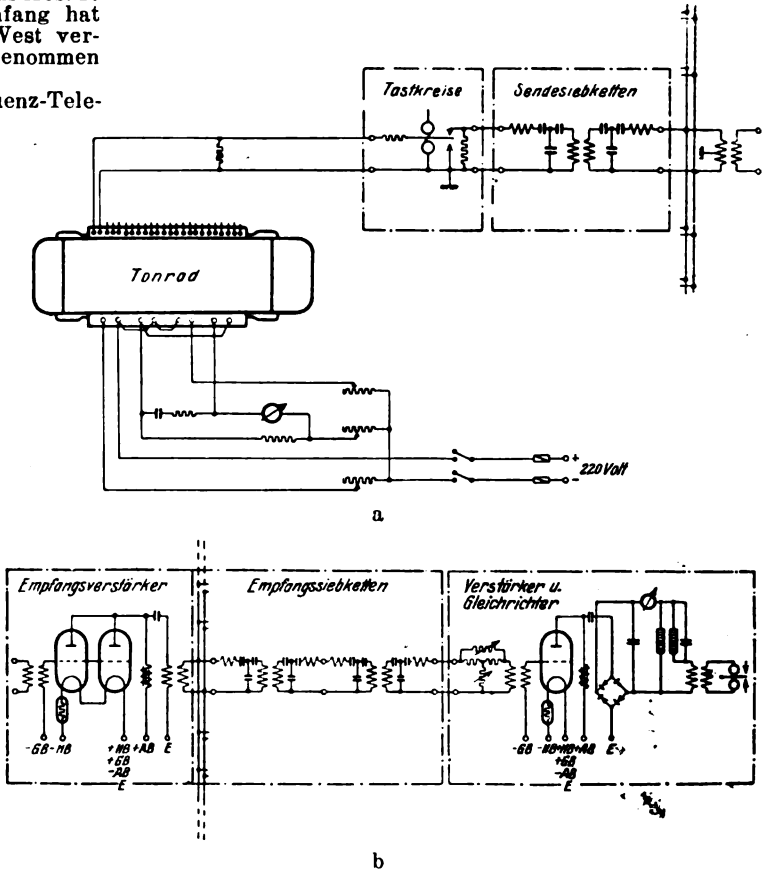


Abb. 28. Prinzipschaltung des Senders (a) und Empfängers (b) der Tonfrequenz-Zwölffach-Telegraphie.

Digitized by Google

geräten überschlagen kann. Um Hochfrequenz-Energieverlust über die Erdkapazitäten der Sammelschienen und Transformatoren zu vermeiden und um Unabhängigkeit von Schaltvorgängen zu erzielen, ist es erforderlich, der Hochfrequenz den Weg zu den Sammelschienen durch Hochfrequenzdrosseln zu sperren. Die Abb. 20 ... 23 zeigen einige Innen- und Außenmontagen, die von der Telefunken-Gesellschaft ausgeführt sind, Abb. 24 und 25 einige amerikanische Außenmontagen. Über den Gesamtumfang, den die EW-Telephonie mit Trägerfrequenz angenommen hat, lassen sich schwer Zahlen angeben. Einen Eindruck von ihrer Bedeutung gibt aber als Beispiel das Netz der von der Telefunken-Gesellschaft eingerichteten Stationen (Abb. 26).

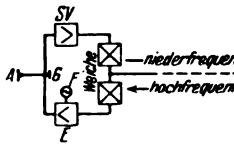


Abb. 27. Prinzipschaltbild für Zweiband-Telephonie.

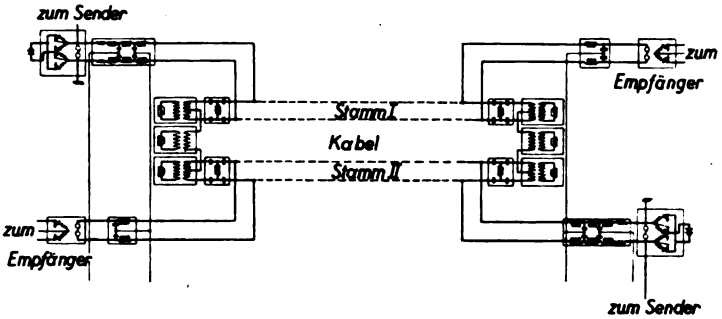
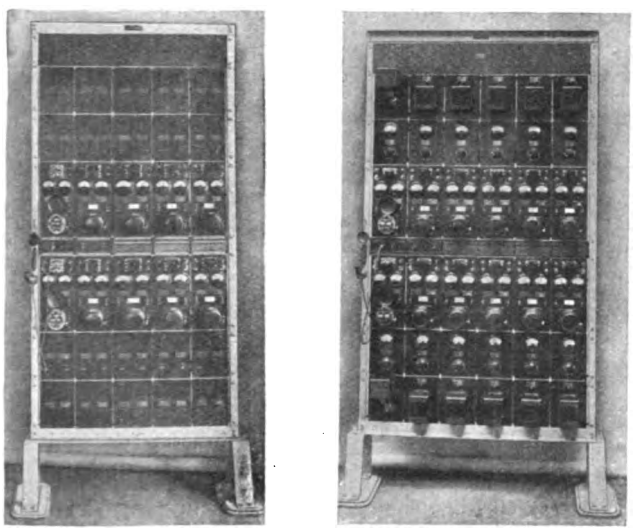


Abb. 30. Prinzipschaltbild für Unterlagerungstelegraphie.



a b

Abb. 31. Relaisgestell für Unterlagerungstelegraphie (a) und für Tonfrequenz-Telegraphie (b).

Ganz neuerdings hat eine besondere Art der Mehrfachausnutzung von Doppelleitungen, die Zweiband-Telephonie, Bedeutung gewonnen (Abb. 27). Diese Bezeichnung, die gleichzeitig das Prinzip zum Ausdruck bringt, kommt daher, daß für ein Gespräch zwei voneinander getrennte Frequenzbänder verwendet werden, u. zw. wird die Doppelleitung in der einen Richtung mit gewöhnlicher Niederfrequenz, in der Gegenrichtung mit Trägerfrequenz betrieben. An den Enden werden die beiden Gesprächswege durch Filter voneinander getrennt. Auf diese Weise erzielt man eine Verbindung, die dieselbe gute Stabilität wie eine Vierdrahtleitung hat, spart jedoch dieser gegenüber durch die Doppelausnutzumng ein Leitungspaar. Da die beiden Frequenzbänder unmittelbar nebeneinander liegen (300 ... 2400, 3100 ... 5200 Hz, Trägerfrequenz 5500 Hz), können auch pupinisierte Kabel verwendet werden. Dies ist besonders wichtig für Pupin-Seekabel, die bisher ausschließlich in Vierdrahtschaltung betrieben wurden. Das Zweiband-Fernsprechen schafft hier die Möglichkeit, ohne einen Aufwand an neuen Leitungen die Zahl der Gesprächswege zu verdoppeln. Hiervon wird schon z. Z. beim Schwedenkabel III zwischen Stralsund und Malmö Gebrauch gemacht; man denkt ferner daran, die für die nächste Zeit neu zu bauenden Pupin-Seekabel als Zweibandkabel auszuführen. Wenn man bedenkt, daß ein Kabel Deutschland—Schweden mit 12 Stromkreisen etwa 1½ Mill M kostet, so erkennt man, welche Bedeutung der Verdopplung der Sprechkreise durch die Zweiband-Telephonie zukommt. Dieses neue Zweiband-Telephonie-System wurde im Zentrallaboratorium der Siemens & Halske AG. von H. F. Mayer entwickelt.

Abb. 28 zeigt die Prinzipschaltung der Tonfrequenz-Mehrfachtelegraphie. Bemerkenswert ist daran, daß wir die Röhrengleichrichter durch Kupferoxydul-Gleichrichter ersetzt haben. Aus den Oszillogrammen (Abb. 29) ersieht man noch einmal deutlich die Umwandlungen, die ein Telegraphierzeichen bei dieser Art von Telegraphie durchläuft. Ein ganzes System besteht aus einer normalen Fernsprech-Vierdrahtleitung und den zugehörigen Apparaten, auf der einen Stammleitung werden 12 Telegramme in einer Richtung und auf der anderen 12 Telegramme in der anderen Richtung befördert. Falls der Übertragungsbereich in der Telephonie auf 2400 Hz erhöht wird, was sehr wahrscheinlich ist, wird man die Zahl der Telephonietelegramme noch von 12 auf 18 erhöhen können. Die

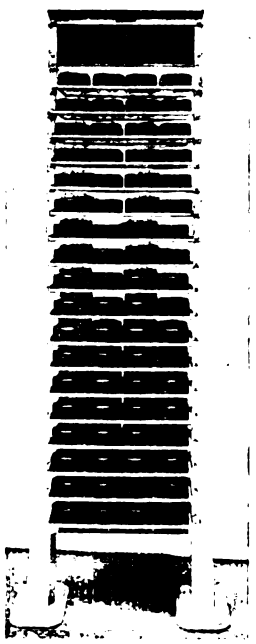


Abb. 32. Siebketten-Gestell für Zwölffach-Tonfrequenz-Telegraphie.

Abb. 34. Maschinengestell für Tonfrequenz-Telegraphie

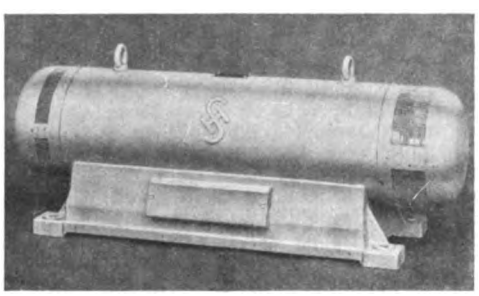


Abb. 33. Tonrad für 12 Frequenzen.

Digitized by Google

Reichweite der Tonfrequenz-Telephonie ist größer als die der Relaistelegraphie; sie beträgt über 4000 km.

Für Entfernungen unter etwa 300 km Länge ist das Tonfrequenz-Telephonie-System nicht wirtschaftlich. Für kürzere Entfernungen wurde daher auf das alte System von van Rysselberghe der gleichzeitigen Gleichstromtelegraphie und -telephonie und Trennung der Stromkreise durch elektrische Weichen zurückgegriffen. Nur wurde der Betrieb jetzt nicht mehr mit Erde, sondern über die Doppelleitung gemacht, und an die Stelle der Kondensatoren und Drosselspulen treten Kondensatorleitungen und Spulenleitungen. Um die Beeinflussung der Fernsprechleitungen auf ein Minimum zu bringen, arbeitet man auch in dieser Gleichstromtelegraphie mit äußerst niedrigen Strömen, 2 ... 3 mA im Empfangsrelais. Es wurde daher die Schaffung neuer, besonders empfindlicher Relais erforderlich. Abb. 30 zeigt die Schaltung dieses Systems. Die ersten Systeme dieser Art wurden von den Bell-Laboratorien entwickelt, es folgten dann Siemens & Halske und das RPZ. Das Ziel dieser Entwicklung war, ein möglichst einheitliches Betriebsystem für die Ausnutzung der Fernsprechkabel für Zwecke der Telegraphie zu schaffen.

Als Gemeinschaftsarbeit des RPZ, insbesondere der Herren Feuerhahn und Stahl und des Zentrallaboratoriums von S & H, insbesondere der Herren Clausing und Jipp, entstand dann ein Reichspostsystem für Unterlagerungs-Telegraphie und Tonfrequenz-Telegraphie, das in weitestem Umfange einer rationellen Fabrikation und einem rationellen Betriebe Rechnung trägt. Abb. 31 zeigt ein Relaisgestell für Unterlagerungstelegraphie und für Tonfrequenz-Telegraphie. Die Gestelle stimmen im Aufbau vollkommen überein, es sind ganz die gleichen Konstruktionselemente verwendet. Sie unterscheiden sich nur dadurch, daß auf jeder Relaisplatte für Unterlagerungstelegraphie sich ein Senderrelais mehr befindet als auf der Platte für Wechselstromtelegraphie. Die Siebketten sind bei beiden Systemen auf gleichartigen Gestellen untergebracht, wie sie auch für die Ringübertrager der Doppelsprechsysteme benutzt werden (Abb. 32). Für die Tonfrequenz-Telegraphie treten dann noch hinzu das Tonrad (Abb. 33), eine Maschine mit 12 Wechselstromgeneratoren auf einer Welle und besonderer Drehzahlregelung, das Maschinengestell (Abb. 34) mit den Regelungseinrichtungen und das Prüf- und Sicherungsgestell (Abb. 35). Abb. 36 zeigt, in welchem Umfange bereits beide Systeme in Deutschland benutzt werden. Im Auslande sind Siemens-Tonfrequenzsysteme aufgestellt bzw. bestellt für Zürich, Mailand, Rom, Paris, Bordeaux.

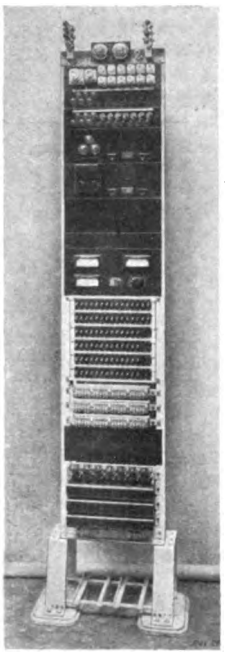


Abb. 35. Prüf- und Sicherungsgestell für Tonfrequenz-Telegraphie.

Eine weitere Möglichkeit der Doppelausnutzung von gewöhnlichen Fernsprechleitungen für gleichzeitige Telegraphie und Telephonie ist durch die Kanaltelegraphie gegeben. Man hat herausgefunden, daß mitten im Sprechbereich ein Gebiet liegt, das für die Sprachübertragung nicht besonders wichtig ist. Man kann also mitten aus dem Sprachband, etwa in der Gegend von 1600 Hz, ein Band von 100 Hz Breite herausschneiden, ohne die Verständlichkeit der Sprache merklich herabzusetzen, und kann dieses Band für Telegraphierzwecke benutzen. Die Telegraphieströme werden gemeinsam mit den Sprechströmen in den normalen Leitungsverstärkern verstärkt. Umgehungs- und Übersetzungseinrichtungen sind daher nicht notwendig. Dieses System eignet sich besonders für lange Fernleitungen mit vielen Zwischenverstärkern, wenn es sich darum handelt, neben der Sprache ein Tonfrequenztelegramm durchzubringen. Im Zentrallaboratorium ausgeführte Versuche berechtigen zu der Hoffnung, daß das hier angedeutete System sich in die Praxis wird einführen lassen. Der Gedanke stammt gleichfalls von Mayer.

Bemerkenswert ist ferner ein Vorschlag der schwedischen Telegraphenverwaltung (A. Holmgren) die leicht belasteten Fernkabel für gleichzeitige Telephonie und Telegraphie zu verwenden[1]. Auf diesen Leitungen wird z. Z. ein Frequenzband von 300 ... 2500 Hz übertragen. Die Kabel sind jedoch in der Lage, infolge der hohen Grenzfrequenz von 5400 Hz ein breiteres Frequenzband zu übermitteln, das jedoch wegen der Einschwingvorgänge für Sprache nicht brauchbar ist. Dagegen könnte man diesen Bereich — es handelt sich etwa um das Frequenzband 3000 ... 3600 Hz — dazu verwenden, um eine Reihe von Tonfrequenzkanälen unterzubringen (Abb. 37). Dieser Vorschlag ist jedoch noch nicht in die Praxis umgesetzt worden.

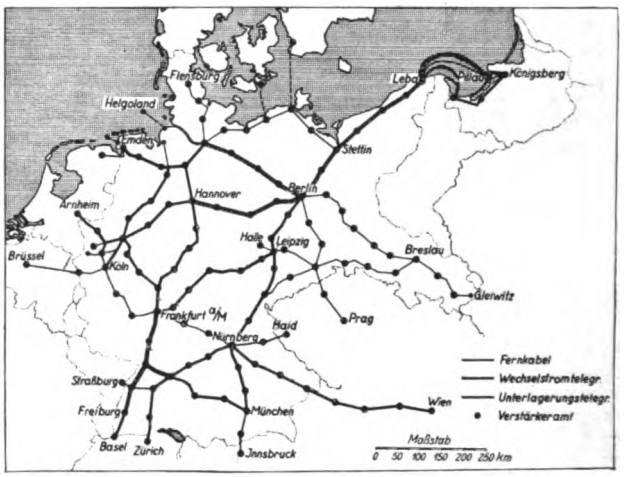


Abb. 36. Tonfrequenz-Telegraphie-Einrichtungen in Deutschland.

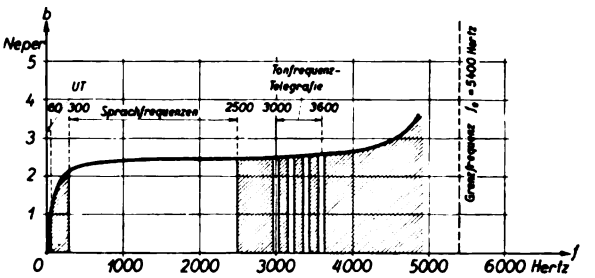


Abb. 37. Gleichzeitige Telephonie und Tonfrequenz-Telegraphie nach Holmgren.

Der dritte Typus der Mehrfachausnutzung der Leitungen wird durch die absatzweise Telegraphie dargestellt (Abb. 38). Zwei synchron rotierende Bürsten schalten nacheinander über zwei zusammengehörende Sektoren zwei zusammengehörende Apparate zusammen. Man verwendet in der Praxis 2, 3, 4 und 6 Sektoren. Man kann alle Apparate in einer Richtung arbeiten lassen oder zum Teil in der einen, zum Teil in der anderen Richtung. Da die Leitung nicht im eigentlichen Sinne mehrfach ausgenutzt wird — es ist stets nur ein Zeichen auf der Leitung —, habe ich diese Art der absatzweisen Telegraphie Pseudo-Mehrfachausnutzung genannt. Der Vorteil liegt darin, daß die Leitung nicht unbenutzt bleibt, während die Übersetzung der einen Buchstaben darstellenden Stromkombination in Druckschrift erfolgt. In diesem Sinne machen übrigens auch der Siemens-Schnelltelegraph und die neueren Fernschreibmaschinen von dem gleichen Prinzip Gebrauch, insofern als während der Übersetzung eines entsprechenden Zeichens schon das nächste übermittelt wird. Das Prinzip der absatzweisen Tele-

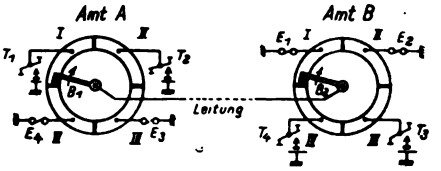


Abb. 38. Prinzip der absatzweisen Telegraphie.

[1] Dieser Vorschlag bildet den Gegenstand einer vom CCI in der 3. Berichterstatterkommission aufgerollten Frage.

Digitized by Google

graphie stammt von Farmer aus dem Jahre 1853. Der erste klassische, bis in die heutige Zeit in großem Umfange verwendete Vertreter ist der Baudot-Apparat; später entstanden in den V. S. Amerika bei der Western Union Co. neue leistungsfähigere Apparate dieses Prinzips; von Siemens & Halske wurde im Jahre 1927 ein Mehrfachsystem dem Comité Consultatif International vorgeführt, bei dem Fernschreibmaschinen, die auch für Simplexbetrieb geeignet sind, über Verteilerscheiben betrieben wurden. Wenn man zwei Sektoren in entgegengesetzter Richtung betreibt, so entsteht dadurch eine Schwierigkeit, daß die Ströme auf der Leitung eine Verzögerung erleiden (Abb. 39). Man muß die Verteiler-

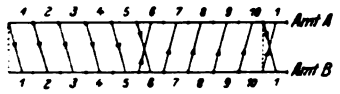


Abb. 39. Stromverzögerung bei absatzweiser Telegraphie in beiden Richtungen.

scheiben (Abb. 38) gegeneinander verschieben, d. h. man verliert die Zeit für den Hin- und Herlauf eines Zeichens bei jedem Richtungswechsel. Auch sind bei diesem Betrieb nicht die normalen Relaisübertragungen brauchbar. Daher betreibt man diese Mehrfachapparate meist nur in einer Richtung und gewinnt die zweite Richtung durch Duplexschaltung. Ich befinde mich in Übereinstimmung mit der Meinung der Reichspostverwaltung, wenn ich glaube, daß im allgemeinen die Pseudo-Mehrfachausnutzung mehr und mehr zurückgehen wird und daß Fernschreibmaschinen und Trägerfrequenz-Telegraphie an ihre Stelle treten werden. Für besondere Zwecke wird sie aber immer eine Bedeutung behalten, wie das Beispiel der Unterseetelegraphie in Permalloykabeln zeigt.

Ich habe geglaubt, in diesem zusammenfassenden Vortrag nicht nur einen Überblick über die bestehenden Systeme und den Umfang ihrer Verwendung geben sondern auch die Namen derer nennen zu sollen, die in der Hauptsache diese Systeme geschaffen haben. Ich hoffe, daß mir dabei keine wesentlichen Irrtümer unterlaufen sind. Auf alle Fälle habe ich meinen Ausführungen für den Druck eine ausführliche Bibliographie beigefügt. Es ist heute manchmal sehr schwer, festzustellen, wem die Priorität einer Erfindung oder eines Erfolges in der technischen Entwicklung gebührt. In den großen Laboratorien der Industrie, den staatlichen technischen Anstalten wird heute der Fortschritt in einer systematischen Arbeit erzielt, der sich nicht immer als eine einfache Erfindung definieren läßt, und vielfach werden die gleichen Probleme an verschiedenen Stellen gleichzeitig bearbeitet. Wegen der vielen Spezialarbeiten, die z. B. in so komplizierten Systemen, wie ich sie hier geschildert habe, notwendig sind — Röhren verschiedenster Leistung, Transformatoren, Siebketten, besondere Relais, Anpassung an den Betrieb —, ist zudem die Mitwirkung vieler und die Zusammenfassung der Arbeit zu einer Gemeinschaftsarbeit notwendig, die nur fruchtbringend sein kann, wenn jeder bereit ist, die Arbeit des anderen anzuerkennen. Es wird zum Nutzen der erforderlichen Gemeinschaftsarbeit sein, wenn wir uns auch hier der ersten Pioniere der elektrischen Telegraphie erinnern, deren vornehme Gesinnung auch in dieser Beziehung vorbildlich war.

Literaturverzeichnis über Mehrfachausnutzung von Leitungen.

Bis 1900.

E. Gray, Experimental researches in electroharmonic telegraphy and telephony. Library United Engg. Soc. 1867—1878. — Researches in electric telephony. Delivered before the Soc. of Telegraph Engs., Oct. 31, 1877.

M. Leblanc, Le téléphone multiplex. Lumière Electrique 1886, S. 97.

E. Mercadier, Multiplex telegraph system. Exposed at the Exposition of Chicago 1893. — Mehrfachtelegraphie. ETZ 1894 u. 1899, S. 305, 318, 336.

Roberson, Quadruplex telegraph. Electr. Eng. 1897, S. 310.

Wm. Maver, American telegraphy; systems, apparatus and operation, 1898, S. 344.

E. Mercadier, Sur la télégraphie multiplex. Compt. rend. 1900 S. 770. — Télégraphe harmonique. L'Electricien 1900, S. 354. — Télégraphe multiple réversible ou multiplex. Génie civil 1900, S. 114.

1900 ... 1910.

J. W. Giltay. Vorschlag zu einer neuen einfachen Methode der Vielfachtelegraphie. ETZ 1901, S. 99.

M. Pupin, Pupin's application of resonance to multiplex telegraphy. Western Electrican 1906, S. 129.

A. Maier, Über Mehrfach-Fernsprechen. ETZ 1907, S. 484.

E. Mercadier, Sur une application nouvelle de la superposition sans confusion des petites oscillations électriques dans un même circuit. Bull. Acad. des Sciences 1908, S. 349.

A. Maier, Über Wechselstrom-Telephonie. ETZ 1908 S. 1119.

Raymond-Barker's multitone vibrating transmitter. The Electrician 1908, Bd. 62, S. 378.

E. Raymond-Barker, The two tone vibrating transmitter and inductive signalling. The Electrician 1909, Bd. 62, S. 546.

F. Weinberg, Wechselstrom als Träger von Telephonströmen. ETZ 1909, S. 160.

A. Maier, Zur Mehrfachtelephonie. ETZ 1909, S. 902.

B. Gáti, Wechselstrom als Träger von Telephonströmen. ETZ 1909, S. 926.

1911 ... 1915.

G. O. Squier, A system of multiplex telephony. El. Rev. West. El. 1911, Bd. 58, S. 97.

E. Ruhmer, Über Vielfachtelephonie. Z. Schwachstromtechn. 1911, part. 4, S. 89.

H. Magunna, Mercadier-Magunna multiplex system. Lumière Electrique 1911, Bd. 13 (2. Ser.) S. 313.

G. O. Squier, Multiplex telephony and telegraphy by Am. Inst. El. Engs. 1911, means of electric waves guided by wires. Proc. 857—905. — U. S. Army Signal Corps Professional Paper, 1911.

J. Stone-Stone, Practical aspects of the propagation of high frequency electric waves along wires. J. Franklin-Inst. 1912, S. 353.

A. Maier, Use of high frequency alternating current in telegraphy, telephony and for power transmission. — The Electrican 1914, S. 734.

K. W. Wagner, Die Theorie des Kettenleiters nebst Anwendungen. Arch. El. 1915, Bd. 3, S. 315.

1916 ... 1920.

F. B. Jewett, Multiplex telephony and telegraphy. Telephone Eng. 1919, Bd. 21, S. 53.

Faßbender u. Habann, Hochfrequenz-Mehrfachtelephonie und -telegraphie längs Leitungen. Jahrb. drahtl. Telegr. 1919, S. 451.

K. W. Wagner, Mehrfachtelephonie und -telegraphie mit schnellen Wechselströmen. Tel. u. Fernspr.-Techn. 1919, S. 29. — ETZ 1919 S. 383 u. 394. — Spulen und Kondensatorleitungen. Arch. El. 1919, Bd. 8, S. 61.

Graf G. v. Arco, Drahtlose Nachrichtenübermittlung für Überlandwerke. ETZ 1920, S. 785.

N. Marumo, Simultaneous transmission and reception in radio telephony. J. R. E. 1920, Bd. 8, S. 199.

1921 ... 1922.

Colpitts u. Blackwell, Carrier current telephony and telegraphy. J. Am. Inst. El. Engs. 1921, Bd. 40, S. 301.

H. Gewecke, Hochfrequenztelephonie in Überlandzentralen. Telef. Zg. 1921, S. 24.

H. Elsen, Der gegenwärtige Stand der Hochfrequenz-Telephonie und Telegraphie längs Leitungen in Amerika (Referat). Jahrb. drahtl. Telegr. 1921, Bd. 18, S. 162.

K. W. Wagner, Das Mehrfachfernsprechen und Mehrfachtelegraphieren mit schnellen Wechselströmen in Amerika (Referat). ETZ 1922, S. 37.

G. A. Campbell, Physica theory of the electric wave-filter. Bell syst. techn. Journ. 1922, Bd. 1, S. 1.

J. W. Milner, Submarine cable telegraphy. J. Am. Inst. El. Engs. 1922, S. 118 u. 596.

1923 ... 1924.

F. Lüschen, Tonfrequenz-Wechselstromtelegraphie. ETZ 1923, S. 1 u. 28.

E. Habann, Untersuchungen über Hochfrequenztelephonie auf Starkstromleitungen. Jahrb. drahtl. Telegr. 1923, Bd. 22, S. 142.

H. Schulz, Physikalisch-technische Grundbetrachtungen und Erläuterungen zum Hochfrequenzfernsprechen auf Drähten. Tel. u. Fernspr.-Techn. 1923, Bd. 12, S. 40.

L. Cohen, Alternating current-cabel telegraphy. J. Franklin-Inst. 1923, Bd. 195, S. 165.

F. B. Jewett, Making the most of line. El. Commun. 1924, Bd. 3, S. 8.

N. H. Slaughter, Carrier telephone equipment for high voltage power transmission lines. El. Commun. 1924, Bd. 3, S. 127.

H. Muth, Mehrfach-Telephonie und -Telegraphie längs Leitungen. Telef. Zg. 1924, Nr. 35, 36, 38.

1925 ... 1926.

Hamilton, Nyquist, Long u. Phelps, Tonfrequenz-Trägerstrom-Telegraphensystem für Kabel. El. Commun. 1925, S. 324.

W. V. Wolfe, Carrier telephony on high voltage power lines. Bell syst. techn. Journ. 1925, S. 152.

A. Clausing, Stand der Tonfrequenz-Mehrfachtelegraphie. ETZ 1926, S. 500.

H. W. Hitchcock, Carrier-current communication on submarine cables. Bell syst. techn. Journ. 1926, Bd. 5, S. 636.

R. Dubois, La téléphonie par courant porteur. Les progrès récents en téléphonie à haute fréquence dans les réseaux de distribution. Bull. Soc. Franç. des El. 1926, S. 375 u. 409.

C. A. Boddie, Largest system of power-line telephony. El. World 1926, Bd. 87, S. 557.

L. A. Torven, Carrier communication at high radio frequencies. El. World 1926, Bd. 88, S. 533.

B. R. Cummings, Carrier-current communication. Gen. El. Rev. 1926, S. 365.

E. F. Carter, Carrier current communication over transmission lines. Gen. El. Rev. 1926, S. 833.

Graf G. v. Arco, Betriebstelephonie mit Trägerfrequenzen auf Hochspannungsleitungen. Elektro-Journ. 1926, S. 316.

1927.

F. Lüschen u. K. Küpfmüller, Über die Wahl der Trägerfrequenzen für die Tonfrequenztelegraphie. El. Nachr. Techn. 1927, Bd. 4, S. 165.

G. Dressler, Telephonie auf Starkstromleitungen. Z. Fernmeldetechn. 1927, S. 8 u. 23.

H. J. Lane, How pacific coast utility provides for communication. El. World 1927, Bd. 90, S. 364. — New type of carrier current coupling. El. World 1927, Bd. 90, S. 450.

E. Montoriol, Nouveau système de télégraphie multiplex par courants de fréquences acoustiques. Ann. d. Postes, Paris 1927, Bd. 16, S. 796.

R. Dubois, Derniers perfectionnements dans les communications entre centrales par courants porteurs. Rev. Gén. de l'El. 1927, Bd. 22, S. 259.

Digitized by Google

1928.

Affel, Demarest u. Green, Carrier systems on long distance telephone lines. Bell syst. techn. Journ. 1928, S. 564.

E. Habann, Die Hochfrequenztelephonie und ihre Drosseleinrichtungen. Elektrizitätswirtsch. 1928, Bd. 27, S. 499.

G. Dressler, Stand der Hochfrequenztechnik auf Starkstromleitungen in Europa und Amerika. Z. Fernmeldetechn. 1928, S. 43.

1929.

H. F. Mayer, Zweibandtelephonie. Tel. u. Fernspr.-Techn. 1929, Bd. 18, S. 312.

K. Küpfmüller, Versuche mit dem Zweibandfernsprechen am 3. deutsch-schwedischen Fernsprechkabel. Europ. Fernspr. 1929, S. 229.

Beddie u. Curtis, The transmission of high-frequency currents for communications over existing power-networks. J. Am. Inst. El. Engs. 1929, Bd. 48, S. 37.

W. Cruickshank, Voice-frequency telegraphs. J. Inst. El. Engs. London 1929, Bd. 67, S. 813.

E. Habann, Die neuere Entwicklung der Hochfrequenz-Telefonie und -Telegrafie auf Leitungen. Verlag Vieweg, Braunschweig 1929.

Kurzwellen-Phänomene und ihr Einfluß auf die drahtlose Nachrichtenübermittlung*.

Von Dr. **Georg Graf von Arco,** Berlin.

Einleitung.

In der Entwicklung der Großstationstechnik war 1923 insofern ein gewisser Abschluß erreicht worden, als durch die Hochfrequenzmaschine mit zusätzlicher Frequenzvervielfachung und Drehzahlkonstanthaltungs-Vorrichtung endlich die Möglichkeit gegeben war, 1. soviel Hochfrequenzleistung konstanter Frequenz der Antenne zuzuführen, wie gewünscht wurde, und 2. die Tastung der Antennenschwingung in exakter und genügend schneller Weise zu beherrschen.

Mit solchen Anlagen wurden auf verschiedenen Linien und großen Entfernungen reichliche Betriebserfahrungen gesammelt. Das Ergebnis war in dem wichtigsten Punkte unbefriedigend. Die Wort-Durchschnittsleistung des Jahres war, absolut genommen und besonders gegenüber dem Kabel, sehr klein. Dieser Übelstand ergab sich aus einer erheblichen Energieabnahme unterwegs und aus den Empfängerverhältnissen. Die Lesbarkeit der Zeichen ist nämlich die Resultante von Signallautstärke und Störungen. Nur wenn die Signalstärke dauernd um einen merkbaren Betrag über dem Störspiegel bleibt, ist 100prozentige Lesbarkeit vorhanden. Bei ungünstigeren Empfangsbedingungen sinkt der prozentuale Betrag bis zur Unlesbarkeit. Das Verhältnis der Signalstärke zum Störspiegel ändert sich während des ganzen Jahres und fast in jeder Stunde und ist bei gleichbleibender Feldstärke um so ungünstiger, je länger die benutzte Welle ist. Die Verbesserung der Lesbarkeit durch Vergrößerung der Sender war aussichtslos mit Rücksicht auf den großen Kosten- und Energieaufwand. Bei langen Wellen ist gemäß der empirischen Ausbreitungsformel von Austin-Cohen auf größere Entfernungen eben nur ein winziger Bruchteil der theoretischen, verlustloser Ausbreitung entsprechenden Feldstärke zu erwarten. Die wirtschaftliche Möglichkeit der Vermehrung der Signalstärke hat ihre Grenze in der Größe des Senders. Eine Verbesserung der Lesbarkeit aber auf dem Wege der Verringerung des Störspiegels durch neue Schaltungsmittel am Empfänger herbeizuführen, scheiterte einfach daran, daß die Störungen durch Anstoß der Empfangsantenne übertragen werden, deren Eigenschwingung aus Intensitätsgründen nicht vollkommen totgedämpft werden darf. Die einzig mögliche Verbesserung in dieser Hinsicht ist bis heute die Richtungselektion des Empfängers geblieben, u. zw. in Form von Goniometern, die, in einem entsprechend der Wellenlänge erheblichen Abstand voneinander angeordnet, eine einseitig gerichtete Empfangscharakteristik ergeben, durch welche ein erheblicher Teil der Störungen beseitigt wird. Zur Ausschließung von atmosphärischen Störimpulsen, die aus anderen Richtungen als derjenigen der Telegraphierimpulse, besonders von rückwärts, kommen, bietet die Richtungselektion merkbare Vorteile.

Die Jahres-Durchschnitts-Wortleistungen der Langwellensender waren in der bescheidenen Größenordnung von 10 ... 15 Wörtern/min und standen damit in einem äußerst ungünstigen Verhältnis zur zeitweise möglichen Maximalgeschwindigkeit von etwa 100 Wörtern/min und ebenso zu dem Jahresdurchschnitt der Kabel von etwa 30 Wörtern/min. Nach der Ankündigung bevorstehender wesentlicher Kabelverbesserungen erschien so die drahtlose Verbindung als wirtschaftlich überhaupt kaum konkurrenzfähig und höchstens als Notverbindung, z. B. bei Kabelbrüchen oder in Kriegszeiten, gerechtfertigt.

I.

Dieser äußerst ungünstigen Situation kam die Entdeckung des Kurzwellenphänomens durch die amerikanischen Amateure in unerwarteter Weise zu Hilfe. Das für die Allgemeinheit aussichtlos erscheinende Wellenband unter 100 m war von der amerikanischen Regierung ihren Amateuren zur Verfügung gestellt worden. Diese erzielten mit Wellen von rd. 80 ... 90 m während der Nacht trotz sehr schwacher Strahlung ihrer Sender mehrfach Entfernungen von unerwarteter, überraschender Größe.

Zwar hatte schon einige Jahre vorher die Marconi-Gesellschaft (Marconi—Franklin) auf Entfernungen von etwa 100 km über Land den Versuch gemacht, mit Wellen unter 30 m, welche am Sender und Empfänger durch Parabolspiegel stark gebündelt waren, 24tsündigen Telephonieverkehr herzustellen. Diese Anlagen ergaben übrigens wegen des zeitweisen Ausfalles von Seitenbandfrequenzen (durch selektive Absorption) Unverständlichkeit der Sprache und sind deshalb als Verkehrsmittel wieder verschwunden. Sie sind aber wegen der Benutzung sehr kurzer Wellen als Vorläufer zu betrachten. Das eigentliche Kurzwellen-Phänomen konnten sie freilich gar nicht zeigen, weil sie unter dem Gesichtspunkt der der Erdoberfläche folgenden Strahlung in zu kleinem Abstande erbaut waren.

Die überraschende Überbrückung großer Entfernungen mit sehr kleinen Leistungen trat also erstmalig bei jenen Amateurversuchen zutage. Im Gegensatz zu den Langwellen konnte hier beim Empfang dank dem stets viel geringeren Störspiegel die Verstärkung der Signale viel weiter getrieben werden als bisher. Als Zusatz zur Verstärkung der Niederfrequenz kam noch eine solche in der Zwischenfrequenz zur Erzielung besonders hoher Gesamtverstärkung hinzu.

Für die Erzeugung ungedämpfter Wellen unter 100 m kommt natürlich nur der Röhrengenerator in Frage. Auch für den Empfang selbst der kürzesten praktisch brauchbaren Wellen dieses Frequenzbandes ist das Röhrenaudion noch ein vorzüglicher Detektor. Im Winter 1923/24 gelangen die ersten einwandfreien Überbrückungen des Ozeans. Es war besonders Conrad in Pittsburg, der mit der Welle 90 m sandte, und viele Amateure in England, Frankreich und Holland nahmen seine Signale in den Winternächten einwandfrei auf. Kurz nachdem Telefunken hiervon gehört hatte, wurde in Nauen der erste Kurzwellensender installiert. Er sandte etwa ab Juli 1924 unter dem Rufnamen „Pox" Wellen unter 100 m mit solcher Regelmäßigkeit über den Ozean, daß diese Verbindung sofort neben den Langwellen einen kommerziellen Wert erhielt. Versuche, welche Welle am günstigsten sei, führten alsbald zu fortlaufenden Verringerungen der Wellenlänge, denen zufolge im Dezember bereits die Welle 30 m und im Oktober des nächsten Jahres sogar die kürzeste von 17 m benutzt wurde.

II.

Schon bei den allerersten Kurzwellenversuchen hatte es sich gezeigt, daß die Empfangslautstärke in sehr großen Entfernungen ein hohes Vielfaches der mit Langwellen erzeugbaren war und daß demnach die für Langwellen geltende Austin-Cohensche Formel hier nicht mehr Geltung hatte. Ferner wurde die verblüffende Beobachtung gemacht, daß in kleineren Abständen, wenigen 100 km, sehr geringe Intensitäten vorhanden waren, im Gegensatz zu den viel größeren bei weiten Entfernungen. Die bisherigen Vorstellungen von der Ausbreitung der Wellenenergie gaben hierfür keine Erklärung. Ein wesentlicher Teil der Strahlung mußte irgendwie unwirksam über den Nahebereich hinweggehen und erst in großer Entfernung die Erde erreichen. Schon bei den mittleren Wellen waren früher vielfach übergroße Nachtintensitäten aufgefallen, die über den aus der bereits angeführten Entfernungsformel berechneten Betrag erheblich hinausgingen. Zur Erklärung dieser Abweichung war man auf die Annahme der Heaviside-Schicht zurückgekommen, durch welche die Strahlungsenergie irgendwie an die Erde gebunden bleiben sollte. Diese Schicht bekam für das Verständnis der soeben geschilderten merkwürdigen Ausbreitung der kurzen

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins.

Digitized by Google

Wellen eine ungeheure Bedeutung. Nach Ausgestaltung der entsprechenden Theorien finden heute die zahlreichen, nur bei Kurzwellen auftretenden anormalen Erscheinungen eine einleuchtende physikalische Erklärung. Als Ursache für die Entstehung der Heaviside-Schicht gilt die Einstrahlung der Sonne, durch die sich in größeren Höhen der Atmosphäre eine merkbare Ionisation und damit verbunden eine beträchtliche Steigerung der Leitfähigkeit der Luft ausbildet. In einer bestimmten Höhe über der Erde muß diese Ionisation ein Maximum werden. Während nämlich in den obersten Luftschichten die Sonnenstrahlung viel intensiver ist als in geringen Höhen infolge der voraufgegangenen Absorption, sind in größerer Höhe die Luftmoleküle, die durch Bestrahlung Ionisation erfahren, in der Raumeinheit viel weniger zahlreich. Die viel dichter liegenden Moleküle der tieferen Schichten werden aber von viel schwächerer Strahlung getroffen. Aus diesen beiden gegensätzlichen Tatsachen folgt eine maximale Leitfähigkeit in einer bestimmten Höhe, die jetzt zu 100 ... 200 km angenommen wird.

Über die spezielle Wirksamkeit einer ionisierten Schicht für die Ausbreitung der Energie nach den Vorstellungen der Wellenoptik und für die damit verbundenen großen Reichweiten gab zum erstenmal die Theorie von Lassen-Försterling eine anschauliche und ausreichende Erklärung. Diese Theorie faßt die Heaviside-Schicht als optisches Medium mit veränderlichem Brechungsindex auf. Sie leitet damit den Strahlungsverlauf ab und weist gleichzeitig auf die Abhängigkeit des günstigsten Elevationswinkels der Senderstrahlung von der Wellenlänge hin. Ferner erklärt sie die Nahzonen von geringer Feldstärke ebenso wie das Eintreten von schnell wechselnden Schwächungen (Fadings) als Interferenzerscheinungen.

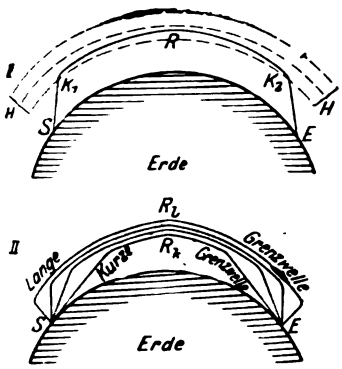


Abb. 1. Prinzipieller Strahlengang.

In Abb. 1 ist ein Teil der Erdkugel im Durchschnitt gezeichnet. Auf ihrer Oberfläche ist bei *S* ein Sender gedacht, von dem aus ein aufwärtsgehender Kurzwellenstrahl bei K_1 in die Heaviside-Schicht *H* eintritt, dort eine starke Krümmung erfährt und über *R* bis K_2 an der Schicht entlanggleitet, wo er wiederum eine starke Krümmung erhält, derzufolge er bei *E* den Empfänger trifft.

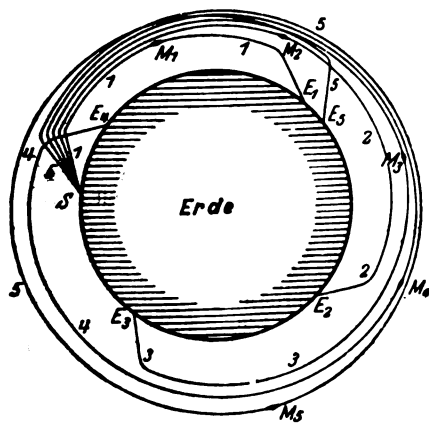


Abb. 2. Gang der Strahlen verschieden großer Reichweiten derselben Wellenlängen.

In Abb. 2 sind der Wirklichkeit entsprechend eine Reihe von Strahlen *1* ... *5* des Senders *S* in ihrem Lauf entlang der Heaviside-Schicht dargestellt. Es wird gezeigt, daß diese, verschiedene Wege zurücklegend, auch an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche wieder einfallen, nämlich bei E_1, E_2 und so weiter. So kommt es, daß zwei Strahlen, z. B. E_1 und E_5, fast an derselben Stelle einfallen, aber ganz ungleich lange Strecken zurückgelegt haben. Solche Mehrfachwege führen zu erheblichen Unterschieden in der Phase und geben daher Anlaß zu Interferenzen, die die Hauptursache der Fadings bilden.

III.

Für dieses neue Wellenband trat an die Technik die Aufgabe der Entwicklung geeigneter Antennen und Apparaturen in Form von Wellenerzeugern und Wellenempfängern heran. Es mußten aber vorher noch die für große Entfernungen günstigsten Wellenlängen durch Versuche erforscht werden. Im Laufe von mehreren Jahren wurde festgestellt, daß das für transozeanischen Verkehr geeignetste Band die Wellen von 14 bis etwa 40 m umfasse. Von diesen entfallen die Wellen von 14 ... 18 m auf den Tages-, die Wellen von 25 ... 40 m auf den Nachtverkehr; die dazwischen liegenden Wellen werden bisweilen (auf wichtigen Linien) für die Übergangszeiten benutzt.

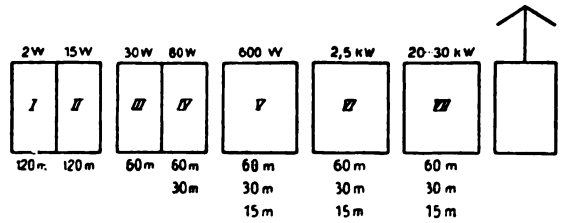


Abb. 3. Schematische Darstellung von Leistungs- und Frequenzsteigerung in den Sendestufen.

Gegenüber dem Wellenbereich, für welchen bisher schon Röhrensender gebaut worden waren, bedeutete der Übergang zu diesen Kurzwellen einen Sprung in der Größenordnung von gut einer Dezimale. Er führte daher zu Änderungen der Röhrenkonstruktion sowie zu abweichenden Formen in der Ausgestaltung der Schwingungskreise und ihres Zusammenbaues. Die Kurzwellensender wurden anfangs als Strahler rein ungedämpfter Wellen benutzt und daher die Zeichen auf der Empfangseite durch Überlagerung und speziell im Hörbetrieb als Ton kenntlich gemacht. Die Konstanz der Frequenz mußte so groß sein, daß 1 kHz als hörbarer Empfangston ohne wesentliches Schwanken innegehalten werden konnte. Bei einer Frequenz von 20 000 kHz bedeutet das bereits die unerhört schwierige Aufgabe einer Genauigkeit von 0,01 ‰. Diese Forderung zwang zur Entwicklung von Röhrensendern, die aus vielen Röhrenkaskaden bestehen. Die erste Stufe dient nur zur Erzeugung einer möglichst konstanten Frequenz, die folgenden zu ihrer Verstärkung bis zur geforderten großen Endleistung. Die zum Tasten oder zur Telephonie notwendigen Modulationen müssen ohne merkliche Beeinflussung der Frequenz vor sich gehen. Für die Erzielung der hohen Konstanz im Steuersender eignet sich am besten die Kristallsteuerung, natürlich unter Einhaltung sehr gleichmäßiger Betriebsbedingungen. Da aber der Steuersender auch gegen variable Einflüsse seitens der Antenne und der Tastung sowie überhaupt gegen alle Veränderungen in den folgenden Stufen geschützt sein muß, galt es, diese energetische Abhängigkeit, d. h. die Rückwirkungen der Stufen größerer Leistung auf die vorhergehenden, ganz und gar zu eliminieren; desgleichen mußte jede Neigung zur Selbsterregung irgendeiner Stufe beseitigt werden. Dies gelang durch weitgehende Neutralisation der Innenkapazität der Röhren mittels Brückenschaltungen, die bei Telefunken in spezieller Hinsicht entwickelt wurden. Außerdem mußten wenigstens die ersten Erzeugerstufen gegen die starken Hochfrequenzfelder der Endstufen geschützt werden. Dies wurde besonders durch einen möglichst vollkommenen metallischen Schutz der Kondensatoren und Spulen erreicht. Häufig ist jede einzelne Stufe von einem Metallgehäuse fest umschlossen.

In Abb. 3 ist schematisch der Aufbau eines 7stufigen Kurzwellensenders angegeben. Die Stufen sind mit den entsprechenden römischen Ziffern in der Mitte bezeichnet. Die Zahlen oben bedeuten die Leistungen in Watt bzw. Kilowatt, die Zahlen unten die Wellenlängen, mit denen die einzelnen Stufen schwingen. In diesem Beispiel sind die Wellen 60, 30 und 15 m vorgesehen. Die Ausgangswelle ist 120 m, weil es sich empfiehlt, einen Kristall zu benutzen, dessen Eigenschwingung nicht allzu hoch ist. Die notwendigen Wellenverkürzungen werden alsdann durch Verdoppelung der Frequenz gewonnen. Sie erfolgt in Stufe *III* auf 60 m, in Stufe *IV* auf 30 m, in Stufe *V* auf 15 m. Vor der ersten und zweiten Verdoppelung ist eine Verstärkung eingefügt.

Im Gegensatz zu den Erfahrungen des Amateurverkehrs zeigte es sich im dauernden Betriebe bald, daß selbst die stärksten Sender, die in Anbetracht der Grenzen der Röhrenbeanspruchung bei so kurzen Wellen gebaut werden konnten, für einen guten kommerziellen Verkehr noch keine unbedingt ausreichenden Feldstärken ergaben, beson-

Digitized by Google

ders zur Zeit der für die Kurzwellen typischen häufigen Schwächungen oder Fadings. Im Gegensatz zu den langsam verlaufenden Schwächungseffekten im Langwellenverkehr haben diese Fadings den Charakter eines rhythmischen Verlaufes, derart, daß in einer Sekunde oder in einem Bruchteil dieser Zeit Energieunterschiede von 1 : 10 000 vielfach beobachtet werden. Es gilt also, soviel Intensität in Reserve zu haben, daß in der Zeit des Minimums die Signale noch gelesen oder registriert werden können. Dies gelang zum Teil schon durch Steigerung der Strahlungs- und Empfangsfeldstärken mittels stark bündelnder Antennen. Die Anwendung solcher Antennen zur Intensitätssteigerung war an sich naheliegend, da sie im Prinzip schon von Heinrich Hertz bei seinen Versuchen benutzt und später immer wieder in verbesserten Formen von verschiedenen Erfindern vorgeschlagen worden waren. Ihre Verwendung wäre für die langen Wellen viel zu kostspielig gewesen. Marconi war aber der erste, der die Bündelung für die Kurzwellen in einer neuen Weise vorschlug, um hierdurch die Empfangsenergien auf tausendfache Beträge zu vergrößern, d. h., Signalintensitäten zu erzielen, die durch die Steigerung der Sendeleistung selbst, wenn überhaupt, nur in ganz unwirtschaftlicher Weise erreichbar gewesen wären. Marconi benutzte nämlich in einer Ebene angeordnete vertikale Dipole, welche mit Hochfrequenzstrom vom Sender aus phasengleich erregt wurden. Telefunken versuchte später, die Frage der günstigsten Bündelung in sehr systematischer Weise zu klären. Zunächst wurde festgestellt, daß die horizontale Polarisation der Schwingungen, ganz im Gegenteil zu allen bisherigen Erfahrungen, zumal mit Langwellen, wesentlich günstiger war als die vertikale. Alsdann gelang es Böhm, der diese Versuche durchführen ließ, aus horizontalen Dipolen in sehr wirtschaftlicher Weise Sende- und Empfangsantennen mit einem Minimum von Masten zusammenzusetzen und diese Strahlergebilde durch besondere Einrichtungen phasengleich zu erregen. Die so entstandene neue Richtantenne, welche jetzt den Namen „Tannenbaum"-Antenne führt, bedeutet gegenüber der Marconi-Antenne und der französischen Chireix-Antenne einen erheblichen Fortschritt, welcher nicht allein in der Überlegenheit des horizontalen Dipols begründet ist. Auch an der Empfangseite wurde starke Bündelung angewandt, und dadurch erzielte man günstige Verhältniswerte zwischen Signalintensität und Störungspiegel. Eine besondere Bedeutung bekamen diese Anordnungen durch die Möglichkeit, mittels rückwärtiger Reflektoren die Störungen, welche aus anderen Richtungen als aus derjenigen des Senders einlaufen, abzuriegeln. Dies zeigte sich schon bei den ersten, primitivsten Empfängern, welche nur aus einem einfachen Audion mit mehrfacher Niederfrequenzverstärkung bestanden, aber in noch viel höherem Maße bei denjenigen, bei denen die Verstärkung durch Frequenztransformation viel weiter getrieben wurde.

Abb. 4 zeigt das experimentell aufgenommene Polardiagramm einer aus acht nebeneinander liegenden horizontalen Dipolen bestehenden Richtantenne. Man ersieht daraus die außerordentliche Steigerung der Feldstärke in der bevorzugten Richtung und den schroffen Abfall derselben innerhalb weniger Winkelgrade links und rechts.

Abb. 5 zeigt eine vollständige Telefunken-Richtantenne nach Böhm. Zwischen den Gittermasten werden durch ein Hilfsspannwerk sowohl die Antennen- als auch die Reflektordrähte möglichst steif in zwei Ebenen gehalten. Die Antennendrähte sind dick, die Reflektordrähte dünn gezeichnet. Die Leistungszufuhr vom Sender erfolgt durch verlustarme Speiseleitungen, die so angelegt sind, daß in beiden Verteilungskästen links und rechts eine gleichphasige Erregung gewährleistet ist. Diese wird dann durch vertikale Leitungen den Dipolen mitgeteilt. Die Reflektorantenne zeigt schematisch eine Möglichkeit der Abstimmung. Ihre variable Kopplung mit der Speiseleitung zur Verfeinerung der Einstellung der Phase ist fortgelassen.

Neben den Fadings wurde eine weitere neue Erscheinung beobachtet, die gleichfalls den Verkehr zeitweise unmöglich machte, nämlich das mehrfache Umkreisen des Erdballs seitens der Signale sowohl in der Richtung vom Sender direkt nach der Empfangstation als auch im umgekehrten Sinne. Bei dieser unter dem Namen „Echo" bekannten Erscheinung zeigte es sich bisweilen, daß das Zeichen nach dem zweiten oder dritten Umlauf der Welle stärker war als beim ersten Eintreffen. Dies trat sogar bei bündelnden Sende- und Empfangsantennen ein trotz einseitiger Abblendung durch einen Reflektor, der aus der gleichen Zahl Dipolen wie die eigentliche Antenne besteht und in einem Abstand von rd. ¼ Wellenlänge parallel zu dieser angeordnet ist. Feldmessungen haben erwiesen, daß selbst bei sorgfältigster Größenbemessung der Reflektordrähte noch immer beträchtliche Feldstärken nach der rückwärtigen Richtung auftreten. Feldstärken von 10 % der vorderseitigen bei der Sende- wie bei der Empfangsantenne genügen aber, wenn gerade (wie mehrfach beobachtet wurde) die durchkommende Zeichenstärke in der direkten Richtung nachläßt, während sie in der umgekehrten sehr viel größer wird, um durch die Rückwärtsstrahlung und -aufnahme größere Empfangswirkungen als die der direkten Zeichen zu liefern, diese also zu stören. Derartige Rückwärtsechos mußten durch bessere Verriegelung beseitigt werden. Dies gelang endlich der Telefunken-Gesellschaft dadurch, daß sie die Erregung des Reflektors nicht allein durch die Raumstrahlung der Antennendrähte bewirken ließ, sondern beim Sender und Empfänger ein fein verstellbares Kopplungsorgan zwischen Antenne und Reflektor einfügte, um hiermit sowohl die Amplitude als auch die Phase des Reflektorstromes genauestens einzuregeln. Nur hiermit ist es, u. zw. anscheinend bisher ausschließlich der Telefunken-Gesellschaft gelungen, die Rückwärtszeichen praktisch vollkommen auszuschalten. Gleichzeitig bietet sich hierdurch die Möglichkeit, die Strahlungsrichtung leicht umzukehren, z. B. in Zeiten, wo die Feldstärke der Rückwärtsstrahlung ein Vielfaches der direkten Strahlung ist.

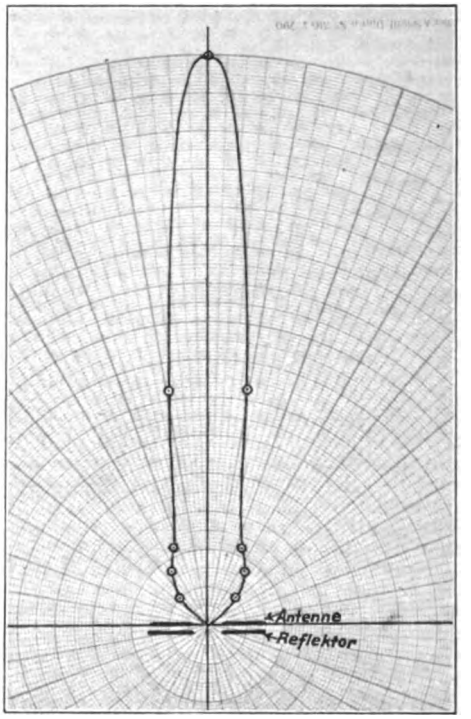


Abb. 4. Experimentell aufgenommenes Polardiagramm einer Richtantenne, bestehend aus 8 nebeneinanderliegenden horizontalen Dipolen.

In den letzten drei Jahren konnten die Kurzwellenanlagen auf Grund einer großen Menge von Betriebserfahrungen noch weiter verbessert werden. Besonders richteten sich die Arbeiten auf die gänzliche Unschädlichmachung der Fadings. Schon die Anwendung der einzelnen räumlich ausgedehnten Mehrfach-Dipolantenne für den Empfang erbrachte hier einen wesentlichen Fortschritt. Es zeigte sich, daß die Fadingerscheinungen fast immer ein rein lokaler Vorgang sind, der sich in unmittelbarer Nähe der Empfangsantenne abspielt. Die Auflösung der großen Vieldrahtantenne in mehrere, räumlich um einige Wellenlängen getrennte, kleine Gebilde stellt eine weitere Verbesserung dar. Hierbei tritt allerdings die Notwendigkeit auf, nicht die getrennten Hochfrequenzströme, sondern — wegen der hochfrequenzseitig auftretenden Phasenverschiebungen — erst die Zwischen- oder Niederfrequenzen für den Indikator zusammenzufassen. Dies gelingt leicht, soweit es sich um Telegraphie handelt. Bei Telephonie und Bildübertragung treten dagegen Schwierigkeiten auf, die noch nicht restlos beseitigt sind.

Weiter werden die Schwunderscheinungen durch noch höhere Empfangsverstärkung überwunden, derart, daß auch für die Zeit stärkster Fadings ausreichende Signalintensität vorhanden ist. In dieser Beziehung hat die

Digitized by Google

Durchführung der bisher bei den kurzen Wellen als zwecklos geltenden Hochfrequenzverstärkung durch Runge von Telefunken als wirksame Vorstufe zur Zwischen- und Niederfrequenzverstärkung einen außerordentlich großen Fortschritt erbracht. Bei der extremen Verstärkung der schwankenden Signalamplituden ergeben sich naturgemäß gleichgroße Unterschiede der Endlautstärke, was auch bei Telegraphie die Aufnahme stören kann. Es wurde deshalb eine sog. Tastschaltung hinzugefügt, die den Empfangsindikator mit einer dauernd konstanten Stromstärke zu betreiben erlaubt, gleichviel, ob der lokale Tastkreis von den schwächsten oder den stärksten Zeichenströmen der Endröhre des Zwischenfrequenzverstärkers eingeschaltet wird.

Die neuen Telefunken-Großempfänger enthalten alle diese notwendigen und zum Teil neuen Einzelelemente für weitestgehende Verstärkung und konstanten Schreibstrom. Der in wissenschaftlich systematischer Weise durchgebildete Apparat besteht im wesentlichen aus 5 Hochfrequenz-, 5 Zwischenfrequenz- und 2 Niederfrequenzstufen sowie dem Gleichrichter. Durch die fünf Hochfrequenzstufen wird nicht nur ein erheblicher Betrag an Verstärkung geliefert, wie das in der schematischen Darstellung in Abb. 3 gezeigt worden ist, sondern diese haben gleichzeitig die Funktion einer Vorselektion, um die „Zweideutigkeit", nämlich die Durchlässigkeit für zwei Wellen, in der Niederfrequenzstufe zu beseitigen und die eine (nicht gewünschte) Frequenz auszuschalten. Auch im Aufbau zeigen diese Apparate neue Prinzipien. Um störende gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Kreise auszuschließen und die zahlreichen Verstärkerstufen einzeln und schnell mittels Instrumenten kontrollieren zu können, wird jede Stufe mit ihrem Schwingungskreis und der Elektronenröhre zusammen in einen gesonderten, dicht geschlossenen Metallkasten eingebaut.

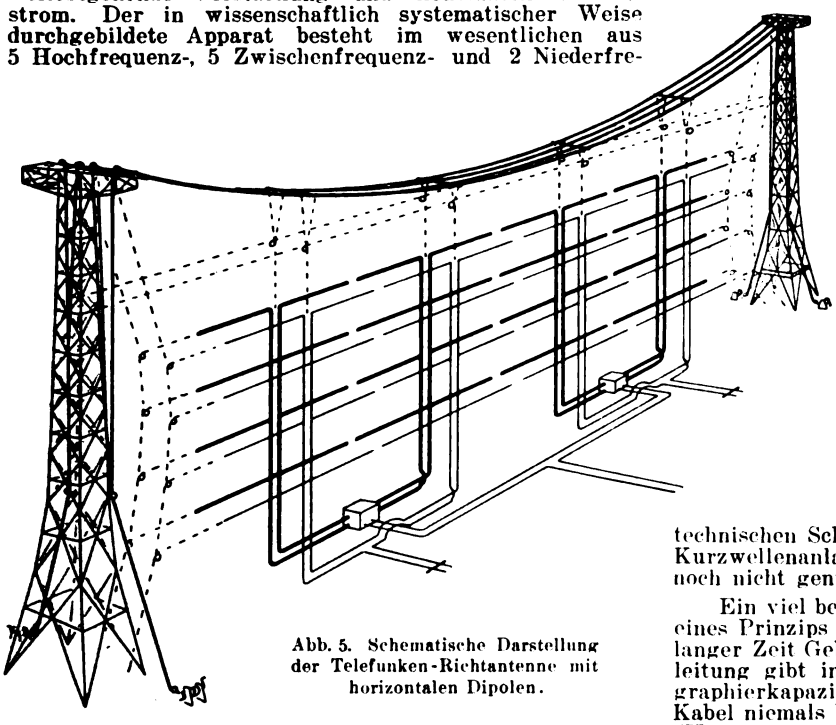


Abb. 5. Schematische Darstellung der Telefunken-Richtantenne mit horizontalen Dipolen.

IV.

Trotz dieser ungeheuren Fortschritte bleiben in der Technik der Kurzwellen noch mehrere Schwierigkeiten bestehen, besonders die Ungleichheit der Laufzeit der Signale. Die Sendestrahlen nehmen bei sehr großen Entfernungen durch die zeitweise äußerst unstabilen Schichten der oberen Atmosphäre verschiedene Wege und erreichen daher den Empfänger erst nach verschieden langer Dauer. So kommen um ein oder mehrere Zehntelsekunden verspätete Signale an, die z. B. bei Bildübertragung die Abbildungen gerader Linien in gekrümmte oder die glatten Grenzlinien in solche mit zerfranstem Rande entstellen. Aus den gleichen Gründen wird bisweilen auch ein Dopplereffekt wie beim Schall und beim Licht, d. h. eine Veränderung der empfangenen Frequenz beobachtet. Die Größenordnung dieser Veränderung kann sogar zehntausend Hertz betragen, und damit kann das Signal außerhalb des Resonanz- bzw. Durchlaßbereiches des Empfängers fallen. Ebenso fehlt noch ein allgemein anwendbares Mittel, um die mehrfachen direkten Zeichen, für die natürlich der Reflektor keine Bedeutung hat, zu beseitigen. Man hilft sich heute durch Herabsetzung der Sendeleistung, wenn die folgenden Echos schwächer sind als das erste Zeichen; der Empfänger kann dann so geregelt werden, daß nur das erste Zeichen registriert wird. Alle diese Erscheinungen machen sich mit steigendem Signaltempo stärker bemerkbar. Dies zwingt bei der Bildübertragung zur Erniedrigung der Übertragungsgeschwindigkeit während der ungünstigsten Zeiten.

V.

Auf der seit einigen Monaten versuchsweise betriebenen Bildübertragungslinie Nauen—Buenos Aires wird immerhin eine Geschwindigkeit von 2,7 min/dm² bei drei Linien auf 1 mm erreicht und hierbei sowohl Schrift als auch ungetönte Bilder mit guter Lesbarkeit übertragen. Telephonie ist auf derselben Strecke seit über einem Jahr im öffentlichen Gebrauch, nachdem Störungen durch Fadings und Echos für die Zeit von täglich acht Betriebstunden praktisch beseitigt sind.

Infolge der immer weitergehenden Bündelung der Energie an der Sende- und Empfangstelle sind die Signalintensitäten allmählich auf mehr als das Tausendfache der Anfangswerte gestiegen. Dazu kommt ein linearer Verstärkungsfaktor der Empfangsapparate bis zu 10 Mill. So ergibt sich ein großer Energieüberschuß, der nur als Reserve für die allerschlechtesten Übertragungszeiten dient. Die neueste Sendeanlage in Nauen, welche mit 20 kW Antennenleistung arbeitet, kann z. B. auf den hundertsten Teil dieser Leistung abgedrosselt werden, ohne daß in Amerika unter normalen Übertragungsverhältnissen das Aufnahmetempo vermindert werden müßte. Umgekehrt könnte bei Ausnutzung des großen Energieüberschusses während normaler Empfangsumstände die Telegraphiergeschwindigkeit weit über 300 Wörter/min gesteigert werden, was aber vorläufig zu rein betriebstechnischen Schwierigkeiten führen würde. Die heutigen Kurzwellenanlagen sind demnach bisher wirtschaftlich noch nicht genügend ausgenutzt.

Ein viel besserer Wirkungsgrad ist durch Anwendung eines Prinzips zu erzielen, von dem die Kabeltechnik seit langer Zeit Gebrauch macht. Eine transatlantische Kabelleitung gibt in Schaltung als einfache Linie eine Telegraphierkapazität von 300 Wörtern/min. So aber wird das Kabel niemals betrieben, sondern durch Kunstschaltungen (Verteiler) und entsprechende technische Mittel werden die 300 Wörter auf 5 Kanäle zu je 60 Wörtern/min aufgeteilt. Dies ergibt sehr wesentliche betriebstechnische Vorteile. Das Analoge läßt sich jetzt auch bei den Kurzwellenlinien durchführen, indem der bisher einfache Kanal durch Modulation mit z. B. 6 verschiedenen Frequenzbändern in 6 voneinander unabhängige Kanäle aufgespalten wird. Die Empfänger sind hierzu mit entsprechenden Selektionsmitteln auszurüsten. Statt als reine Telegraphieranlage kann das Ganze aber auch so arbeiten, daß einige Frequenzkanäle in Telegraphie, einer oder zwei jedoch gleichzeitig mit Telephonie oder Bildübertragung betrieben werden.

Eine einfache, rasch abtastende Bildübertragung kann auch in mehrere langsam abtastende aufgelöst werden, die des niedrigen Tempos wegen von den speziellen Laufzeitstörungen der Kurzwellen frei sind und in Summa eine ebenso hohe Gesamtleistung ergeben, wie sie durch die schnelle Abtastung der einen Vorlage erzielt werden könnte, wenn keine hinderlichen Effekte die einwandfreie Registrierung vereitelten.

VI.

Durch die Einführung der Kurzwellen als Verbindungsmittel über große Entfernungen ist zwar das Wellenband der elektromagnetischen Schwingungen um einen wertvollen Teil vergrößert worden und dadurch die wirtschaftliche Bedeutung der drahtlosen Technik wesentlich gewachsen. Aber keineswegs ist damit schon das ausnutzbare Spektrum der elektrischen Wellen erschöpft. Die Ultrakurzwellen zwischen 8 m und 1 μ — heute noch praktisch unbenutzt — werden in Zukunft ihre Anwendungsgebiete finden. Natürlich nicht zur Überbrückung großer Entfernungen; denn für diesen Wellenbereich kommt die Fortleitung durch die Heaviside-Schicht nicht in Betracht. Es gilt dafür nur die annähernd geradlinige Ausbreitung, wie sie uns aus der Optik geläufig ist. Dagegen tritt der Vorteil einer im Verhältnis zu den Kurz-

Digitized by Google

wellen viel weitergehenden Bündelungsfähigkeit prägnant in Erscheinung, und diese Eigenart läßt sich für die Navigation und den Nahverkehr in Zukunft sicher verwerten. Nach neueren Versuchen scheint überdies die gute Fortleitung ultrakurzer Wellen über Seewasser ihre Anwendbarkeit auf einige 100 km zu ermöglichen. In diesem Frequenzbereich ist besonders das gänzliche Verschwinden der Zeitkonstanten wichtig, ferner das Fehlen des Störspiegels infolge der starken Bündelung der Aufnahmerichtung und der Kleinheit der Antennen. Wir können hiervon in der Zukunft extreme Übertragungsgeschwindigkeiten und damit Fernsehen oder Parallelbetrieb zahlreicher Telegraphierkanäle auf gleicher Welle erhoffen.

Schluß.

In der bisherigen Kurzwellentechnik für große Entfernungen ist eine solche technisch-wirtschaftliche Höhe erreicht, daß diese Anlagen in Konkurrenz mit den Ozeankabeln stehen. Allerdings bleiben im Gegensatz zum Kabel noch kurze tägliche Ausfallzeiten des Betriebes übrig, hervorgerufen durch die bisweilen ungünstigen Verhältnisse in den Übertragungschichten und vergrößerte Absorption längs des Strahlenweges. Die dadurch bedingten Verzögerungen spielen bei sehr großen Entfernungen und bei nicht allzu dichtem Verkehr keine ausschlaggebende Rolle. Wohl aber ist dies der Fall auf der einen Linie, auf welcher technische Höchstforderungen gestellt werden müssen, nämlich auf der Verbindung zwischen Europa und Nordamerika. Hier ist der geringste Verzug im Telegrammverkehr unzulässig. Nur ein Kabel kann dieser Forderung genügen. Aber auch hier ist die Kurzwellenübertragung ein ganz ausgezeichnetes Ergänzungsmittel, um die Kapazität während zahlreicher Tagesstunden und damit die gesamte Rentabilität erheblich zu steigern. Auf einer solchen Linie ist die Zusammenarbeit beider das Optimum.

Beide Verkehrsmittel sind noch in steigender Vervollkommnung begriffen. Aber ich glaube, daß die allernächste Zukunft angesichts der vielen sofort einführbaren Verbesserungen der Kurzwellentechnik die wünschenswerte große Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch weitgehende Ausnutzung der drahtlosen Möglichkeiten erbringen wird.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Einladung

zur Jahresversammlung des Elektrotechnischen Vereins am Dienstag, dem 28. Januar 1930, abends 7.30 Uhr pünktlich in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen. — Jahresbericht; kurzer Rückblick auf die wichtigsten Arbeiten auf den Gebieten der Elektrotechnik im Jahre 1929. — Vorlage des Kassenberichts für 1929. — Wahl der Kassenprüfer.
2. Neuwahl des Vorstandes und Ergänzungswahl des Ausschusses.
3. Vortrag des Herrn Regierungsrats Volkmar Vieweg, Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, über das Thema: „Elektrische Messungen zur Untersuchung der Lagerschmierung".

Inhaltsangabe:

Allgemeines. — Coulombsche Reibung. — Hydrodynamische Reibungstheorie. — Messung der Schmierschichtdicke. — Messung des Isolationswiderstandes des Ölfilms. — Bestimmung der Schichtdicke durch Kapazitätsmessungen am Lager. — Oszillographische Aufnahmen der Schmierschichtdicke. — Theorie der Grenzschmierung. — Adsorptionstheorie von Langmuir. — Schmierfähigkeit des Öles. — Elektrische Messungen des Verschleißes. — Elektrischer Orientierungseffekt am Gleitlager und Kugellager. — Zusammenfassung.

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste sind bei der Geschäftstelle in Empfang zu nehmen.

Ohne Karten kein Zutritt.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein.
Der Vorsitzende:
K. W. Wagner.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.

Kommission für Handgeräte.

Die Kommission für Handgeräte hat einen Entwurf zu

Vorschriften für elektromedizinische Netzanschlußgeräte zur Galvanisation, Faradisation, Sinusstrombehandlung, Glühkaustik und Endoskopie, V.E. Med./1932

aufgestellt, der dem mit Vollmacht versehenen VDE-Ausschuß 1930 zur Beschlußfassung vorgelegt werden soll.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. April 1930 an die Geschäftstelle zu richten.

Sonderdrucke werden Interessenten von der Geschäftstelle des VDE kostenlos zur Verfügung gestellt.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Inhalt dieses Heftes:

Zum goldenen Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins. Geleitworte von K. W. Wagner. 105
Entwicklung der Krafterzeugung und Kraftübertragung der letzten 50 Jahre in Deutschland. Von W. Petersen. 107
Kraftübertragung auf große Entfernung durch hochgespannten Gleichstrom. Von R. Thury. 114
Gleichrichtung großer Wechselstromleistungen. Von E. Orlich. 122
Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn. Von W. Reichel. 127
Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs. Von E. Feyerabend. 135
Die Mehrfachausnutzung der Leitungen. Von F. Lüschen. 140
Kurzwellen-Phänomene und ihr Einfluß auf die drahtlose Nachrichtenübermittlung. Von Georg Graf von Arco. 148
Vereinsnachrichten. 152. **Bekanntmachung des VDE.** 152
Sitzungskalender. 152

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft zu Frankfurt a. M. 28. I. 1930, abds. 8 h, Vortragsaal der Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Straße 47: Dr. H. Jungmichl, „Lehrfilm der SSW: Die Herstellung der Quecksilberdampfgleichrichter", mit einleit. Worten von Ing. Reinhard.

Elektrotechn. Verein des Berg. Landes, Barmen. 28. I. 1930, abds. 8 h, Vortragsaal der Berg. Elektrizitäts-Versorg.-Ges., Schwebebahnhof Elberfeld, Alexanderbrücke: Vortrag Dr.-Ing. F. Kesselring, „Der Expansionsschalter (Hochleistungschalter ohne Öl)".

Elektrotechn. Verein Braunschweig. 29. I. 1930, abds. 8 h, El. Inst. der T. H.: Vortrag Dr. Conrad, „Die Methoden des techn. Rundfunk-Störschutzes".

Abschluß des Heftes: 18. Januar 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Ferngesteuerte Kleinwasserkraft-Anlagen.

Mitteilung der AEG.

Je kleiner die Maschinenleistung einer Wasserkraftanlage ist, desto entscheidender wird der Strompreis von den Bedienungskosten beeinflußt. Die Automatisierung oder Fernsteuerung ist daher für solche Anlagen oft geradezu eine Lebensfrage. Der Vorteil einer vollautomatischen Anlage liegt in der Ersparnis an den Kosten für die Fernsteuerleitungen bzw. für die entsprechenden

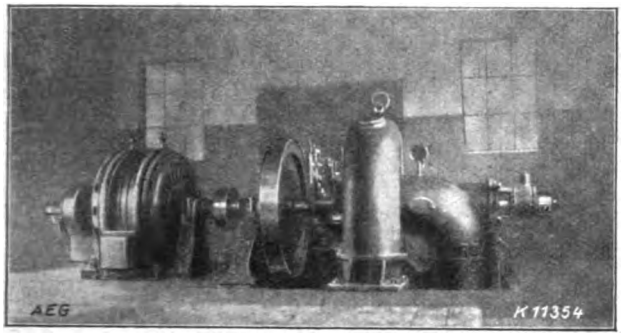
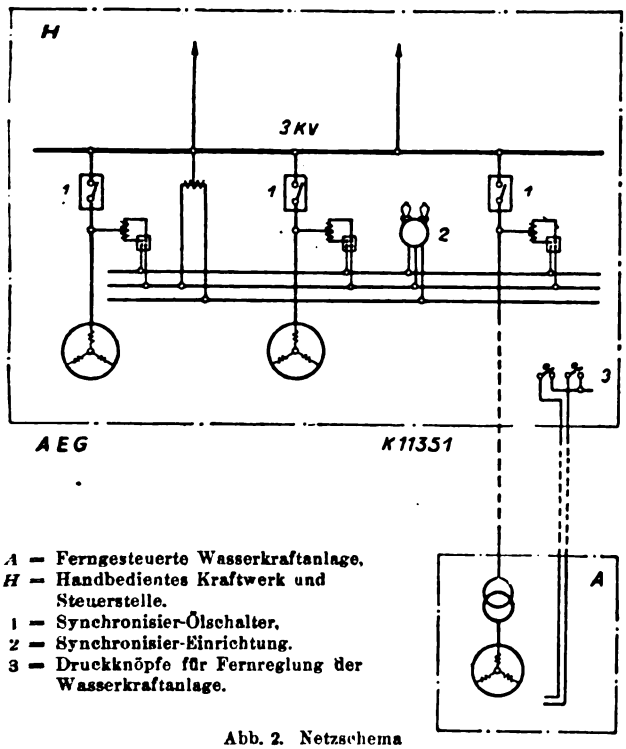


Abb. 1. Ferngesteuerter Maschinensatz.

Apparaturen, die z. B. auch drahtlos mit Hochfrequenz arbeiten können. Der Vorteil einer ferngesteuerten Anlage ist, daß sie sich dem augenblicklichen Strombedarf des Netzes besser anpassen läßt.

Die Fernsteuerung einer Wasserkraftanlage läßt sich oft mit äußerst einfachen Mitteln durchführen. So wurden von der AEG zwei ferngesteuerte Anlagen mit 95 bzw. 125 kVA-Leistung nach Südafrika geliefert (Abb. 1), deren Fernsteuerung über 4,4 bzw. 1,2 km über nur zwei Drähte erfolgt, die direkt unter



A — Ferngesteuerte Wasserkraftanlage.
H — Handbedientes Kraftwerk und Steuerstelle.
1 — Synchronisier-Ölschalter.
2 — Synchronisier-Einrichtung.
3 — Druckknöpfe für Fernreglung der Wasserkraftanlage.

Abb. 2. Netzschema

den 3 kV-Drehstrom-Kraftübertragungsdrähten am Freileitungsmast verlegt sind. Über diese zwei Drähte erfolgt die Anstellung und Abstellung des Maschinensatzes sowie die Steuerung der Drehzahlverstellvorrichtung zwecks Belastung bzw. Entlastung der Maschine. Die Fernsteuerleitungen werden von Endkontakten an den betreffenden Apparaten jeweils so umgesteuert, daß alle genannten Schaltvorgänge über nur zwei Drähte erfolgen können. Als Stromquelle für die Fernsteuerung dient 110 V Gleichstrom.

Die grundsätzliche Schaltung für die beiden Anlagen zeigt Abb. 2, in der nur die Ölschalter eingezeichnet sind, die zur Synchronisierung dienen. Die Parallelschaltung kann äußerst einfach innerhalb des handbedienten Kraftwerkes H erfolgen, wobei die Einreglung der Synchronismusbedingungen mittels der Druckknöpfe 3 über die beiden Fernsteuerleitungen vorgenommen wird. Eine Fernreglung der Blindlast bzw. der Spannung ist nicht erforderlich, da die Wasserkraftmaschine mit Tirrillregler ausgerüstet ist. Die Parallelschaltung läßt sich in diesem Fall äußerst einfach innerhalb des handbedienten Kraftwerkes vornehmen, da Steuerleitung und Starkstromleitung parallel in die gleiche Steuerstelle H münden.

Liegen die Netzverhältnisse anders, so daß die Synchronisierung nicht von Hand in der Steuerstelle vorgenommen werden kann, so kommen andere Anlaß- bzw. Parallelschaltverfahren in Betracht. Man verzichtet dann oft auf die Feineinreglung der Synchronismus-Bedingungen und wählt eine Grobsynchronisierung über eine Fangdrosselspule. Bei diesem Verfahren läuft der Maschinensatz von der Turbinenseite her bei sehr schwacher Erregung an; hat er fast normale Drehzahl erreicht, so schaltet automatisch der Hauptölschalter ein und legt den Generator, unabhängig von der Phasenlage, asynchron an das unter Spannung stehende Netz. Der Generator, der mit starker Dämpferwicklung oder massiven Polen ausgerüstet ist, wird schnell in Synchronismus gezogen, die Erregung automatisch verstärkt und die Fangdrosselspule durch einen Ölschalter kurzgeschlossen, worauf die Lastabgabe beginnen kann. Steht schließlich aus einem bestehenden Netz die erforderliche elektrische Anlaßenergie dauernd zur Verfügung, so kann der Maschinensatz auch motorisch angelassen werden, womit jeder Synchronisiervorgang entfällt.

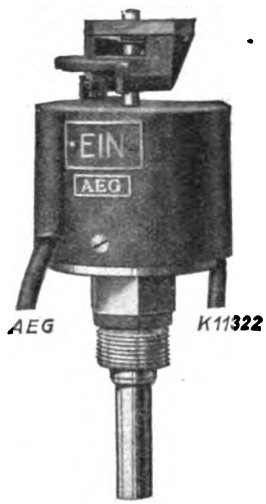


Abb. 3. Lagertemperatur-Wächter für Maschinenwelle.

Die Schutzeinrichtungen erfordern in einem bedienungslosen Werk besonders sorgfältige Ausbildung, da die Tätigkeit des Bedienungspersonals durch Relais ersetzt werden muß. In den genannten kleinen südafrikanischen Anlagen, die seit dem Frühjahr bzw. Sommer 1928 mit gutem Erfolg in Betrieb sind, wurden folgende Schutzeinrichtungen vorgesehen:

1. Überstrom-Zeitrelais in allen drei Phasen,
2. Temperaturrelais für den Transformator,
3. Temperaturrelais für die Maschine,
4. Lagertemperatur-Wächter für Turbinen- und Generatorlager,
5. Zentrifugalschalter für die Welle,
6. Riemenbruchsicherung für den Regulator.

Die unter 1 bis 5 genannten Schutzeinrichtungen wirken auf den Feldschwächungsautomaten. Das Fallen dieses Automaten hat das Auslösen des Ölschalters zur Folge, das Fallen des Ölschalters schließlich bewirkt das Schließen der Drosselklappe, so daß die Maschine stillgesetzt wird. Gleichzeitig wird automatisch das Wiederanlassen durch Fernsteuerung verriegelt, so daß ein Wärter nach dem Wasserkraftwerk entsandt werden muß, um die Ursache der Störung festzustellen. Einen der Lagertemperaturwächter für die Turbinen- bzw. Generatorwelle zeigt Abb. 3.

Digitized by Google

Wertarbeit

unser

Grundsatz

seit 1886!

VOIGT & HAEFFNER

Akt.-Ges. / Frankfurt a. M.

Elektrische Schaltapparate

für Hoch- und Niederspannung

Digitized by Google

Engineering Library
FEB 19 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Die Lage d. Elektrizität erzeugenden u. verteilenden Industrie in Belgien. Von M. Lassalle. 153

Der gegenwärt. Stand d. Technik u. d. Betriebsorganisat. d. deutsch. Flugfunkwesens. Von F. Eisner u. H. Faßbender. 157

Elektr. Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn. (Forts.) Von W. Reichel. 164

Das Stubachwerk d. österr. Bundesbahnen. Von H. Ascher. 169

Der Schutz elektr. Anlagen gegen Überspannungen. (Schluß.) Von E. Flegler. 170

Mitt. der PTR. Nr. 276

Rundschau:

Münzfernsprecher „Taxiphone". 174 — Zweiwicklungsgeneratoren. 175 — Stickstoff-Öltransformator, Schutz v. Motoren hint. Transformat. in Zickzackschalt. 176 — Kabeldurchschläge infolge v. Eigenschwing. — Fortpflanz. el. Wellen in Kabeln m. zwei Isolationsschichten. 177 Ölschalter-Funkenlöscher f. große Stromstärken. 178 — Verstärker-oszillograph — Seismograph. Mess. der durch Straßenbahnwagen hervorgeruf. Bodenerschütterungen. 179 — Frequenzregelung f. Netze m. Synchronuhren — Straßenüberspann. f. Beleucht. 180 — System d. Energierückgewinn. b. Gleichstromfahrzeugen — Entwickl. des el. Kraftwagens. 181 — Lokomotiv-Freiluftschalter m. Preßluftlöschung — Strahlung d. Deutschlandsenders — Untersuch. üb. Detektoren. 182 — Zeichnerische Integration gewöhnl. Differentialgleich. zweit. Ordn. — Überspannungsschutz v. Steuerungsleit. 183 — Spritzverzinkung — Neue Normblätter des DNA — Jubiläum — Energiewirtschaft. 184

Gewerbl. Rechtsschutz. 185

Vereinsnachrichten. 186. **Bekanntmachung des VDE.** 186

Sitzungskalender. 188

Persönliches. S. Z. de Ferranti †, J. G. Bellaar Spruyt †

Briefe a. d. Schriftleitung: A. Matthias. 189

Literatur. H. Edholm u. H. Edin, G. Schluck, J. Frenkel, Atti del Congresso Internazionale dei Fisici, E. Simon, J. A. v. Monroy, Eingegang. Doktordiss., Neue Zeitschr. 190

Geschäftl. Mitteilungen. 191

Berichtigung, Bezugsquellenverzeichn. 192

. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
53-192) 30. JANUAR 1930

Das ETZ-MESSEHEFT erscheint am 27. Februar 1930

Digitized by Google

MAN
MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG A.G.

KRAFTOMNIBUSSE

zur Ergänzung von Straßenbahnen und für Überlandverkehr.

Näheres Drucksache E. Z. 22

Kabelfabrik- und Drahtindustrie-Aktiengesellschaft

Zentralbüro: Wien III/1, Stelzhamergasse 4 / Werke: Wien und Ferlach

Kabelwerke, Gummiwerke, Walzwerke, Drahtzugwerke, Isolierrohrfabrik

Bleikabel
für Stark- und Schwachstrom

Isolierte Leitungsdrähte Kabel und Schnüre

Höchstspannungskabel
„H" glimm- und strahlungsfrei (Patent Nr. 283 446)
„SO" mit erhöhter Strombelastbarkeit und erhöhter Flexibilität (Patent Nr. 461 765)

Blanke Kupferdrähte und -seile

Kabel-Garnituren

Isolierrohre samt Zubehör

Digitized by Google

ETZ-MESSEHEFT

(Heft 9 vom 27. Februar)

Der Anzeigenteil und das viersprachige Branchen-Register des Messeheftes bieten eine praktische Übersicht über das Fabrikationsprogramm der elektrotechnischen Industrie und ihrer Zulieferanten. (Siehe hierzu Anzeigen-Seite 40 dieses Heftes.) Die Aufnahme im Branchen-Register bleibt Inserenten des Messeheftes vorbehalten und erfolgt kostenlos.

Anzeigenschluß: 11. Februar

Digitized by Google

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 30. Januar 1930 | Heft 5

Die Lage der Elektrizität erzeugenden und verteilenden Industrie in Belgien.

Von Ministerialdirektor **M. Lassalle**, Brüssel.

Die Entwicklung der Elektrizität erzeugenden und verteilenden Industrie Belgiens nach dem Krieg wird hauptsächlich charakterisiert durch:

1. die Steigerung der Leistung von Generatoren und Kraftwerken, die Verringerung der Anzahl letzterer und die Erhöhung der Betriebsspannungen,
2. die Errichtung von Übertragungsleitungen für sehr hohe Spannung, den Zusammenschluß von mittels Verbundleitungen parallel arbeitenden Kraftwerken.
3. die Fusionen und Vereinbarungen zwischen Betriebsgesellschaften,
4. das stärkere Eingreifen der öffentlichen Verwaltung.

Diese Charakteristik gilt keineswegs nur für Belgien, vielmehr sind die erstgenannten Maßnahmen ganz allgemein, und die übrigen kann man auch beinahe in allen zivilisierten Ländern feststellen.

Die Lage in Belgien bietet indessen aus dem Grunde besonderes Interesse, weil 1925 ein neues Gesetz Rechtskraft erlangt hat, das zwar einer unbestreitbaren Notwendigkeit entsprach, abgesehen von gewissen Schwierigkeiten der Durchführung und Organisation aber Auseinandersetzungen und Polemiken zur Folge hatte, die heute noch nicht ganz beendet sind. Vielleicht wurden durch das Gesetz und die von ihm verursachten Kontroversen z. T. auch gewisse technisch-finanzielle Kombinationen hervorgerufen. Ich komme hierauf später zurück.

Die Elektrizitätserzeugung.

Die belgischen Kraftwerke lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

Wärmekraftwerke:
- a. Dampfkraftwerke, die speziell für die Verteilung der Elektrizität betrieben werden,
- b. Dampfkraftwerke mit Wiedergewinnung von Nebenprodukten bzw. für gleichzeitige systematische Produktion von Koks, Gas und elektrischer Arbeit,
- c. Kraftwerke der metallurgischen Industrie und der Kohlenzechen.

Wasserkraftwerke.

Unter den Verteilungszentralen ist die wichtigste Gruppe die der Sté. intercommunale belge d'Electricité, die die Kraftwerke in Alost, Malines, Bressoux, Verviers, Monceau, Roux, Pâturages und Sweveghem (Abb. 1[1]) besitzt, deren Leistungen einschl. der zur Aufstellung gelangenden neuen Maschinensätze zwischen 10 000 und 100 000 kW variieren. Fünf von ihnen stammen aus der Vorkriegszeit und weisen keine technischen Besonderheiten auf; zwei sind modernisiert worden. Die Werke von Alost, Bressoux und Monceau wurden nach dem Krieg für 18 at an den Turbinen errichtet, ein Dampfdruck, der bei in Arbeit befindlichen Erweiterungen der zuletzt genannten beiden Anlagen 35 bzw. 50 at erreichen wird.

Die Sté. intercommunale betreibt die an ihre Zentralen angeschlossenen Verteilungsnetze nicht selbst, sondern hat den Betrieb Tochtergesellschaften übertragen, sich aber die Versorgung industrieller Abnehmer von mehr als 500 kW vorbehalten.

Ein anderes wichtiges Kraftwerk mit 75 000 kW installierter Leistung ist das von Merxem bei Antwerpen[2] der Sté. d'Electricité de l'Escaut, das ebenfalls vor dem Krieg erbaut wurde und nach ihm Dampfturbinen für 23,5 at erhielt.

Die Intercommunale und die Sté. d'Electricité de l'Escaut haben gemeinsam zu gleichen Teilen die Sté. générale de Production d'Electricité (Interescaut) gegründet, die z. Z. bei Schelle, am Ufer des Escaut, ein Kraftwerk von 90 000 kW errichtet, dessen Leistung man nach vollem Ausbau auf 0,5 Mill. kW zu bringen beabsichtigt. Es soll einen Teil der Belastung der Zentrale Merxem übernehmen und einen Abschnitt der Netze der Intercommunale speisen. Der Dampfdruck dieses mit Staubkohle arbeitenden Werks beträgt 35 at an den Turbinen, die Dampftemperatur 425 °.

Aus der Zahl der sich um Brüssel gruppierenden Zentralen seien die von Schaerbeek (35 at) und Droogenbosch der Sté. Interbrabant hervorgehoben, die zusammen über 165 000 kW verfügen und die Netze von fünf Verteilungsgesellschaften versorgen. Ein drittes Werk von 120 000 kW, mit einer Kesselanlage für 35 at, wird demnächst in Schaerbeek gebaut.

Weiter wären zu nennen:

die Sté. de Gaz et d'Electricité du Hainaut mit den Kraftwerken Farciennes (nach dem Krieg für 16 at und Staubkohlenfeuerung errichtet), Montigny an der Sambre, Bascoup und Ville-sur-Haine,
„ Sté. Centrales électriques des Flandres et du Brabant mit den Kraftwerken Langerbrugge (auf das ich später zurückkomme) und Oisquercq,
„ Sté. d'Electricité du Pays de Liège mit den Kraftwerken Sclessin und Amay (17 at),
„ Cie. auxiliaire d'Electricité mit der Zentrale in Antoing, wo sich ein neues Kraftwerk für 46 at und Staubkohlenfeuerung z. Z. im Bau befindet,
„ Sté. Centrale électrique de l'Entre Sambre et Meuse in Auvelais (Staubkohle),
„ Sté. d'Electricité du Littoral mit ihrem Kraftwerk in Ostende,
„ Sté. d'Electricité de la Campine mit der nach dem Krieg errichteten Zentrale in Moll (28 at),
„ Cie. d'Electricité de la Dendre mit einem Kraftwerk für 23,5 bzw. 35 at in Deux-Acren.

Die Leistungen der Zentralen dieser acht Gesellschaften betragen 18 000 bis 40 000 kW.

Daneben sind dann noch die Werke einiger Großstädte zu erwähnen, die in kommunaler Regie betrieben werden, so das von Brüssel (48 000 kW, 20 at), Gent (55 000 kW, 20 at) und Lüttich (16 000 kW).

Einige kleinere lokale Gleichstromanlagen, die demnächst verschwinden werden, seien hier übergangen, dagegen muß über das Kraftwerk Langerbrugge (am Kanal von Gent nach Terneuzen) der Sté. Centrales électriques des Flandres et du Brabant noch etwas gesagt werden. Diese Gesellschaft hat auf Anregung ihres Generaldirektors Herry sowie unter Mitwirkung der Firmen Babcock & Wilcox und Brown, Boveri (Baden) schon vor einigen Jahren Kessel und Turbinen für 50 at bei 442 ° Dampftemperatur aufgestellt. Sie dienen zur Deckung der Grundbelastung des Werks und verringern durch die Erzeugung möglichst vieler Kilowattstunden den auf eine solche entfallenden Anteil der durch die Neuanlage verursachten

[1] Einen großen Teil der für diese Darstellung benutzten Angaben verdanke ich der Union des Exploitations électriques en Belgique und der Association des centrales électriques industrielles.

[2] Aus Abb. 1 ist die Lage aller hier genannten Kraftwerke zu ersehen.

Digitized by Google

Kosten. Diese ist von den beiden genannten Gesellschaften geliefert und montiert worden. Die ersten Hochdruckturbinen arbeiteten zunächst mit den alten Turbinen des Kraftwerks zusammen. 1928 ließ die Sté. Centrales électriques des Flandres aber von Brown, Boveri eine Dreizylinder-Turbine für 25 000 kW, 55 at und 450 ° Dampftemperatur installieren. Herry hat sehr interessante Versuche mit der Beheizung der Kessel durch glühenden Halbkoks angestellt, um die Nebenprodukte der Kohlendestillation bei niedriger Temperatur zu verwerten und so die Selbstkosten der erzeugten Kilowattstunde beträchtlich zu ermäßigen. Auch eine Kalziumkarbidfabrikation wurde von ihm mit der Zentrale verbunden.

Als Kraftwerk, das gleichzeitig Elektrizität und andere Produkte, wie Gas und Koks, erzeugt, ist nur die von der Compagnie du Gaz de St. Josse zusammen mit dem Trust Centrale Gaz et Electricité bei Vilvorde, am Kanal von Brüssel nach Rupel, projektierte Anlage zu nennen.

Neben diesen speziell der Verteilung elektrischer Arbeit dienenden Dampfzentralen bestehen sehr zahlreiche Werke, die von den metallurgischen Unternehmungen, den Zechen und Kokereien errichtet worden sind, um das Gas der Hochöfen und Koksöfen sowie wirtschaftlich schlecht transportierbare Kohlen auszunutzen. Sie verwenden die Energie natürlich vor allem in ihren eigenen Anlagen, geben den Überschuß aber auch auswärts ab und versorgen industrielle Kundschaft. Sie haben sich überdies darauf eingestellt, systematisch Strom an das Ausland zu liefern, und bei einigen von ihnen ist daher die elektrische Leistung erhöht worden. Diese Kraftwerke liegen fast alle in den Industriegebieten des Pays de Liège und von Hainaut; die des ersteren haben sich vor mehreren Jahren zur Union des centrales électriques du pays de Liège vereinigt, das bemerkenswerte Beispiel eines Zusammenschlusses, der sehr günstige Resultate ergeben hat. Zunächst waren sieben Unternehmungen, darunter sehr bedeutende Firmen, wie Cockerill und Ougrée-Marihaye, beteiligt; ihre Zahl ist dann nach und nach gewachsen, und vor kurzem hat man die stark erweiterte Vereinigung zur „Linalux", d. h. der Union des centrales électriques de Liège, Namur, Luxembourg umgestaltet, deren Ziel die Errichtung zahlreicher, weit von einander entfernter und sehr leistungsfähiger Kraftwerke ist. Die meisten metallurgischen Zentralen sind noch mit Gasmotoren ausgerüstet, während die Tendenz heute dahin zu gehen scheint, die Kessel gewöhnlicher Dampfkraftwerke mit Gas zu beheizen; diese sind dann bei allerdings geringerem Ertrag in Anlage und Unterhaltung billiger und auch elastischer.

Wasserkraftwerke gab es in Belgien wegen des Reichtums an Kohle, des Fehlens starker natürlicher Gefälle und der Unmöglichkeit, bei den topographischen Verhältnissen zu hinreichend günstigen Preisen Sammelbecken anzulegen, fast nicht, sie wurden aber unter dem Einfluß der Zusammenschlußbewegung zum Gegenstand des Interesses. So kam es, daß die Société financière de Transports d'Entreprises industrielles (Sofina) nach dem Krieg die Société d'Electricité de la région de Malmédy (Serma) gründete, um die Wasserkräfte der Warche auszubauen und zu verwerten. Dieses Unternehmen errichtet z. Z. drei Dämme und Kraftwerke bei Robertville, Buttgenbach und Pont de Warche. Der Bau der erstgenannten Anlage (11 000 kW) ist beendet, die Füllung des Sammelbeckens vor einigen Monaten begonnen worden. Die Serma hat weiter die Arbeiten für eine Zentrale von 12 000 kW bei Sougné-Remouchamps an der Amblève, von der die Warche ein Nebenfluß ist, in Angriff genommen. Die Stromerzeugungskosten dieses Werks werden sich günstig stellen, weil die Wasserlieferung der Amblève durch die Anlagen an der Warche reguliert wird und es daher nur notwendig ist, bei Sougné-Remouchamps ein kleines Wehr von zwei bis drei Meter Höhe anzubringen. Erwähnt sei ferner, daß die Sofina Pläne für die Ausnutzung der Wasserkräfte der Ourthe studiert hat. Schließlich will der Staat ein Programm für die Schiffbarmachung der Maas in der Provinz Lüttich durchführen, mit dem, um die Schwierigkeiten der Schiffahrt zu beseitigen, der Ersatz zahlreicher Schleusen für geringes Gefälle durch solche für großes Gefälle mit beweglichen Wehren verknüpft sein wird. Man plant die Verwertung dieser neuen Energiequellen.

Die Elektrizitätsverteilung.

Zwar bestehen noch einige Gleichstromnetze in Städten wie Brüssel, Antwerpen usw., für die der Strom in durch Kabel mit den Zentralen verbundenen Unterstationen mittels Umformer, Motorgeneratoren und Quecksilbergleichrichter umgeformt wird. Im allgemeinen führen aber die Niederspannungsnetze Drehstrom mit 220 V zwischen den Phasen und oft geerdetem neutralen Leiter. Sie werden durch Freileitungen (10 und 15 kV) gespeist, die meist auf Eisenbetonmasten, mitunter auch auf Metallmasten, seltener — im freien Land — auf Holzmasten mit metallischem oder Betonfuß verlegt sind. In einigen erst kürzlich elektrisierten Gegenden, wo der Konsum noch sehr schwach ist, hat man Netze mit 380 V zwischen den Phasen und geerdetem neutralen Leiter gebaut; die Lichtanlagen im Innern der Gebäude sind einheitlich an eine Phase gelegt und führen daher 220 V.

Unabhängig von den Verteilungsleitungen für Mittelspannung sind zwischen Zentralen ein und derselben Gruppe bzw. zwischen solchen verschiedener Betriebsgesellschaften Verbundleitungen installiert, die also für gewöhnlich keine Energie transportieren. Ebenso bestehen unterirdische Kupplungen für 36 kV zwischen Langerbrugge, Ostende und Zeebrugge, ferner zwischen Schaerbeek, der Brüssler Zentrale, Droogenbosch und den Forges de Clabecq sowie zwischen Amay und Selessin. (Vgl. Abb. 1.) Außerdem verbinden 50- und 70 kV-Freileitungen die Werke von Sweveghem, Alost, Malines, Bressoux, Verviers, ferner von Roux, Monceau und Pâturages, von Farciennes, Montigny, Bascoup und Ville-sur-Haine sowie die von Merxem und Moll. Andere solche Kupplungen sind projektiert. Sodann plant die oben erwähnte Linalux den Bau neuer Austauschleitungen nicht nur zwischen ihren alten Industriewerken, sondern auch zur Verbindung mit den Verteilungsdampfzentralen, wie Auvelais und Bressoux, mit den Wasserkraftanlagen an der Warche und mit den Werken der metallurgischen Industrie von Halanzy, die den Süden Luxemburgs versorgen. Eine Leitung für 70 kV besteht bereits zwischen dem Netz des Bassins von Lüttich und der Zentrale Bressoux, die übrigen befinden sich im Stadium der Planung oder der Ausführung. Auch hat man den Bau einer Verbindung für 150 kV zwischen dem Lütticher Becken und dem Bezirk von Halanzy (Luxemburg) angefangen.

Verkauf und Tarifgestaltung.

Auch in Belgien hat man, wie in den meisten übrigen Ländern, nach dem Krieg die Tarife mit einem Einheitspreis für die Kilowattstunde durch solche ersetzt, die für Hochspannungsanlagen einen der Verzinsung und Amortisation des investierten Kapitals proportionalen Kilowattpreis und einen den Betriebskosten entsprechenden Preis für die Kilowattstunde enthalten. Diese Tarifierung, die möglichste Angleichung des Verkaufspreises an die Selbstkosten bezweckt, erscheint berechtigt, wenn man die praktische Unmöglichkeit der Aufspeicherung des erzeugten Gutes (der Elektrizität), die verhältnismäßig außerordentlich großen Investitionen bei relativ sehr geringen Lohnkosten, den öffentlichen Charakter der Verteilungsunternehmungen und das fast vollständige Fehlen eines Wettbewerbs, worauf ich noch zurückkomme, in Betracht zieht. Ein solcher Doppeltarif wird manchmal auch für die Großlieferungen von Niederspannungsstrom angewendet.

In allen Tarifen, auch solche für kleine Lieferungen von Niederspannungsstrom, berücksichtigt man seit dem Krieg den Preis einer bestimmten Kohlensorte (mitunter um die Transportkosten erhöht) und bisweilen die Löhne einer gewissen Arbeiterkategorie, um den Wandlungen der wirtschaftlichen Verhältnisse Rechnung zu tragen. Man betona also die Wechselbeziehung zwischen den Selbstkosten und dem Verkaufspreis, indem man mit der Leistung den Einheitspreis je Kilowatt und mit der Ausnutzung der Höchstleistung die Arbeitsgebühr je Kilowattstunde sich verändern läßt.

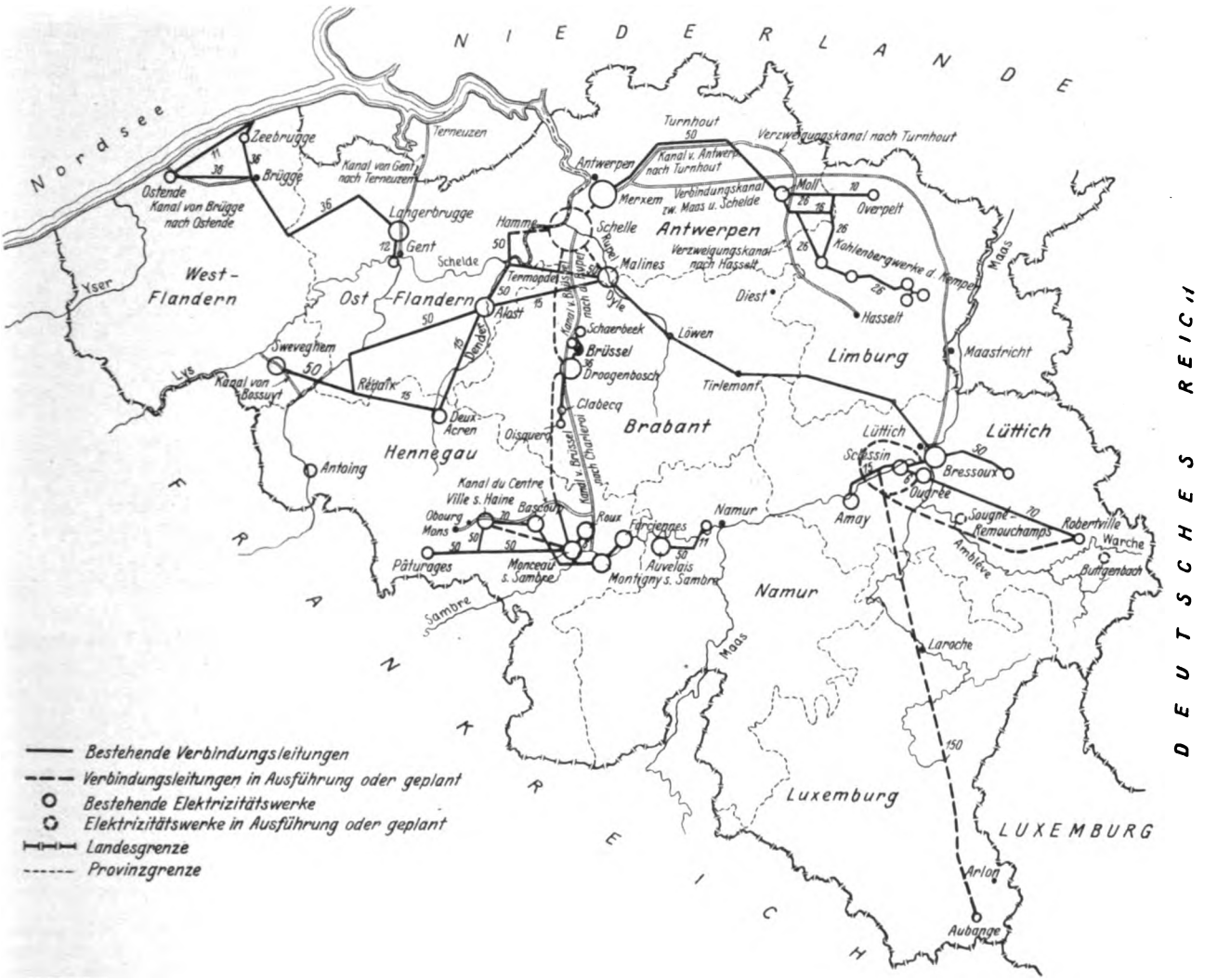
Bei der Belieferung der Großindustrie begegnen die Verteilungsgesellschaften übrigens mitunter dem Wettbewerb der von den metallurgischen Unternehmungen und Kohlenzechen oder, wie man sagt, den „Selbsterzeugern" ins Leben gerufenen Unions de centrales. Diese — vom Typ der Linalux oder ihrer Tochtergesellschaften — versorgen auch Abnehmer, die nicht selbst produzieren, und wenden eine Methode des Verkaufs, Ankaufs und des Austausches elektrischer Arbeit an, die sich schematisch folgendermaßen darstellen läßt: Die von einem Lastverteiler (load dispatcher) geleitete Betriebszentrale regelt die Tätigkeit aller angeschlossenen Werke; sie setzt die Generatoren in Gang oder schaltet sie aus, um den Strom so billig wie möglich zu erzeugen, legt mitunter zu wenig wirtschaftlich arbeitende Einheiten endgültig still, entscheidet über die Installation dieser oder jener Maschine in dem einen oder anderen Werk usw. Sie kauft elektrische Arbeit von jedem angeschlossenen Produzenten zu einem Preis, zu dem dieser sich den Strom in der eigenen Anlage, wenn sie allein arbeitete, herstellen würde, und verkauft die Elektrizität jedem Abnehmer zu dem Preis, für den er sie sich selbst in seinem Werk schaffen könnte. Der aus dem Verbundbetrieb resultierende Gewinn wird am Schluß der Betriebs-

Digitized by Google

zeit, selbstverständlich nach Abzug der finanziellen Lasten und der Betriebskosten der Organisation, im Verhältnis der gelieferten bzw. bezogenen Arbeitsmengen unter die angeschlossenen Werke verteilt. Dabei ist zu beachten, daß gewisse Beteiligte sowohl Erzeuger wie Verbraucher sind. Eine von der Regierung eingesetzte Kommission hat sich 1927 für die Ausdehnung dieser Methode auf ganze Bezirke, ja auch auf das ganze Land ausgesprochen.

Wenn man nach den Vorteilen des Zusammenschlusses fragt, so ergibt sich, wie das Klingenberg in Deutschland schon vor einigen Jahren dargelegt hat:

1. eine Verringerung der Reserven,
2. eine Erniedrigung der Gesamtspitze infolge Verschiedenheit der Belastungskurven,
3. in jedem Augenblick die Ausnutzung der am wirtschaftlichsten arbeitenden Maschinen,



Elektrizitätswerk	Eigentümerin	Elektrizitätswerk	Eigentümerin
Alost	Sté. Intercommunale Belge d'Electricité	Montigny-s/Sambre	Sté. de Gaz et d'Electricité du Hainaut
Amay	Sté. d'Electricité du Pays de Liège	Namur	Sté. de Gaz de Namur
Antoing	Compagnie auxiliaire d'Electricité	Oisquerq	Centrales Electriques des Flandres et du Brabant
Auvelais	Centrale Electrique de l'Entre Sambre et Meuse	Ostende	Sté. d'Electricité du Littoral
Bascoup	Sté. de Gaz et d'Electricité du Hainaut	Ougrée	Union des Centrales Electriques de Liège, Namur et Luxembourg (Linalux)
Bressoux	Sté. Intercommunale Belge d'Electricité		
Brüssel	Stadt Brüssel	Pâturages	Sté. Intercommunale Belge d'Electricité
Buttgenbach	Sté. d'Electricité de la Région de Malmédy (in Ausführung)	Robertville	Sté. d'Electricité de la Région de Malmédy
		Roux	Sté. Intercommunale Belge d'Electricité
Clabecq	Sté. des Forges de Clabecq	Schaerbeek	Interbrabant
Deux-Acren	Compagnie d'Electricité de la Dendre	Schelle	Interescaut (In Ausführung)
Droogenbosch	Interbrabant	Sclessin	Sté. d'Electricité du Pays de Liège
Farciennes	Sté. de Gaz et d'Electricité du Hainaut	Sougné-Remouchamps	Sté. d'Electricité de la Région de Malmédy (in Ausführung)
Gent	Stadt Gent		
Langerbrugge	Centrales Electriques des Flandres et du Brabant	Sweveghem	Sté. Intercommunale Belge d'Electricité
Malines	Sté. Intercommunale Belge d'Electricité	Verviers	Sté. Intercommunale Belge d'Electricité
Merxem	Sté. d'Electricité de l'Escaut	Ville-s/Haine	Sté. de Gaz et d'Electricité du Hainaut
Moll	Sté. d'Electricité de la Campine	Zeebrugge	Fours à Coke de Zeebrugge
Monceau	Sté. Intercommunale Belge d'Electricité		

Abb. 1. Die Lage der wichtigsten belgischen Elektrizitätswerke und ihrer Verbindungsleitungen. Die letzteren beigefügten Zahlen geben die Spannungen in kV an.

Bei Versuchen, ein Generalprogramm für den Zusammenschluß von Zentralen durchzuführen, konnten sich die beiden interessierten Gruppen (einerseits die, welche den größten Teil der Verteilungsgesellschaften umfaßt, anderseits die der Selbsterzeuger) über ihre beiderseitige Beteiligung an den zu schaffenden Organisationen nicht verständigen. die Verteilungsgesellschaften haben inzwischen aber ihre Verkaufsmethoden für gewisse Fälle dadurch den neuen Verhältnissen angepaßt, daß sie die Kundschaft am Gewinn beteiligten.

4. die Möglichkeit, den Betrieb tunlichst der Belastung anzupassen,
5. eine Steigerung der Leistungen der einzelnen Einheiten und Zentralen,
6. größere Betriebssicherheit.

Die unter 1, 2 und 5 genannten Vorteile haben eine Ermäßigung der Anlagekosten zur Folge, die unter 3, 4 und 5 angeführten verringern den Kohlenverbrauch. Alle sind natürlich nur dann gegeben oder nennenswert, wenn a)

Digitized by Google

die Belastungskurven der von den verschiedenen Zentralen gespeisten Netze verschieden verlaufen, b) die Zentralen selbst je nach der Betriebsart von einander abweichen und c) nicht zu sehr von einander entfernt liegen; andernfalls besteht die Gefahr, daß der wirtschaftliche Vorteil durch die finanziellen Anforderungen und die auf die Verbindungen entfallenden Betriebskosten mehr wie ausgeglichen wird.

In dem von der Regierungskommission ausgearbeiteten Programm und bei seiner teilweisen Verwirklichung durch die Linalux ist vorgesehen,

1. die Grundbelastung aus den Hochofengaswerken und den hydroelektrischen Laufkraftwerken zu decken, um die gesamte von diesen Zentralen produzierte Energie zu verwerten und ihre Ausnutzung entsprechend zu erhöhen,
2. den darüber liegenden Teil der Belastungskurve von den Dampfkraftwerken tragen zu lassen,
3. für die Spitzendeckung die hydraulischen Speicherkraftwerke heranzuziehen.

Man gelangt so zu einem möglichst niedrigen Gestehungspreis, weil die Laufwasserkraftwerke und die ohne Speicherung arbeitenden Gaswerke in der Anlage je Kilowatt am teuersten sind und die Speicherkraftwerke je Kilowatt Spitzenkraft (d. h. ohne die Kosten des Dammes und der Nebenanlagen) sich am billigsten stellen. Dagegen sind die Betriebskosten je Kilowattstunde bei den erstgenannten Werken am geringsten. Die Dampfzentralen nehmen eine Zwischenstellung ein. Man wird also auf diese Weise den Großteil der Kilowattstunden möglichst billig herstellen, und den Preis der teuersten Kilowatts auf die größte Energiemenge verteilen.

Vielleicht ist es nicht ohne Interesse, hier das Tarifverfahren der Linalux („Erefka" genannt) kurz zu erläutern. Der Selbstkostenpreis, zu dem die Elektrizität erzeugt wird oder von dem angeschlossenen Werk produziert werden könnte, wird nach einer bestimmten, systematischen Methode ausgewertet. Man vermittelt dadurch den Mitgliedern das Empfinden einer gewissen Unabhängigkeit der Tarifgestaltung, die die Willkür der Gruppe ausschließt:

Der Buchstabe r bezeichnet in Franken je Kilowatt und Jahr die Verzinsung und Amortisation der Anlagen. Er bezieht sich im Fall eines Stromerzeugers auf die installierte Leistung, von der Gebrauch gemacht werden kann, gleichgültig ob die Gruppe sie tatsächlich ausnutzt oder nicht. Im Fall eines Verbrauchers entspricht r der Leistung, mit der dieser Abnehmer sich versehen müßte, um seinen Bedarf zu decken, wenn er von einer unabhängigen Zentrale versorgt würde.

Der Buchstabe f bezeichnet in Franken je Kilowatt und achtstündigen Arbeitstag die festen Betriebskosten ohne Rücksicht auf die erzeugte Energiemenge, d. h. die Löhne, Unterhaltung, den Schmiermittelverbrauch und den Brennstoffkonsum bei Leerlauf.

Endlich bezeichnet k in Franken je Kilowattstunde die Kosten der Brennstoffe, die nötig sind, um die Maschine vom Leerlauf auf die verschiedenen Belastungen zu bringen.

Danach würde ein Stromerzeuger, der Elektrizität an die Gruppe liefert, erhalten: r mal der Leistung der der Gruppe zur Verfügung gestellten Einheiten, selbst wenn das Werk das ganze Jahr über stillsteht; f mal der Leistung der während jeder achtstündigen Periode arbeitenden Einheiten, unabhängig von der Belastung, die der Lastverteiler diesen Maschinen seit dem Augenblick, in dem sie zu seiner unmittelbaren Verfügung gestellt wurden, auferlegt hat, und ferner k mal der tatsächlich gelieferten elektrischen Arbeit.

Ein nur Elektrizität empfangender Verbraucher würde entsprechend zu bezahlen haben: r mal der Jahresspitze, f mal der Leistung der Einheiten, die er in einer angenommenen, lediglich für seinen eigenen Bedarf errichteten Zentrale laufen lassen müßte, und k mal der verbrauchten elektrischen Arbeit.

Die Gruppe besitzt Tabellen, die die Werte von r, f und k als Funktion der Leistung angeben, u. zw. sowohl für Gasmotoren wie für die Dampfzentralen; sie werden aber nur auf die hypothetischen Werke angewendet, die der Abnehmer errichten könnte. Hinsichtlich der tatsächlich bestehenden Einheiten hat man den besonderen Betriebsverhältnissen der Zentrale des Mitglieds Rechnung getragen.

Der aus dem Verkauf und Ankauf elektrischer Arbeit sich ergebende Nettoertrag dient zunächst dazu, die Kosten des Netzbetriebes zu decken, sodann für den Obligationsdienst und für eine Verzinsung des Stammkapitals mit 6 %. Von dem den Nutzen der Verbundwirtschaft darstellenden Überschuß wird ein Teil unter die Mitglieder in der Form eines den gelieferten, empfangenen oder ausgetauschten Kilowattstunden proportionalen Ristornos verteilt, während der andere als Übergewinn dem Aktienkapital zufließt. Diese Tarifierung ist vielleicht nicht ganz sicher vor kritischen Einwänden, scheint aber nichtsdestoweniger eine ebenso brauchbare wie befriedigende Lösung darzustellen.

Die Verteilungsgesellschaften haben den Wunsch, in Erweiterung der oben dargelegten Methoden Verfahren anzuwenden, die den Verbraucher an ihrem Gewinn teilnehmen lassen. So trifft die Sté. intercommunale belge d'Electricité mit ihren Kunden Abkommen, nach denen diesen Stammaktien des Unternehmens im Verhältnis der zu liefernden Leistung zu erheblich unter dem Börsenkurs liegenden Preisen überlassen werden können. Neuerdings hat die Sté. de Gaz et d'Electricité du Hainaut für ihre Großabnehmer „Obligations participantes" herausgegeben, die diesen entweder eine feste Verzinsung oder einen Anteil am Betriebsgewinn sichern.

Beide Gesellschaften schließen außerdem Verträge, die den Verbundabkommen der Unions de Centrales analog gebildet sind: der Strom wird den Abnehmern zu einem Grundtarif verkauft, der annähernd dem entspricht, zu dem der Verbraucher sich seine elektrische Arbeit selbst produzieren könnte. Er umfaßt, wie üblich, einen Kilowattpreis und einen Kilowattstundenpreis. Am Schluß der Betriebszeit wird der Gestehungspreis des gelieferten Stroms nach gewissen in dem Vertrag angegebenen Formeln, die auf dem Kohlenpreis, den Löhnen in der Zentrale usw. basieren, bestimmt und ein Teil der Differenz zwischen ihm und dem Verkaufspreis der Kundschaft vergütet.

Schließlich sei noch bemerkt, daß die Verkaufspreise für hochgespannten Strom, entsprechend den jeweiligen Verhältnissen des Verbrauchers, z. Z. etwa 160 bis 400 Fr/kW zuzüglich 15 bis 50 cms/kWh betragen, und daß sich die Verkaufspreise des Niederspannungsstroms für Kleinabnehmer in der Größenordnung von 1,75 bis 3,50 Fr/kWh für Licht und von 0,85 bis 2,50 Fr für Kleinkraft bewegen, ebenfalls je nach den Verhältnissen des Konsumenten.

Gesetzgebung, Eingreifen der öffentlichen Verwaltung.

Seit dem Krieg äußert sich das Eingreifen der öffentlichen Verwaltung in königl. Entschließungen, die auf Grund eines Gesetzes von 1919 über die Revision der Verträge die Modalitäten der Erhöhung der Tarife für den Verkauf elektrischer Arbeit in den konzessionierten Netzen regeln. Daneben wollen einige Verwaltungen angesichts der unsicheren Lage der Elektrizitätsindustrie und ihrer deshalb sehr verständlichen Unschlüssigkeit gegenüber der Elektrisierung bestimmter Gebiete letztere fördern, ja sogar selbst durchführen. Es erscheint daher heute ziemlich sicher, daß die allgemeine Elektrisierung des Landes unter dem Druck der öffentlichen Meinung vollendet wird.

Die Provinzen Limburg, Antwerpen und Ostflandern haben bereits Hochspannungsverteilungsnetze errichtet, die sie selbst betreiben; sie verkaufen den Strom an Gemeinden bzw. an Gesellschaften, die für Ortsnetze eine Konzession besitzen, oder aber sie haben im Einvernehmen mit den Verteilungsgesellschaften und den Gemeinden Hochspannungsleitungen und Niederspannungsnetze unter folgenden Bedingungen angelegt: Sowohl die Hochspannungsleitungen wie die Niederspannungsnetze werden von den Verteilungsgesellschaften errichtet und betrieben. Die für den Bau ersterer erforderlichen Mittel beschafft die Provinz, während das Kapital für die Errichtung jedes einzelnen Niederspannungsnetzes von der Gemeinde gegeben wird. Der Vertrag sieht die Modalitäten für die Amortisation und den Heimfall am Ende der Vertragsdauer vor. Die Gesellschaften kassieren die Einnahmen ein und vergüten der Provinz und den Gemeinden davon bestimmte Prozentsätze, die verschieden sind, je nachdem es sich um Einnahmen aus dem Verkauf von Hochspannungs- oder von Niederspannungstrom, u. zw. für Kleinkraft oder Beleuchtung handelt.

Für die Entwicklung der Elektrizitätsindustrie sehr bedeutungsvoll ist die Bestimmung des Gesetzes vom 10. März 1925 über die Verteilung elektrischer Arbeit. Vor dem Erscheinen dieses Gesetzes erhielten die Konzessionäre durch die Konzession einfach das Monopol für die Benutzung der Wege, u. zw. im Hinblick auf die Wichtigkeit der Kundenbelieferung ohne jede Einschränkung, so daß der Konzessionär allein die Möglichkeit hatte, ebensogut einen Industriellen von 3000 kW wie einen kleinen Lichtabnehmer zu versorgen. Hinsichtlich der Ausdehnung der Konzession war jedoch die Gemeinde maßgebend, die das Monopol natürlich nur in bezug auf ihre eigenen, d. h. die öffentlichen Wege erteilen konnte.

Digitized by Google

Unter dem Schutz dieser Kompetenzverschiedenheit versuchten Selbsterzeuger, Abnehmer anzuschließen, indem sie Leitungen auf Staats- und Provinzialstraßen bauten. Der Staat beanspruchte immer die Freiheit, über die Benutzung seiner Wege (Land- und Wasserstraßen, Eisenbahnen usw.) durch irgendeine Privatperson zu verfügen, ohne sich durch das Bestehen von Konzessionen voreinnehmen zu lassen. Wohlverstanden waren die Rechte der Kommunalbetriebe denen der Konzessionäre analog.

Die Urheber des Gesetzes von 1925 haben sich durch zwei Überlegungen leiten lassen: einmal dadurch, daß die Notwendigkeit, die Erzeugung zu konzentrieren, um den Gestehungspreis zu verringern, die Duldung eines gewissen Monopols verlangt. Das Gesetz dehnt daher die Rechte der Konzessionäre wie der kommunalen und interkommunalen Betriebe auf alle Arten von Wegen (staatliche, provinziale und kommunale) aus, will aber anderseits, da die belgische Industrie ihren Strom im Interesse der Gesamtheit möglichst billig ankaufen muß, den Wettbewerb um die Stromlieferung an die Großindustrie anregen. Es beschränkt deshalb die Leistung der Abnehmer, die an die Netze von Konzessionären angeschlossen werden können, auf 1000 kW; 500 kW sind die Grenze für die Zentralen der Kohlenzechen, die Wasserkraftwerke und solche Anlagen, die Nebenprodukte (Hochofengas, Koksofengas usw.) verwerten, und 1500 kW gelten für die Wärmekraftwerke, die sich an andere anschließen wollen, welche keine Nebenprodukte verwerten. Oberhalb der 1000 kW-Grenze kann die Konkurrenz sich also betätigen, und sie scheint infolgedessen in der Tat den Preis für große Energielieferungen verringert zu haben.

Das Gesetz, in dem für die Erlangung von Konzessionen auch die öffentliche Submission zugelassen ist, gestattet der Regierung ferner, nach einer Enquête und mittels königl. Entschließung zu erklären, daß es im öffentlichen Interesse liege, elektrische Leitungen über oder unter Privatgrundstücken zu verlegen, ausgenommen sind durch Mauern oder auf andere Weise abgeschlossene Bauten.

Obgleich das Gesetz ein Lastenheft für die Vergebung der Konzessionen vorgeschrieben hat, enthält dieses verschiedene Modalitäten der Anwendung. Da der Preis der Immobilien seit dem Krieg stärker gestiegen ist als der der Energie, können manche Netze nur mittels öffentlicher, à fonds perdus geleisteter Beihilfen (i. a. seitens der Gemeinde) errichtet werden; daher sieht der Vertrag in solchem Fall oft eine Rückerstattung an die Gemeinde vor. Mitunter streckt diese, die sich Kapital zu wesentlich günstigeren Zinssätzen als Privatgesellschaften (z. B. durch Anleihen beim Crédit communal) beschaffen kann, ganz oder teilweise die für den Bau eines Netzes erforderlichen Summen vor, und der Konzessionär verzinst und amortisiert sie.

Was die Wasserkraftwerke betrifft, so gibt es z. Z. in Belgien kein Gesetz über die Ausnutzung von Wasserkräften. Die Anlagen der Serma an der Warche konnten dank einer vom königl. Oberkommissar für die Gebiete Eupen und Malmedy erteilten Konzession errichtet werden, weil diese Gebiete nicht der normalen belgischen Verwaltung unterstehen, und für den Bau ihrer Anlagen an der Amblève verwertete die Serma ein auf Grund eines Gesetzes über die Verwaltung der weder schiffbaren noch flößbaren Gewässer ihr von der in diesem Fall zuständigen Provinz Lüttich erteiltes Wassernutzungsrecht; die Anlagen wurden übrigens ganz auf Terrains installiert, die die Gesellschaft zu diesem Zweck erworben hat. Wenn das von der Sofina an der Ourthe projektierte Kraftwerk errichtet werden soll, so kann das nur mit Hilfe eines Spezialgesetzes oder eines allgemeinen Gesetzes über die Konzessionierung von Wasserkräften geschehen.

Fusionen, Verständigungen usw.

Wie in den meisten anderen Ländern neigen auch in Belgien die Betriebsunternehmungen zu Konzentrationen und Verständigungen, u. zw. je nachdem durch Aufnahme kleiner Gesellschaften von den großen, durch Zusammenschluß, Aktienaustausch, Abgrenzung der Arbeitsgebiete, Vereinigung zur gegenseitigen Unterstützung, Errichtung von Austauschleitungen usw. Eine solche Konzentration ist für die Rationalisierung der Erzeugung und Verteilung notwendig, um dadurch den Gestehungspreis der elektrischen Arbeit herabzusetzen.

Die Aussichten der elektrischen Industrie in Belgien.

Voraussichtlich wird die Elektrizitätsindustrie Belgiens ebenso wie die der meisten anderen Länder und unabhängig von den technischen Fortschritten künftig durch das Umsichgreifen von Fusionen und Verständigungen, die Vereinigung von Zentralen mit untereinander gekuppelten Netzen, durch oftmals gleichzeitige Erzeugung von Elektrizität und Produkten (wie Kalziumkarbid u. dgl.), den Ausbau für die Verwertung geeigneter Wasserkräfte sowie durch das Anwachsen der Abnehmerschaft charakterisiert sein. In Belgien speziell wird man mit der Elektrisierung der Eisenbahnen einen neuen Stromverbraucher gewinnen, die öffentlichen Verwaltungen werden sich durch Kapitalbeteiligung (mit Anteil an den Einnahmen oder Gewinnen) stärker an den Betrieben interessieren, ein Gesetz über die Wasserkräfte wird deren Ausnutzung regeln usw.

Die außerordentlich befriedigende Lage, in der sich die Elektrizitätslieferungsindustrie der Welt befindet und die Belgiens im besonderen, ferner die Tatsache, daß die Anwendungen der Elektrizität immer zahlreicher und verschiedenartiger werden, daß immer neue Volksschichten von ihnen Gebrauch machen usw., scheinen dieser Industrie für die Zukunft günstige Aussichten zu eröffnen.

Der gegenwärtige Stand der Technik und der Betriebsorganisation des deutschen Flugfunkwesens.

(150. Bericht der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof, Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik.)

Von **F. Eisner** und **H. Faßbender**, Berlin.

Übersicht. Die Arbeit gibt einen Überblick über den gegenwärtigen Stand des deutschen Flugfunkwesens. Es werden nicht nur die im deutschen Luftverkehr zur Zeit benutzten Geräte beschrieben, sondern auch Meßergebnisse aus den bei der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V. (DVL) ausgeführten Arbeiten über die Grundlagen der Flugfunktechnik erwähnt. Weiter werden die Wege angedeutet, die das deutsche Flugfunkwesen voraussichtlich in den nächsten Jahren beschreiten wird. — Im einzelnen werden behandelt: Langwellengeräte, Geräte für kurze und ultrakurze Wellen, Geräte für die Navigation von Luftfahrzeugen mittels drahtloser Wellen und Luftschiff-Funkgeräte. Endlich wird auch die z. Z. in Deutschland eingeführte Betriebsorganisation beschrieben.

1. Einleitung.

In Kreisen, die der Flugfunktechnik fernstehen, findet man häufig die Meinung vertreten, daß es genügte, die für den Flugfunkverkehr bestimmten Sende- und Empfangsapparate konstruktiv so durchzubilden, daß sie ihrer Sonderaufgabe gewachsen sind. Die Verwendung von Funkgerät in Luftfahrzeugen stellt an die Konstruktion die Bedingung, Gewicht und Raumbedarf möglichst klein zu halten. Die Erfüllung dieser Bedingung erschwert den Bau solcher Apparate und verteuert ihn insbesondere deshalb, weil die Raumausnutzung meistens soweit getrieben werden muß, daß die Montagearbeit häufig ganz besonders schwierig wird. Neben diesen Bedingungen, die bei Luftfahrt-Funkgeräten an Gewicht und Raumbedarf gestellt werden, kommt noch des weiteren hinzu, daß die Apparate konstruktiv so gebaut werden müssen, daß sie, rein mechanisch betrachtet, den Erschütterungen während des Fluges standhalten. Hierzu gehört z. B. Abfedern der Röhren, besonderer Bau der Drehkondensatoren, um ein Verstellen durch die Erschütterungen zu verhindern, und vieles andere. Noch wichtiger aber ist, daß die Apparate elektrisch ihren besonderen Aufgaben möglichst zweckmäßig angepaßt sind. Dies gilt sowohl für die Sende- als auch für die Empfangsapparaturen.

Wegen der äußersten Gewichtsbeschränkung ist die zweckmäßigste Auswahl der Flugfunkwellen mit Berücksichtigung des Ausbreitungsproblems viel wichtiger als

Digitized by Google

bei den ortsfesten Stationen. Für die Ausbreitung ist die sog. Konstante der Ausbreitungsdämpfung maßgebend, deren Kenntnis über Land und See notwendig ist. Über See ist der Ausbreitungsvorgang bei langen Wellen durch die Untersuchungen von Austin und anderen Forschern[1] hinreichend bekannt. Die von der DVL ausgeführten Arbeiten[2] haben Werte für die Konstante der Ausbreitungsdämpfung über Land in Abhängigkeit von der Wellenlänge gegeben, die beim Projektieren von Flugfunkverbindungen herangezogen werden können. Im Bereich der kurzen Wellen kann man die Ausbreitung formelmäßig nicht erfassen. Hier ist die Kenntnis der sog. toten Zonen oder besser gesagt Schwächungszonen wichtig. Was die Sender anlangt, so stellt zunächst die Energieversorgung Sonderaufgaben. Bei Luftfahrtstationen wird die Energie häufig einem Propeller entnommen, wobei die Frage der Konstanz der Spannung trotz veränderlicher Geschwindigkeit des Luftfahrzeuges gegenüber der umgebenden Luft ein nicht einfaches technisches Problem darstellt.

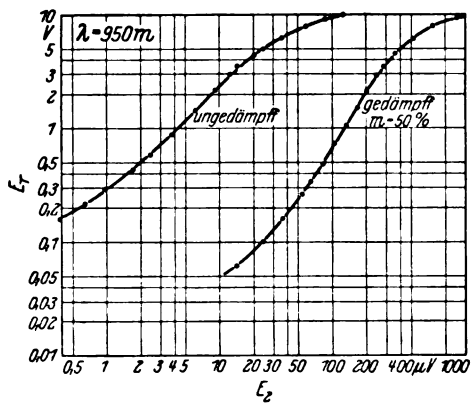


Abb. 1. Ausgangspannung E_T abhängig von der Eingangspannung E_2.

Wichtig ist auch die Frage, ob Telegraphie oder Telephonie, rein ungedämpftes oder tonmoduliert-ungedämpftes Senden im Flugzeug die zweckmäßigste Sendeart darstellt. Dabei muß diese Frage hinsichtlich der Sende- und auch hinsichtlich der Empfangseite getrennt betrachtet werden. Bei der Telephonie z. B. entstehen auf der Sendeseite im Luftfahrzeug deshalb besondere Schwierigkeiten, weil das Mikrophon nicht nur von den akustischen Sprechwellen, sondern auch vom allgemeinen Geräusch beeinflußt wird. Bei den kurzen Wellen stehen auf der Sendeseite andere Fragen im Vordergrund des Interesses, so z. B. die Zweckmäßigkeit der Quarzsteuerung.

Technische Fragen besonderer Art bietet die für die Luftfahrzeuge zweckentsprechende Antennenform. Einmal müssen die Antennen so gestaltet sein, daß sie aerodynamisch eine nur geringe Verminderung der Fluggeschwindigkeit bedingen. Dann aber dürfen sie den Flug in Sonderfällen, z. B. beim Niedrigflug, möglichst wenig behindern. Endlich ist eine genaue Kenntnis des Strahlungswiderstandes und der effektiven Höhe der Flugzeugantenne wichtiger als bei ortsfesten Stationen, da gerade diese beiden Größen für die Reichweiten maßgebend sind und nur durch richtige Antennenformen die notwendigen Reichweiten bei kleinen Leistungen überbrückt werden können. Es sollte in der Luftfahrt keine Antennenform benutzt werden, von der man nicht ihre aerodynamischen Verhältnisse, aber vor allem ihren Strahlungswirkungsgrad und ihre effektive Höhe genau kennt. Diese Forderung war bis vor kurzem nicht erfüllt. Außer den Anforderungen an die elektrischen Eigenschaften der Antenne ist auch zu prüfen, ob etwa die Antennenform die Sicherheit des Luftfahrzeuges gefährdet. Dieser Fall kann z. B. eintreten, wenn eine feste Antenne durch Überbeanspruchung reißt und Teile von ihr in das Trieb- oder Leitwerk gelangen.

Auf der Empfangseite gibt es ebenfalls eine Anzahl grundsätzlicher Fragen, durch die sich die Flugfunktechnik von der Technik der ortsfesten drahtlosen Stationen unterscheidet; so vor allem war die oben schon gestreifte Frage Telegraphie oder Telephonie besonders hinsichtlich des Empfanges im Flugzeug eingehend zu prüfen. Dies geschah durch Silbenverständlichkeitsmessungen[3], die in der Kabeltechnik heute fast allgemein angewandt werden. Die in der Technik der ortsfesten drahtlosen Verbindungen häufig verwandten Verhältniszahlen zwischen einer drahtlosen Telegraphie und Telephoniereichweite sind in der Flugfunktechnik keineswegs gültig, sondern dieses Verhältnis ist hier sehr zu ungunsten der Telephonie verschoben. Im Zusammenhang hiermit stehen andere allgemeine Empfangsfragen, insbesondere, welche Empfangsfeldstärke in einem bestimmten Flugzeug notwendig ist im Vergleich zu der am Boden für einen gleichwertigen Empfang notwendigen Feldstärke.

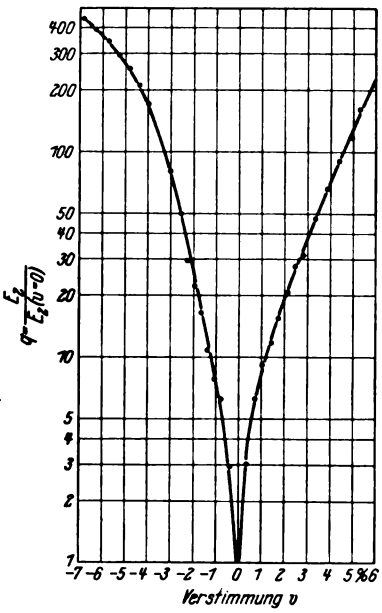


Abb. 2. Selektionskurve für $\lambda = 950$ m.

Die Liste der Fragen, in denen sich die Flugfunktechnik wesentlich von der übrigen drahtlosen Technik unterscheidet, könnte noch erheblich erweitert werden, aber die angeführten Punkte dürften bereits genügen, um die veraltete Ansicht als unrichtig hinzustellen, derzufolge es sich bei der Flugfunktechnik im wesentlichen nur um konstruktive Sonderaufgaben handelt.

2. Langwellengeräte.

Das zur Zeit in Flugzeugen am meisten verwandte Gerät ist das sog. 70 W-Gerät von Telefunken, Muster 262 F. Da der Begriff der Leistung einer drahtlosen Station nicht eindeutig ist, genügt es nicht, die Station nach einer der vielen möglichen Definitionen der Leistung zu kennzeichnen; für den Betrieb ist das Produkt aus Sendestrom und effektiver Antennenhöhe von Bedeutung. Diese Angabe hängt aber von der verwandten Antenne ab, auf die die Herstellerfirma nicht immer Einfluß hat. Unabhängig hiervon wird eine Station am besten durch diejenige Leistung gekennzeichnet werden, die zwischen den Klemmen Antenne—Erde abgegeben werden kann. Nach Messungen der DVL[4] ergibt sich für die Telefunken-Station:

Zahlentafel 1.

Meter	Kilohertz	N_A Watt	N_{AK} Watt	N_{Ant} Watt	$J_{Ant} \cdot h_{eff}$
450	667	193	64	28	19,5
650	462	193	73	24	18,8
950	316	193	81	23	19,8
1350	222	193	90	14	16,3

In dieser Zahlentafel bedeuten:

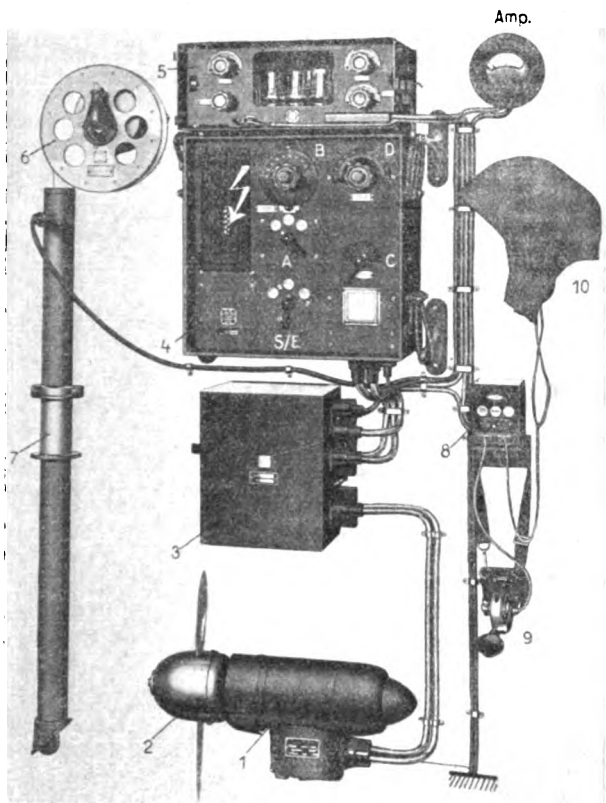
N_A an der Anode aufgenommene Leistung,
N_{AK} Gesamtleistung im Antennenkreis einschließlich Abstimm-Mittel,
N_{Ant} Leistung im Luftdraht,
h_{eff} effektive Höhe der in Deutschland üblichen Schleppantenne.

Der Wellenbereich der Telefunken-Station geht von 300 bis 1350 m. Das Gerät hat einen fremdgesteuerten Röhrensender. Der Steuersender hat eine Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung, wobei die Wellenlänge durch Einstellung eines Drehkondensators und eines Variometers, die beide auf derselben Achse sitzen, verändert wird. Der Gitterkreis der Leistungsröhre ist induktiv mit dem Steuersender gekoppelt. Im Anodenkreis der Leistungsröhre befindet sich die Kopplungspule für die ebenfalls induktiv angekoppelte Antenne. Die Kopplungen werden

[1] Sacklowski, Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen. Verlag Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1928.
[2] F. Eisner, H. Faßbender u. G. Kurlbaum, Untersuchungen über die Ausbreitungsdämpfung elektromagnetischer Wellen und die Reichweite drahtloser Stationen im Wellenbereich von 200 ... 2000 m (erscheint demnächst).
[3] F. Eisner, Anwendung der Silbenverständlichkeitsmessungen in der drahtlosen Telephonie (nach gemeinsamen Versuchen mit G. Kurlbaum). Z. Techn. Phys. Bd. 10, S. 532. Vgl. a. ETZ 1929, S. 1805.
[4] F. Eisner, H. Faßbender u. G. Kurlbaum, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 31, S. 109 u. 141. ETZ 1928, S. 545.

Digitized by Google

gemeinsam mit der Grobabstimmung des Antennenkreises stufenweise verändert. Der Antennenkreis besitzt außerdem Feinabstimmung durch Verdrehen eines Variometers. Leistungsröhre und Steuerröhre sind solche der Type RS 31 bzw. RS 231, Heizspannung 14 V, Heizstrom je 5 A, Anodenspannung 1500 V. Es sind zwei gleiche Röhren gewählt worden, obwohl die Steuerröhre erheblich kleiner hätte sein können, um mit der gleichen Spannung für beide Röhren auszukommen und die Lagerhaltung für Ersatz-



1 Stromquelle *5* Empfänger *8* Tastgerät
2 Propeller *6* Haspel *9* Mikrophon
3 Drosselkette *7* Ant.-Schacht *10* Hörkappe
4 Sender

Abb. 3. Einzelteile des Telefunken-Flugzeugsenders 262 F.

teile zu vereinfachen. Der Sender gestattet rein ungedämpfte Wellen auszusenden und ist auch für tonmoduliert-ungedämpfte Wellen und für Telephonie eingerichtet. Die Modulation erfolgt durch Beeinflussung des Gittergleichstromes. Die Modulationsröhre wird durch Wechselspannung von 80 Hz geheizt, die der Generator über Schleifringe abgibt.

Der Sender ist in einem Kasten aus Mahagoniholz eingeschlossen, die Einstellgriffe können durch einen Deckel geschützt werden. Sämtliche Kabel sind mit Steckern an der unteren Kastenwand zugeführt. Die Vorderwand trägt alle Abstimmgriffe und die Griffe zur Umschaltung auf „Aus, Senden, Empfang" und auch den Schalter für die verschiedenen Sendearten. Der maximale Antennenstrom bei rein ungedämpftem Senden beträgt 2,3 A. Neuerdings wird der Sender mit einer Mithörvorrichtung versehen, die aus einem kleinen tonfrequenten Röhrensender besteht, dessen Anodenspannung durch das hochfrequente Feld in der Umgebung des Senders geliefert wird und dessen Ausgangskreis mit dem Ausgangskreis des Empfängers in Reihe liegt.

Der Empfänger wird auf den Sender aufgesetzt, beide haben die gleiche Grundfläche. Sämtliche Bedienungsgriffe und Kabelzuführungen sind an der Vorderwand angebracht. Die Telefunken-Station hat einen Dreirohr-Sekundärempfänger mit einstufiger Hochfrequenzverstärkung, ein Audionrohr und ein Rohr für Niederfrequenzverstärkung. Es werden zur Zeit Röhren der Type RE 1 verwandt, das sind Doppelgitter-Wolframfadenröhren mit 4 V Heizspannung und 50 V Anodenspannung. Die Heizfäden der Röhren sind in Reihe geschaltet und werden über einen gemeinsamen Widerstand direkt von der Niederspannungs-Gleichstromwicklung des Generators geheizt. Die Anodenspannung wird durch einen Spannungsteiler von der Hochspannungswicklung für den Sender abgezweigt. Der Wellenbereich des Empfängers geht ebenfalls von 300 bis 1350 m. Beim Empfang wird mit aperiodischer Antenne gearbeitet. Die Kopplung ist in drei Stufen einstellbar. Die beiden abgestimmten Kreise werden durch gemeinsamen Antrieb betätigt. Einstellbare Rückkopplung ist vorgesehen. Das Telephon ist in eine Hörkappe eingenäht.

Die Empfindlichkeit dieses Empfängers bei der Welle 950 m kann man aus Abb. 1 entnehmen, die die Ausgangsspannung E_T in Abhängigkeit von der Eingangspannung E_2 für rein ungedämpften und für tonmoduliert-ungedämpften Empfang nach Messungen der DVL zeigt. Abb. 2 zeigt eine Selektionskurve desselben Empfängers bei derselben Wellenlänge, in der für eine konstante Ausgangspannung abhängig von der prozentualen Verstimmung v ein Wert q aufgetragen ist, der das Verhältnis der jeweiligen Eingangspannungen zu derjenigen im Resonanzfall angibt.

Sender und Empfänger beziehen ihren Energiebedarf von einem durch Regelwindflügel angetriebenen Generator, Drehzahl 4800 U/min. Der Generator liefert 14 V Gleichspannung für die Heizung der Sender- und Empfängerröhren und 1500 V Gleichspannung als Anodenspannung, außerdem eine Wechselspannung von etwa 9 V bei

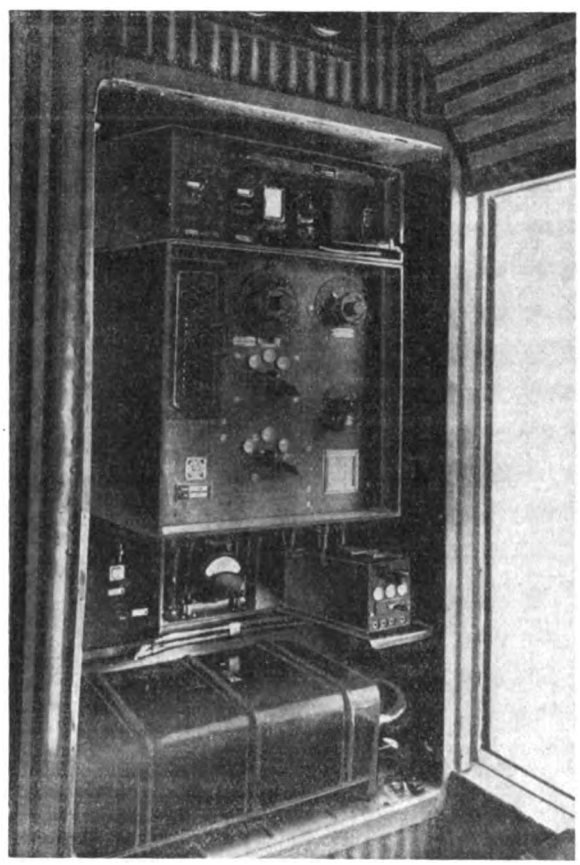


Abb. 4. Telefunken-Station Muster 262 F, eingebaut in die Funkkoje einer Junkers G 31.

80 Hz für die Heizung der Modulationsröhre. Der Windflügel entnimmt dem Fahrwind nach Messungen der DVL[5] eine Leistung von 1100 W. Die neueste Ausführungsform des Generators ist wasserdicht gekapselt. Um die Kommutatorgeräusche zu dämpfen, ist der Hochspannungswicklung ein großer Kondensator parallel geschaltet und in die Leitungen zum Empfänger eine Drosselkette eingeschaltet. Die Drosselmittel sind in ein gemeinsames Bleigehäuse eingebaut, in dem auch die Widerstände für die Abgleichung des Sender- und Empfänger-Heizstromes und der Spannungsteiler untergebracht sind.

[5] W. Brintzinger, Luftfahrtforschung Bd. 1, S. 153.

Digitized by Google

Als Antenne dient eine 70 m lange Bronzelitze, die am Ende mit dem 0,5 kg wiegenden Antennengewicht beschwert ist; sie wird durch den Antennenschacht meist durch den Boden des Flugzeuges hindurch ins Freie gelassen. Die genaue Feststellung von effektiven Höhen von Flugzeugantennen bietet erhebliche Schwierigkeiten. Die DVL hat für die 70 m-Schleppantenne 8,5 m ermittelt[5] Der Antennenschacht ist ein etwa 2 m langes Pertinaxrohr, das neuerdings windschnittiges Profil erhält. Die Antenne wird auf eine Haspel aufgewickelt und läuft beim Betriebsbeginn selbsttätig ab. Eine Fliehkraftbremse begrenzt die Ablaufgeschwindigkeit. Umlegen des Griffes der Haspel betätigt eine Feststellvorrichtung. Die Taste ist getrennt vom Gerät angebracht, u. zw. wird der Gitterstrom getastet.

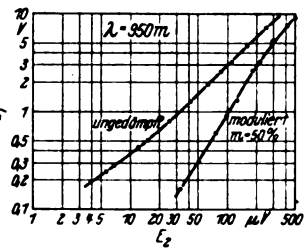
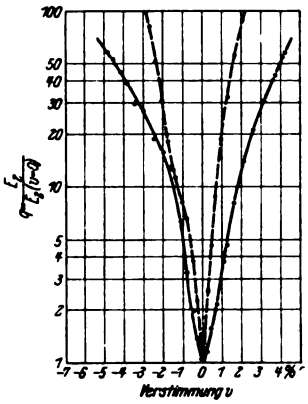


Abb. 5. Ausgangspannung E_T abhängig von der Eingangspannung E_2.



— — — einschl. } der im Sender eingebauten Abstimmittel der Antenne
——— ausschl.

Abb. 6. Selektionskurve für $\lambda = 950$ m.

Die Telefunken-Station hat ein Gewicht von insgesamt etwa 49 kg. Ihre sichere Reichweite bei Telegraphie beträgt bei rein ungedämpftem Betrieb und normalen atmosphärischen Verhältnissen 500 km für Senden im Flugzeug und Empfang eines 1 kW-Flughafensenders. Abb. 3 zeigt eine Zusammenstellung der Einzelteile und Abb. 4 stellt eine in die Funkkoje einer Junkers G 31 betriebsfertig eingebaute Station dar.

Abb. 7. Windflügel der Lorenz-Station SERF 01 V 28 (ohne Verkleidung).

Die Flugzeug-Anlage der C. Lorenz AG., Muster SERF 01 V 28, ist äußerlich der Telefunken-Station ähnlich. Sie besteht ebenfalls aus Sender und Empfänger, besitzt jedoch außerdem noch ein sog. Bedienungsgerät, in dem sämtliche Schalter und Sicherungen untergebracht sind. Sie zeigt mancherlei interessante Abweichungen von der Bauart Telefunken. Das Gewicht der Station beträgt ebenfalls etwa 48 kg, ihre Nennleistung 100 ... 120 W. Nach Messungen der DVL ergaben sich für diese Station die Zahlen der Zahlentafel 2:

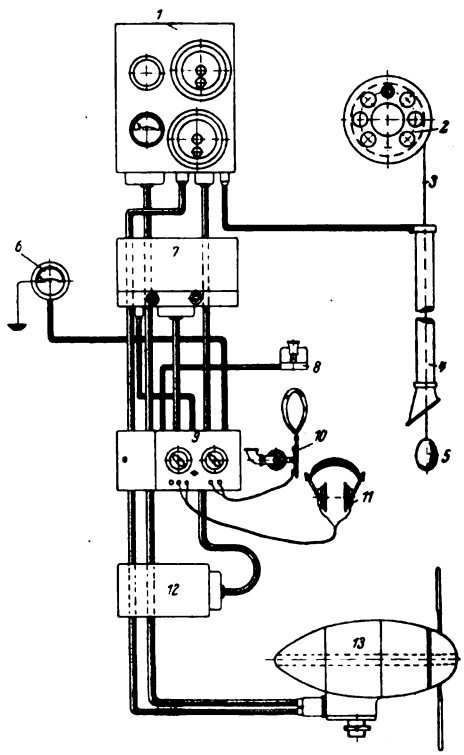
Zahlentafel 2.

Meter	Kilohertz	N_A Watt	N_{AK} Watt	N_{Ant} Watt	$J_{Ant} \cdot h_{eff}$
650	462	640	198	71	32,3
950	316	4 6	196	52	28,9
1350	222	420	1.2	29	23,7

Die Bedeutung der Bezeichnungen ist die gleiche wie in Zahlentafel 1.

Der Lorenz-Sender ist ein selbsterregter Zwischenkreissender. Sein Wellenbereich geht von 550 bis 1350 m. Die Welleneinstellung erfolgt in Stufen durch Stöpselung. Die Feinregelung geschieht durch Variometereinstellung, ferner können stufenweise die Antennenkopplung, die Antennenabstimmung, außerdem Gitter- und Anodenkopplung der Senderöhre verändert werden. Für die Feinabstimmung der Antenne ist ein Variometer vorgesehen. Der Heizstrom der Senderöhre wird durch einen Strommesser angezeigt und kann mittels Schiebewiderstandes eingestellt werden. Sämtliche Kabelanschlüsse befinden sich an der Unterwand des Kastens. Der maximale Antennenstrom beträgt etwa 3,3 A, er wird an einem in die Erdleitung geschalteten Hitzdraht-Strommesser abgelesen. Der Sender ist für rein ungedämpftes und tonmoduliert-ungedämpftes Senden sowie auch für Telephonie eingerichtet. Die Besprechung erfolgt durch magnetische Modulation.

Der Empfänger besitzt vier Röhren der Type RE 11, die als Hochfrequenzverstärker und Audion mit zweifacher Niederfrequenzverstärkung arbeiten. Die Antenne ist bei diesem Empfänger abgestimmt, u. zw. werden die Abstimm-Mittel des Senders benutzt. Erfolgen Senden und Empfangen auf verschiedenen Wellen, so erscheint es allerdings unbequem, die Antennenabstimmung bei jedesmaligem Umschalten zu verändern, der Empfänger gibt dann auch mit nicht abgestimmter Antenne eine genügende Reichweite.



1 Sender	5 Ant.-Gewicht	9 Bedienungsgerät
2 Haspel	6 Amperemeter	10 Brustmikrophon
3 Antenne	7 Empfänger	11 Telephon
4 Schacht	8 Taste	12 Drosselkasten
	13 Propellergenerator	

Abb. 8. Einzelteile der Lorenz-Station SERF 01 V 28.

Im Empfänger befinden sich zwei abgestimmte Kreise, die mit zwei Drehknöpfen eingestellt werden. Für den zweiten Kreis ist Feinabstimmung vorgesehen. Die Rückkopplung ist veränderbar eingerichtet. Mit dem Empfänger können die 1 kW-Flughafensender in etwa 600 km Entfernung im Flugzeug empfangen werden. Die Empfindlichkeit dieses Empfängers bei der Welle 950 m kann man aus Abb. 5 entnehmen, die die Ausgangspannung E_T in Abhängigkeit von der Eingangspannung E_2 für rein ungedämpften und für tonmoduliert-ungedämpften Empfang nach Messungen der DVL darstellt. Abb. 6 zeigt entsprechend der Darstellung in Abb. 2 für den Lorenz-Empfänger q abhängig von v bei der Welle 950 m.

Der Empfänger wird von einer 24 V-Gleichstromwicklung des Generators geheizt, die Anodenspannung wird einer besonderen 220 V-Gleichspannungswicklung des Generators entnommen. Auch beim Senden bleibt der Empfänger eingeschaltet, so daß im Telephon die Sendezeichen mitgehört werden können.

Bei dem Lorenz-Gerät wird der Empfänger an den Sender angehängt. Sämtliche Kabel sind durch Stecker

[5a] Wie Fußnote 4.

Digitized by Google

an der Unterseite befestigt. Die Energieversorgung der Lorenz-Station erfolgt von einem durch Regelwindflügel angetriebenen Generator aus. Abb. 7 zeigt den von Seppeler—Telefunken gebauten Windflügel dieser Station. Jedes der beiden Blätter ist um seine Längsachse drehbar gelagert. Die Regelung erfolgt dadurch, daß die Fliehkraft auf Gewichte wirkt, die exzentrisch zu dieser Längsachse angebracht sind, wodurch bei erhöhter Windgeschwindigkeit die Blätter einen kleineren Anstellwinkel bekommen. Die in der Abbildung sichtbare Schraubenfeder liefert über einen Seilzug die erforderliche Gegenkraft. Der Generator gibt 165 W bei 24 V für die Heizung der Röhren des Senders und Empfängers, 370 W bei 2000 V für den Anodenkreis des Senders und 15 W bei 220 V für den Anodenkreis des Empfängers. Für die Modulation bei tonmoduliertem Senden liefert der Generator

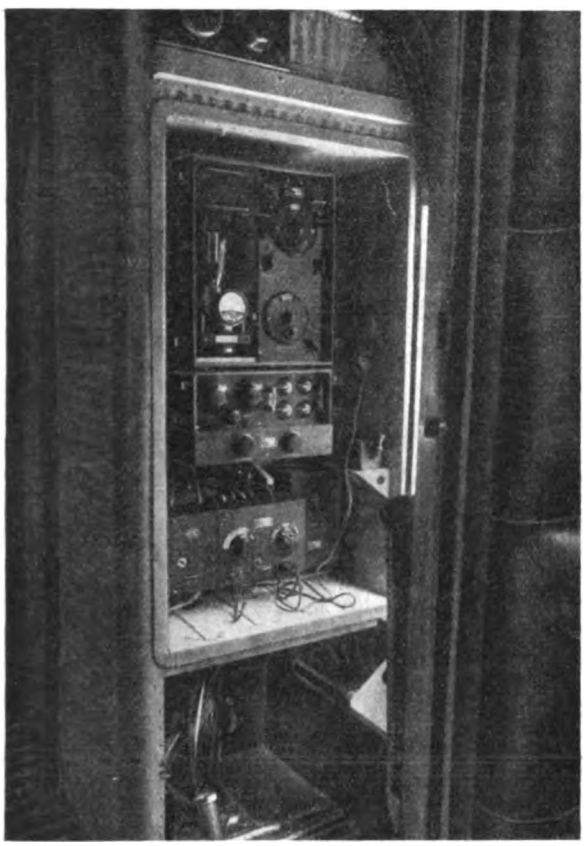


Abb. 9. Lorenz-Station SERF 01 V 28, eingebaut in die Funkkoje einer Junkers G 21.

außerdem 5 VA bei 1000 Hz. An dem Generator ist bemerkenswert, daß er eine Verkleidung erhalten hat, die den kleinstmöglichen Luftwiderstand verursacht. Außerdem ist zur besseren Kühlung die Welle hohl ausgeführt, so daß gerade das Innere der Maschine, das sich sonst am stärksten erwärmt, hier am besten gekühlt wird.

An die Anodenspannungswicklung des Senders ist zur Oberwellenbefreiung ein Kondensator angeschaltet, während Heizstrom und Anodenstrom für den Empfänger über eine Drosselkette geschickt werden, um dort von Oberwellen gereinigt zu werden.

Als Antenne dient auch bei der Lorenzstation eine 70 m lange Bronzelitze, die auf eine Haspel mit Handantrieb und Bremse aufgewickelt wird. Die Haspel besitzt eine Haltevorrichtung, die man durch Umlegen des Griffes betätigt. Der Schacht ist auch hier ein etwa 2 m langes Pertinaxrohr, das eine so große lichte Weite hat, daß man, falls ein Antennengewicht verloren gegangen sein sollte, auch während der Fluges den metallischen Rohreinsatz herausziehen kann, um das Gewicht durch ein anderes zu ersetzen.

Mit der Lorenz-Station und einer 1 kW-Flughafenstation läßt sich bei rein ungedämpftem Betrieb und normalen atmosphärischen Verhältnissen auf 600 km ein gegenseitiger Betrieb mit Sicherheit aufrechterhalten. Eine Zusammenstellung der Teile dieser Station zeigt Abb. 8, einen Einbau in eine Junkers G 31 der Luft-Hansa Abb. 9.

Zusammenfassend kann man über die beiden heute im deutschen Flugfunkverkehr gebräuchlichen Flugzeugstationen sagen, daß sie den Erfordernissen, die dieser besondere Betrieb an die Geräte stellt, voll genügen. Die Geräte leisten vielleicht sogar zu viel. Denn im innerdeutschen Verkehr wird nie verlangt, Entfernungen von 500 bis 600 km zu überbrücken. Auch wird von der Möglichkeit, tonmoduliert senden zu können, nur ganz selten Gebrauch gemacht, höchstens in der Nähe der Küste, wenn mit Schiffs- oder Küstenfunkstellen verkehrt werden soll, die noch keinen Überlagerungsempfänger haben. Ebenso wird in Deutschland Telephonie nicht verwendet, weil eingehende Untersuchungen gezeigt haben, daß hierfür, besonders zum Empfang im Flugzeug, so große Feldstärken nötig sind, daß die Reichweite auf ganz geringe Entfernungen begrenzt wird. Bei der DVL wurde experimentell die Frage untersucht, wievielmal schlechter der Telephonieempfang im Flugzeug ist als am Boden, bei Verwendung der gleichen Empfängermuster und gleicher Empfangsfeldstärke[5b]. Abb. 10 zeigt für Flugzeug- und

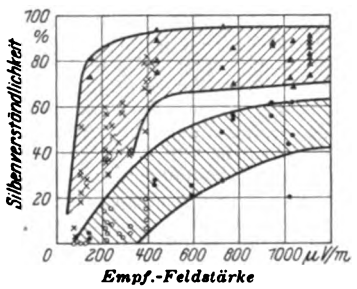


Abb. 10. Silbenverständlichkeit in Abhängigkeit von der Empfangs-Feldstärke.

Bodenempfang die prozentuale Silbenverständlichkeit abhängig von der erforderlichen elektromagnetischen Feldstärke. Die Nachteile für die Abwicklung des Betriebes auf Telephonie bestehen außerdem darin, daß viel mehr Fehler in der Übermittlung auftreten können als bei Telegraphie. Die Notwendigkeit der Telegraphie, einen geübten Funker an Bord zu nehmen, wiegt dagegen weniger schwer.

Aus diesen Erwägungen heraus sind jetzt Arbeiten im Gange, die beiden beschriebenen Stationen, die sich an sich gut bewährt haben, zu vereinfachen. Es ist beabsichtigt, die Stationen in ihrer jetzigen Gestalt in der Richtung zu verändern, daß die Einrichtungen für ton- und sprachmoduliertes Senden fortgelassen werden. Das ergibt eine vereinfachte Bauweise und geringeres Gewicht, außerdem weniger Reparaturen und ein kleineres Lager an Ersatzteilen. Der Empfänger soll dadurch vereinfacht werden, daß an Stelle der Wolframfadenröhren Sparröhren verwendet werden. Dadurch wird der Energiebedarf der Station erheblich herabgesetzt, so daß ihr Generator leichter gebaut werden kann.

Neben den beschriebenen Langwellenstationen wurden Kleinstationen entwickelt, die z. Z. als Mustergeräte im Betrieb der Luft-Hansa erprobt werden. Diese sind von den Firmen Telefunken und Lorenz gebaut worden, nachdem von der DVL die technisch-wissenschaftlichen Unterlagen für die Ausführung gegeben worden waren. Die Abmessungen dieser Geräte sind so klein, daß sie im Führerstand untergebracht werden können. Das Gewicht der betriebsfertigen Geräte wird etwa 25 kg betragen. Die Bedienung ist so einfach, daß sie vom zweiten Führer oder Bordwart übernommen werden kann. Sie haben fest einstellbare Wellen und Feinabstimmung im Antennenkreis. Schwankungen der Antennenkapazität beeinflussen die Wellenlänge ebensowenig wie bei den großen Stationen. Für den Sender ist nur rein ungedämpfte Telegraphie vorgesehen. Der Empfänger hat einen Wellenbereich von rd. 850 ... 950 m und nur Abstimmungs- und Rückkopplungsbetätigung. Die Speisung der Anlage erfolgt aus der Bordbatterie, die eine Spannung von 12 V und eine Kapazität von 18 Ah hat. Als Antenne dient die 70 m-Schleppantenne. Das Gerät gibt einen Sende-Antennenstrom von 1 A. Die sichere Reichweite beträgt 200 ... 250 km über Land.

Die Kleingeräte sind berufen, eine empfindliche Lücke in der Flugfunktechnik auszufüllen. Sie ermöglichen bei

[5b] Wie Fußnote 3.

Digitized by Google

den zahlreichen Flughafen-Funkstellen in Deutschland an jeder Stelle einen sicheren FT-Verkehr. Sie geben gerade den mittleren und kleinen Flugzeugen, für die sie bestimmt sind, die Möglichkeit, sich über das Wetter zu orientieren und sich peilen zu lassen. Selbst nach etwaigen Notlandungen kann vom Flugzeug aus noch Verkehr gemacht werden, indem die Antenne herausgezogen und irgendwie behelfsmäßig befestigt wird

Die im deutschen Flugfunkdienst notwendigen Bodenstationen bestehen im allgemeinen aus einer Sende- und einer Empfangsanlage, jedoch gibt es auch Flughäfen, die nur Funkempfangsanlagen besitzen, einige Landeplätze sind auch nur durch Kabel mit den anderen Flughäfen verbunden. Die Flughafensender sind größtenteils Röhrensender mit einer Leistung von 0,3 ... 1,5 kW im Antennenkreis. Nur der Sender Lindenberg, der auch für Berlin im Bedarfsfall einen Teil des Funkverkehrs abwickelt, hat einen Hochfrequenz-Maschinensender der Firma Lorenz mit einer Leistung von 5 kW; ein weiterer Maschinensender von Lorenz ist auch in der Sendestelle des Flughafens München eingebaut. Der Wellenbereich der Maschinensender geht von 800 bis 1900 m.

Die von der Firma Lorenz gebauten Röhrensender sind fremdgesteuert und haben Zwischenkreise. Die Energieversorgung geschieht in den meisten Fällen durch 500 Hz-Maschinen, deren Strom durch Glühventile gleichgerichtet wird. Einige Sender sind auch mit Gleichhochspannungs-Maschinen ausgerüstet. Der Wellenbereich dieser Sender geht von 500 bis 2400 m. Die von der Firma Telefunken hergestellten Sender besitzen Selbsterregung und Zwischenkreis. Die Hochspannung wird auch hier durch gleichgerichteten Wechselstrom von 500 Hz hergestellt. Die Heizung liefern Gleichstrommaschinen.

Fast alle Flughafensender sind in einiger Entfernung vom Flugplatz aufgestellt, meist 1 ... 2 km, damit die Antennentürme den Flugverkehr nicht behindern und auch um Störungen des Empfanges durch die eigenen Sender zu vermeiden. Sie werden vom Empfangsraum aus ferngetastet. Die Antennentürme sind freitragende Eisenmaste. Einige wenige Sender, z. B. auch Berlin, bei denen in der Umgebung des Flugplatzes Gelände nicht zu beschaffen war, sind auf dem Flughafengelände aufgebaut worden und haben freitragende Holzmaste erhalten. Als Antenne ist im allgemeinen eine 3- oder 4drähtige T- oder L-Antenne gewählt worden. Die Erdung ist durch strahlenförmig vergrabene Kupferdrähte hergestellt. Die Sender sind in Steinhäuschen untergebracht, die außer den eigentlichen Betriebs- und Maschinenräumen auch noch eine Wohnung für den Sendestellenleiter oder einen Funker enthalten. Eine Ansicht der Sendestelle Nürnberg, die für die Flughafensender als charakteristisch angesehen werden kann, zeigt Abb. 11. Die zu den Flughafen-Funkstellen gehörenden Empfangsanlagen befinden sich stets in unmittelbarer Nähe des Flughafens. Im allgemeinen sind sie im Verwaltungsgebäude der den Flugbetrieb unterhaltenden Gesellschaft untergebracht, u. zw. in der Nähe der Wetterwarte.

Eine Empfangstelle hat meist drei Empfänger. In ziemlich großer Zahl sind die Empfänger der Type Telefunken E 266, bestehend aus Audion und zwei Niederfrequenzstufen, vertreten, die zum Teil mit getrennten Überlagerern arbeiten. In steigendem Maße werden neuzeitliche Empfänger wie Debeg-Muster E 364 S oder Lorenz-6-Rohr-Neutrodyn-Empfänger Muster ERNC II 627 eingeführt. Da der internationale Wetterdienst zum Teil sehr lange Wellen bis 12 000 m verwendet, ist auf jeder Station ein Empfänger vorgesehen, dessen Wellenbereich durch auswechselbare Spulen bis zu den längsten Wellen erweitert werden kann. Hierfür ist gerade der E 266 sehr geeignet. Die Empfangsantennen sind gewöhnlich niedrige Stahlrohrmaste, als Erde dienen vergrabene Ringleitungen, die mit der Wasserleitung verbunden sind. Bemerkenswert ist noch, daß infolge des ununterbrochenen Betriebes der Verbrauch an Anodenbatterien so groß war, daß alle Empfangstationen mit Netzanoden ausgerüstet werden mußten. Für die Heizung werden Akkumulatoren verwandt.

3. Kurzwellengeräte.

Der Hauptwert des Flugverkehrs liegt in der Überbrückung großer Entfernungen. Nun genügt die mit den Langwellengeräten erzielbare Reichweite dann nicht den berechtigten Ansprüchen, wenn bei Langstreckenflügen durchgehender Verkehr mit dem Heimathafen aufrecht erhalten werden soll. Hierbei kommen Entfernungen von mehreren tausend Kilometer in Frage.

Die bei den jetzigen Geräten verwandte Schleppantenne von 70 m Länge behindert die Manöverierfähigkeit besonders bei schlechtem Wetter, so daß schon seit langem feste Antennen gefordert werden. Da aber die am Flugzeugkörper zur Verfügung stehenden Längen sehr klein sind gegenüber der im Luftverkehr heute üblichen Wellenlänge, so haben feste Antennen bei den bisherigen Geräten außerordentlich schlechten Wirkungsgrad, so daß sich nur geringe Reichweiten ergeben.

Weiter ist die Aufgabe, die Station so zu bauen, daß sie ebensowohl während des Fluges als auch nach der Landung auf dem Boden und nach dem Niedergehen auf See benutzt werden kann, bei den Langwellenstationen nur schwer zulösen. Diese Aufgabe ist aber eine der wichtigsten, da gerade nach Notlandungen ein drahtloser Verkehr besonders notwendig ist. Auch wenn man bei den jetzigen Langwellengeräten die Schleppantenne in solchen Fällen

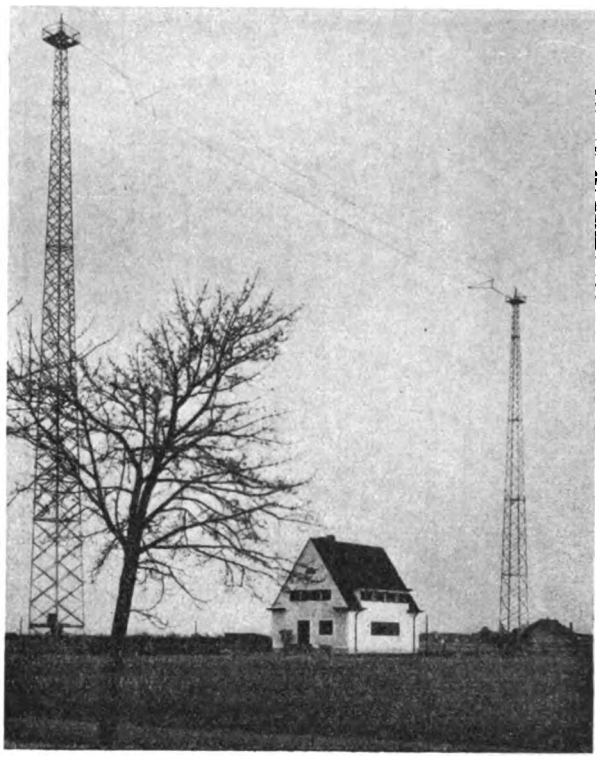


Abb. 11. Flughafen-Sendestelle Nürnberg.

durch eine Behelfsantenne ersetzen kann, so haben diese doch einmal eine sehr kleine Reichweite und außerdem muß wegen des fehlenden Fahrwindes bei den 70- bzw. 100 W-Stationen ein durch einen Hilfsmotor angetriebener Generator zur Verfügung stehen, der eine große Belastung für das Flugzeug darstellt.

Die kurzen Wellen ermöglichen es, alle erwähnten Forderungen gleichzeitig zu erfüllen. Zunächst ist der Leistungsbedarf auch bei großen Reichweiten so gering, daß das Gesamtgewicht der Funkanlage außerordentlich klein sein kann. Sodann erfordern die kurzen Wellen Antennenlängen, die in der Größenordnung der heute üblichen Dimensionen der Flugzeuge liegen, so daß sich auch bei fest verspannten Luftdrähten günstige Strahlungsverhältnisse ergeben. Endlich kann man die geringe Primärleistung einem kleinen Akkumulator entnehmen, so daß die Station auch nach der Landung, insbesondere nach Notlandungen, betriebsfähig ist.

Nach dem Gesagten könnte man sich wundern, warum die kurzen Wellen nicht schon lange in das Flugfunkwesen eingeführt sind. Es steht dem aber bisher eine Reihe von Bedenken entgegen. Lange Zeit wurde überhaupt die Möglichkeit des Kurzwellenempfanges im Flugzeug bezweifelt. Man glaubte nämlich, daß das Zündgeräusch des Flugmotors und die Erschütterungen während des Fluges den Kurzwellenempfang unmöglich machen würden. Vor allem aber waren es die sog. toten Zonen, die die Anwendung der kurzen Wellen recht wenig aussichtsreich erscheinen ließen.

Es wurde deshalb von der DVL die Ausbreitung der kurzen Wellen zwischen Flugzeug und Bodenstation ein-

Digitized by Google

gehend untersucht[6]. Bei kleinen und mittleren Entfernungen kann die Welle immer so gewählt werden, daß Schwächungszonen nicht auftreten. Bei größeren Entfernungen, also besonders beim transozeanischen Luftverkehr, müssen allerdings Wellen benutzt werden, die Schwächungszonen aufweisen. Die Schwächung des Empfangs ist so stark, daß es unmöglich ist, mit den in Luftfahrzeugen unterzubringenden Leistungen in der Schwächungszone Empfang zu bekommen. Will man also einen durchgehenden Verkehr mit ein und derselben Hafenstation erreichen, so ist ein Wellenwechsel während des Fluges nicht zu vermeiden. Bei Langstreckenflügen oder bei den Fahrten der Luftschiffe liegen aber die Verhältnisse insofern günstiger, als im allgemeinen nicht nur eine Gegenstation, sondern eine ganze Reihe von Stationen auf Empfang stehen, so daß bei einer bestimmten Wellenlänge wohl der Fall eintreten kann, daß die Verbindung mit einer dieser Stationen abreißt, dafür aber eine andere der Bodenstationen außerhalb der Schwächungszone liegt und deshalb der Verkehr aufrechterhalten werden kann.

Verhältnis zu der des Senders so gewählt, daß beide Wellen sich hochfrequent überlagern. Die Überlagerungswelle wird mit einem Langwellenaudion empfangen. Ändert sich jetzt die Quarzwelle des Empfängers, so kann die Höhe des Empfangstones im Langwellenaudion ohne Schwierigkeit nachgeregelt werden. Abb. 14 zeigt die Schaltung eines solchen Empfängers. Wesentlich ist, daß das Kurzwellenaudion nicht im Schwingzustand arbeitet, seine Rückkopplung darf nur zur Dämpfungsreduktion benutzt werden.

Allen Schwierigkeiten des Kurzwellenempfanges im Flugzeug kann man aus dem Wege gehen, wenn man nach dem Vorschlag der DVL die kurzen Wellen nur für das Senden vom Flugzeug aus verwendet, während man für die Richtung Boden—Luftfahrzeug lange Wellen einsetzt. Der hieraus resultierende Nachteil, Bodensender mit sehr großer Leistung benutzen zu müssen, fällt dann wenig ins Gewicht, wenn Bodenstationen mit genügender Leistung für den Langstreckenverkehr zur Verfügung gestellt werden können.

Abb. 12. Flugzeug-Kurzwellensender, Bauart DVL—Telefunken. Abmessungen: 300×180×180 mm.

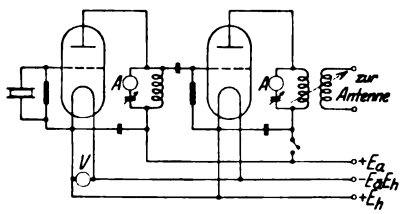


Abb. 13. Prinzipschaltbild eines quarzgesteuerten Senders mit Frequenzverdoppelung.

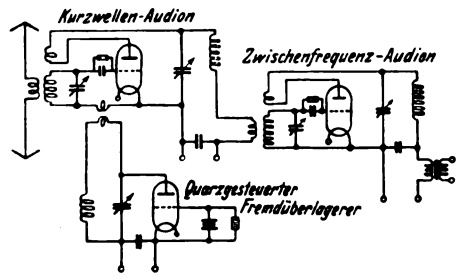


Abb. 14. Quarzgesteuerter Kurzwellenempfänger mit Zwischenfrequenz.

Der Bau der Kurzwellengeräte für Flugzeuge ist noch so stark im Fluß, daß von einer endgültigen Type noch nicht gesprochen werden kann. Es sollen aber im folgenden einige Beispiele kurz beschrieben werden. Abb. 12 zeigt einen von der DVL gemeinsam mit Telefunken entwickelten Kurzwellensender, Abb. 13 zeigt seine Schaltung. Die erste Stufe wird von einem Quarzkristall gesteuert. In der zweiten Stufe wird die Frequenz verdoppelt. Getastet wird bei diesem Gerät die Anodenspannung in der Verdoppelungstufe, während sich die quarzgesteuerte Stufe dauernd in Schwingungen befindet. Die zweite Stufe hat einen Wellenbereich von 30 ... 70 m. Der von einem solchen Sender erzeugte rein ungedämpfte Überlagerungston hebt sich aus den Störgeräuschen gut heraus. Eine verbesserte Form dieses Senders wurde von der DVL gelegentlich ihrer ersten Versuche im Luftschiff „Graf Zeppelin" verwendet. Dieser Sender wird in dem Abschnitt über Luftschiffgeräte besonders beschrieben werden.

Der Kurzwellenempfang macht im Flugzeug wesentlich größere Schwierigkeiten als das Senden. Sie liegen einmal in den bei diesen Wellen besonders unangenehm auftretenden Störungen, die durch den Zündfunken des Motors hervorgerufen werden, dann aber vor allem in den Erschütterungen, die Schwankungen der Frequenz der Überlagerungswelle und damit Tonschwankungen oder völliges Aussetzen des Tones im Empfänger verursachen. Der ersten Schwierigkeit kann durch geeignete Abschirmung der Zündleitungen begegnet werden; die durch Erschütterungen hervorgerufenen Störungen können auch durch einen sehr stabilen Bau der Empfänger nicht beseitigt werden. Deshalb wurde von der DVL[7] ein quarzgesteuerter Kurzwellenempfänger mit Langwellen-Zwischenfrequenz entwickelt. Bei diesem Empänger soll einmal die Überlagerungsfrequenz des Empfängers stabilisiert werden, dann aber soll die Höhe des Empfangstones beliebig eingestellt und nachgestellt werden können, falls etwa durch Temperaturänderung oder andere Einflüsse eine Veränderung des Überlagerungstones eintreten sollte. Zu diesem Zweck wird die Quarzwelle des Empfängers im

Von der DVL werden in der Hauptsache fest verspannte Dipole verwendet. Aus Abb. 15 ist der Aufbau einer solchen Querdipolantenne auf einer „Möve" der Luft-Hansa ersichtlich. Die auf eine bestimmte Sendewelle abgestimmte Antenne kann beim Empfang auf beliebiger Welle gebraucht werden, da der oben beschriebene Empfänger mit aperiodischer Antenne arbeitet. Der aerodynamische Widerstand dieser Antenne wurde von der DVL[8] ermittelt; er ist ungefähr gleich dem einer 70 m langen Schleppantenne.

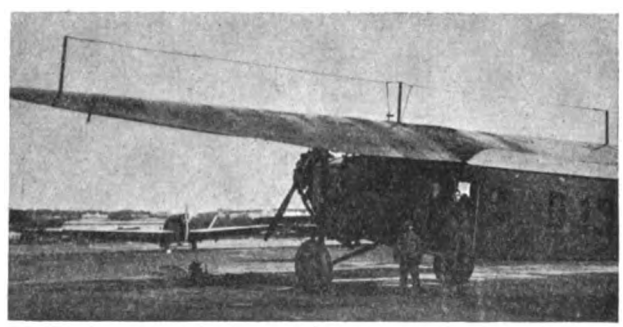


Abb. 15. Querdipolantenne auf einer „Möve".

Die kurzen Wellen sind bisher in Deutschland nur vorübergehend im Betrieb der Deutschen Luft-Hansa erprobt worden. Nach den bisherigen Erfahrungen sind die kurzen Wellen vor allem dazu berufen, den Funkverkehr auf sehr langen Strecken zu übernehmen. Es wird die Aufgabe der allernächsten Zeit sein, die Kurzwellengeräte immer mehr zu vervollkommnen, um auch den kurzen Wellen die gleiche Betriebsicherheit zu geben, wie sie die langen Wellen im Luftverkehr heute schon aufweisen.

(Schluß folgt.)

[6] K. Krüger u. H. Plendl, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33, S. 85.

[7] P. v. Handel, K. Krüger u. H. Plendl, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 34, S. 12.

[8] F. Liebers, Luftfahrtforschung Bd. 1, S. 147.

Digitized by Google

Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn*.

Von Dr.-Ing. **Walter Reichel**, Berlin.

(Fortsetzung von S. 134.)

Wie stand es nun inzwischen mit der Stromlieferung und welche Entwicklung hat die Ausgestaltung der damals „Maschinenstationen" oder „Zentralen" genannten Werke?

Zu der Zeit, wo die ersten elektrischen Bahnen ins Leben gerufen wurden, gelangte man sehr bald zu der Ansicht, daß auch die Stromlieferung gesichert werden müsse und es daher notwendig sei,

C) Sonderkonstruktionen für Stromerzeugungsanlagen, d. h. Schalt- und Maschinenanlagen

zu schaffen.

Noch im Jahre 1889 bestand die Schaltanlage der elektrischen Bahn Lichterfelde aus einem Holzbrett mit Messing-Rundklemmen und geschlitzten Messingbügeln, die

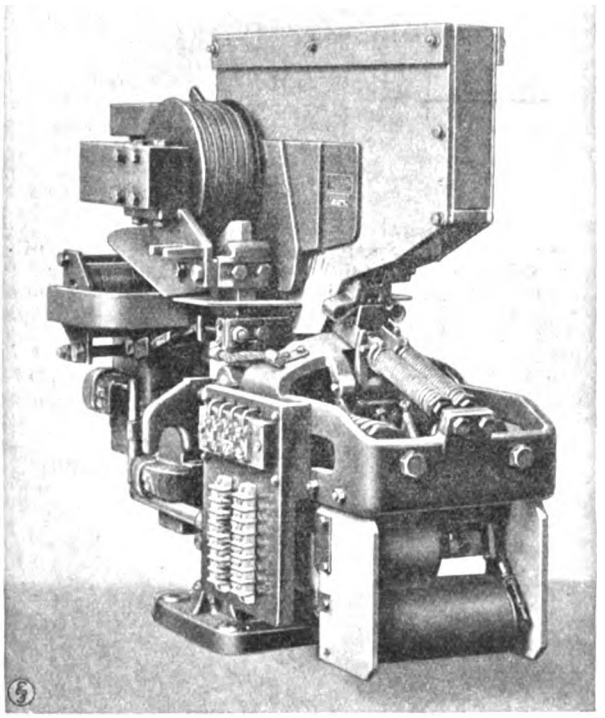
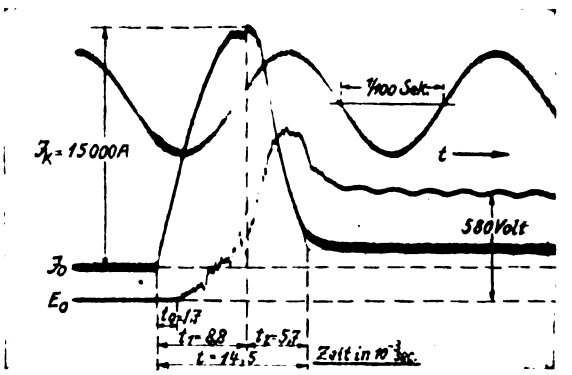


Abb. 29a. Schnellschalter, 2500 A, 1000 V; Vorderansicht.

nach Bedarf nach Lösen der Schrauben umgelegt wurden (später Sammelschienen genannt). Nun waren aber die Betriebsbedingungen für Bahnwerke sehr verschieden von denen für die Werke, die Strom für Licht und Kleinkraft lieferten. Heute sieht sich das alles ganz anders an als damals in den 90er Jahren. Roher Betrieb der Bahnen mit Stoßbelastungen, gemengt mit Kurzschlüssen, höhere Spannungen, ein Pol an Erde, längere Betriebsdauer u. a. m. verlangten kräftigere Einrichtungen, als der damals viel gemütlichere Lichtbetrieb sie aufwies. Hier waren nur Sicherungen für die Stromkreise nötig, während für die Bahnen selbsttätige Starkstromschalter geschaffen werden mußten, die nach Ausschalten sofort wieder betriebsbereit sein mußten. Die Arbeit der zuerst nur mit Hilfe von sehr kräftigen Federn erstrebten Ausbildung dieser Apparate, auf deutsch „Maximalautomaten" genannt, stand lange Zeit im Vordergrunde des Interesses. Mit verstärktem Nachdruck wurde sie in den Jahren 1912/14 betrieben und hat eigentlich erst in der Gestalt der heutigen Schnellschalter (Abb. 29a ... d) einige Jahre nach Kriegsende in der Zeit von 1919 bis 1924 ihren Abschluß gefunden. Von diesen Schnellschaltern werden sogar nach heutiger Erkenntnis zur Verhütung von Überschlägen an Gleichstrommaschinen bzw. zum genügend schnellen Abschalten zwei Stück hintereinander geschaltet, einer zum schnellsten Einrücken eines dem Stromkreis vorgeschalteten Drosselwiderstandes, der andere zur rasch hinterherfolgenden vollständigen Abschaltung. Die vollkommene Lösung der Aufgabe hat eigentlich fast 30 Jahre Zeit gekostet[2]. Ich erinnere mich noch heute daran, wieviel Kummer uns Elektro-Eisenbahnern der „Max" in der ersten Pionierzeit gemacht hat, wie froh wir waren, wenn er einigermaßen funktionierte, und wieviel Überredung es gekostet hat, das Personal namentlich bei Betrieben mit dritter Schiene an die Donnerschläge der alten Automaten zu gewöhnen, die ursprünglich unmittelbar vor der Schalttafel bzw. dem „Schaltbrett" montiert waren (Abb. 30). Die Kurzschlüsse waren ja deshalb so heftig, weil bei den alten Apparaten die Schaltzeit zu lang war und dabei der Stromanstieg mangels genügender Drosselung zu gewaltsam schnell vor sich ging. Heute öffnet der Apparat in einer tausendstel Sekunde, bevor der Stromanstieg erfolgt ist (Abb. 29b). Allmählich hat



J_{max} = 15000 A

Abb. 29b. Oszillogramm einer Kurzschlußabschaltung (zu Abb. 29d).

man sich gewöhnt, die Apparate an solche Stellen zu legen, daß sie Schreck oder Blendung nicht mehr verursachen konnten und das Getöse auch gemildert war; heute baut man sie in besondere abgelegene Kammern ein (Abb. 29c). Die sonstigen Einzelheiten der Bahnschaltanlagen, genügende Abstände für 500, 600, 800 ... 1000 V (später 2000 V), der Einbau von Schmelzsicherungen u. a. m. waren leichter zu bewältigen. Die Bearbeitung der Bahnschaltanlagen ist aber lange Zeit von der Bearbeitung anderer Anlagen abgetrennt geblieben und hat bis Ende der 90er Jahre zu ganz brauchbarer Ausbildung geführt.

Da die Bahnkraftwerke Gleichstrom zu erzeugen hatten und damals die Zusammenfassung der Stromerzeugung und der Gebrauch der Umformung noch nicht so bekannt und geläufig geworden waren, so wurden für größere Betriebe einfach mehrere Kraftwerke gebaut und auf bestimmte Bezirke geschaltet, z. B. in Berlin, Hamburg usw. In die Bahnkraftwerke selbst wurden im allgemeinen schwerere Kolbenmaschinen stehender oder liegender Bauart eingebaut, die wiederum mit schweren Schwungmassen ausgerüstet waren, zuerst mit Riemen- oder Seiltrieben (Abb. 31) auf die elektrischen Stromerzeuger arbeitend, bald aber mit diesen direkt gekuppelt (Abb. 32), so daß diese Bauart Ende des vergangenen Jahrhunderts schon so gut wie feststehend war (Berlin Mauerstraße, Schiffbauerdamm usw., Hamburg-Bille usw.). Die Sonderkonstruktion der elektrischen Maschinen bestand in erster Linie darin, daß sie für die höhere Spannung von 500 V (gegenüber 250 V für Licht) mit Wicklung für gute Kommutierung herzustellen waren, daß sie wegen der Zusammenschaltung der Fahrschienen-Rückleitung mit Erde mit viel stärkerer Isolierung von Wicklung und Kommutator gegen Körper auszustatten waren und daß der Bürstenapparat

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins.

[2] ETZ 1927, S. 1261. — H. Besold, ETZ 1928, S. 175. VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929, S. 62.

Digitized by Google

gegen die geerdeten Teile wie Lager usw. durch Isolierteile und Platten gut abzudecken war, um Überschläge gegen Erde hintanzuhalten. Sonst war die Ausstattung des maschinellen Teils nicht wesentlich verschieden von der der Lichtkraftwerke.

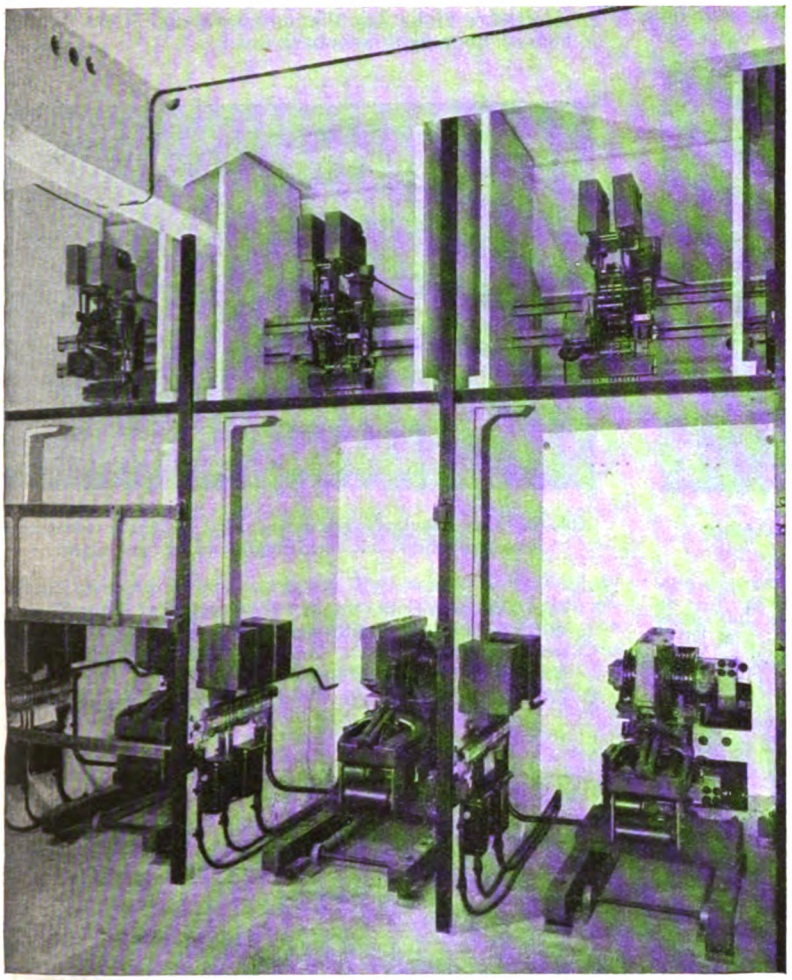


Abb. 29c. Einbau der Schnellschalter als Streckenschalter in einem Unterwerk.

Man hatte also auch in bezug auf diese Sonderkonstruktionen in den Jahren 1896/1900 gelernt, die erforderlichen Einzelheiten für Bahnkraftwerke für ausgedehntere Straßenbahnbetriebe bei Spannungen von 500 und 600 V mit Leistungen von ein paar tausend Kilowatt, erzeugt von möglichst wirtschaftlichen Kolbendampfmaschinen (1,5 kg Kohle/kWh), zu bauen und konnte es mit gutem Gewissen unternehmen, auch einen weiteren Schritt zu tun und Kraftwerke für die viel schwankenderen Leistungen eines Stadtschnellbetriebs wie z. B. der Berliner Hochbahn zu errichten, wenn man nur dafür sorgte, daß von entsprechend großen Speicherbatterien, die mit den Maschinen parallel geschaltet wurden, die heftigen Stöße beim Anfahren ganzer Züge (Abb. 33) abgefangen werden konnten (momentane Spitzendeckung mit Hilfe umkehrbarer Zusatzmaschinen nach System Pirani).

II. Gestaltung der Einzelheiten der Berliner elektrischen Hoch- und Untergrundbahn.

Blickt man zurück auf die ersten Entwicklungs-Dezennien, so waren schließlich mit Ablauf des vergangenen Jahrhunderts alle 3 Arten von Sonderkonstruktionen, die der Fahrleitungsanlagen, der elektrischen Ausrüstungen für Fahrzeuge und der elektrischen Kraftwerke soweit in den Grundzügen ausgestaltet und verschiedenartige Anlagen hatten so verschiedene Beweise der Betriebstüchtigkeit der elektrischen Bahnen erbracht, daß man die von Werner Siemens 1881 gestellte, gerade nicht ganz leichte Aufgabe in der Gestalt des Baues und der Inbetriebsetzung der elektrischen Hoch- und Untergrundbahn zu Berlin mit vollem Vertrauen aufnehmen konnte. Eine Gesellschaft hierzu war 1897 gegründet und einige Vorarbeiten waren 1898 aufgenommen worden, aber die Durcharbeitung mußte natürlich mehrere Jahre kosten. Nirgendwo anders zeigte sich deutlicher als gerade bei dieser Anlage, daß sie vollständig von der Gestalt und Größe der Motorwagen bzw. der Züge abhängig war. Wenn bis zu dem Zeitpunkte, zu welchem die ersten Überlegungen über die Ausgestaltung der Züge einsetzten, elektrische Triebwagen von 50 ... 100 kW Leistung existierten, so war doch für den Betrieb von ganzen Zügen sofort vorauszusehen, daß die für einen Stadtschnellbetrieb erforderlichen Geschwindigkeiten und das durch die Personenbeförderung erforderlich werdende Fassungsvermögen der Züge eine sehr wesentliche Steigerung der den Zügen zuzuführenden Energiemenge notwendig machen würden, die von vornherein in Höhe von mehreren hundert Kilowatt abzuschätzen war. Es sollte nun möglich gemacht werden, diese vergrößerten Energiemengen

A) durch entsprechende Ausgestaltung der Fahrleitung

zu bewältigen. Daher mußte die erste Überlegung dahin gehen, ob die damals bekannte Spannung von 500 ... 550 V bzw. 600 V dafür ausreichend sei, und daß es wahrscheinlich unbedingt notwendig sein würde, mit der Spannung höher zu gehen. Vom jetzigen Standpunkt betrachtet, würde man sich keinen Augenblick besinnen, die Spannung zu steigern, damals gehörte aber zu einer solchen Überlegung ein gewisser Mut, das Wagnis einzugehen. Von meinem Standpunkte aus, der ich als Wagenkonstrukteur die Aufgabe hatte, die Züge und die erforderlichen elektrischen Ausrüstungen zu bearbeiten, wäre mit einer Spannung von 660 V auszukommen gewesen, wie sie ja auch später (1903) bei der Strecke Berlin—Groß-Lichterfelde-Ost zur Anwendung kam. Aber ich erkannte sehr bald, daß bei der verhältnismäßig kleinen Haltestellenentfernung von im Mittel 800 m große Anfahrenergiemengen erforderlich sein würden, welche die Leitungsanlage schwer belasten. Das war der Hauptgrund, weshalb mein Entschluß in Übereinstimmung

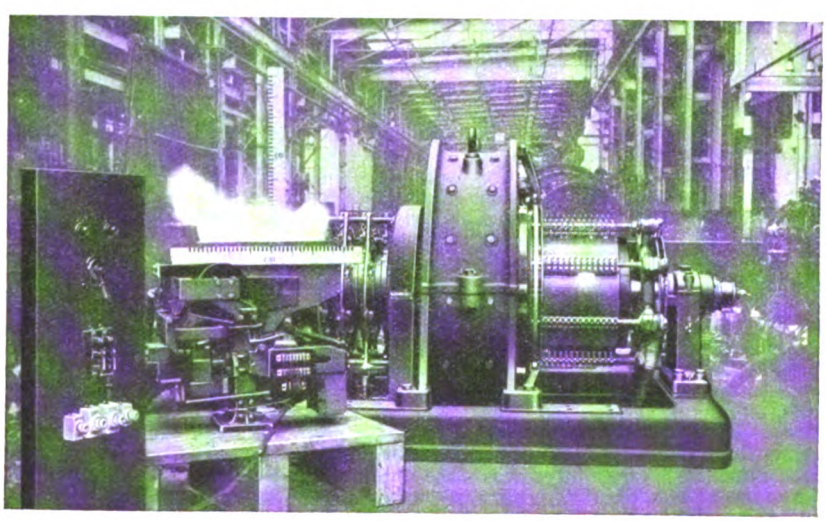


Abb. 29d. Abschalten eines Kurzschlusses eines Einankerumformers, 1060 kW, 580 V, mit Schnellschalter für 2500 A.

Digitized by Google

stimmung mit meinen für die Leitungsanlagen bzw. das Kraftwerk maßgebenden Kollegen Frischmuth bzw. Raschig schließlich dahin ging, zur Erleichterung der Leitungsanlage mit der mittleren Fahrleitungsspannung auf 750 V (im Kraftwerk 780 bis maximal 800 V) heraufzugehen. Hierdurch wurde natürlich eine gewisse Erschwerung der Ausgestaltung der elektrischen Aus-

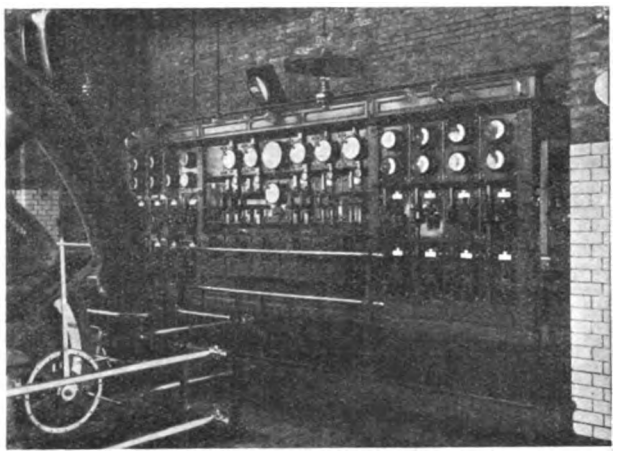


Abb. 30. Schalttafel alter Bauart mit Automaten auf der Vorderwand.

rüstung der Fahrzeuge und des Kraftwerkes hervorgerufen, aber anderseits die Herstellung der Hin- und Rückleitungen, der Speiseleitungen und der Anlegung der Speisepunkte wesentlich erleichtert und ebenso die Stromabnahme von der Fahrleitung. Abb. 34 a zeigt den Querschnitt durch die Stromschiene eines Gleises, während der Stromabnehmer der 1. Ausführung in Abb. 37 zu sehen ist;

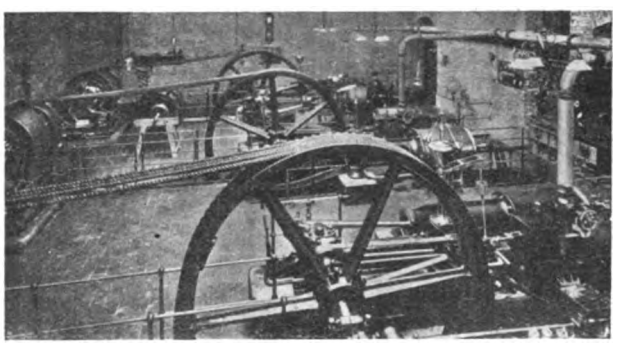


Abb. 31. Altes Kraftwerk der Straßenbahn Dresden; Seilantrieb der Dynamomaschinen.

Abb. 34 b stellt ein Beispiel für die Stromschienenführung an Weichen dar.

Wenn ich an die damalige Zeit zurückdenke, so muß ich unwillkürlich einen Vergleich mit der heutigen Zeit ziehen, die 30 Jahre später liegt. Heute schreit alles nach Wirtschaftlichkeit und gebärdet sich so, als ob es in der Vergangenheit keine Wirtschaftlichkeit gegeben hätte. Das ist aber ganz und gar ein Fehlgedanke, denn ich muß ausdrücklich feststellen, daß alle damaligen Überlegungen in entschiedenster Weise auf Wirtschaftlichkeit abgestellt waren, wie es gerade auch eben bei der Leitungsanlage und bei der Speisung der einzelnen Strecken zum Ausdruck kam. Auch bei

B. der Ausbildung der Fahrzeuge und deren elektrischer Ausrüstung

war das erst recht zu beachten. Das war eine Aufgabe, gegen deren Lösung mangels vorliegender Erfahrungen in bezug auf Probleme dieser Ausmaße nach jeder Richtung hin fast unübersteigliche Mauern aufgerichtet zu sein schienen. Für die Ausgestaltung der Züge und die Bestimmung der Leistung und des Raumbedarfs der Motoren waren die folgenden Bedingungen gegeben:

1. die Umgrenzung des lichten Raumes, d. i. das Normalprofil, das aus wirtschaftlichen Gründen zwecks Niedrighaltung der Kosten für die unterirdischen Strecken so knapp wie möglich bemessen war; außerdem bestimmte Krümmungsradien, um die Linienführung leichter einzuhalten und in Weichen und Krümmungen zu erleichtern;
2. die lichte Höhe des Wageninnern und Höhe des Fußbodens über Schienenoberkante;

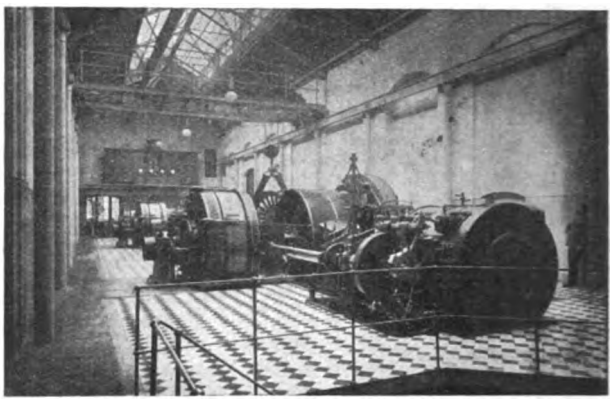


Abb. 32. Altes Bahnkraftwerk in Budapest; Gleichstrom-Innenpolmaschinen direkt mit den Dampfmaschinen gekuppelt.

3. der Fahrplan, der einen notwendigen Schnellbetrieb vorsah und infolgedessen bestimmte Motorleistungen verlangte; maximale Fahrgeschwindigkeit möglichst hoch, nicht unter 50 km/h;
4. bestimmtes Fassungsvermögen bzw. Personenzahl;

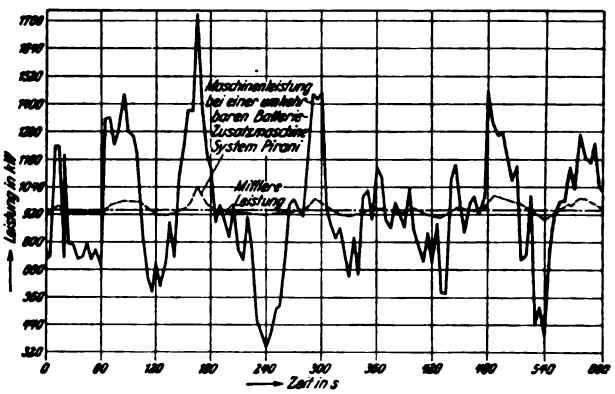


Abb. 33. Belastungsschaulinie des Kraftwerkes Trebbiner Straße der Berliner Hoch- und Untergrundbahn.

5. das Gewicht der Motorwagen war beeinflußt außer durch die Bedingungen zu 1. und 2. auch durch eine bestimmte Personenzahl zu 4. und durch die Rücksicht auf die Eisenkonstruktion auf der Hochbahnstrecke;
6. die finanziellen Mittel für die Fahrzeuge sollten bestimmte Grenzen nicht überschreiten;
7. erhöhte Spannung von 750 V;
8. Beförderung bestimmter Personenzahlen im Tages- bzw. Jahresdurchschnitt.

Daß angesichts dieser Bedingungen eine größere Anzahl von Einzelentwürfen des Wagenteils und der Motoren gemacht werden mußte, kann sich jeder lebhaft vorstellen. Sehr bald stellte sich heraus, daß bei einer Wagenbreite von 2,3 m die Anordnung von Längssitzen notwendig war, daß Klapptüren mit Rücksicht auf den Fassungsraum (Stehplätze) unmöglich waren, sondern Schiebetüren gewählt werden mußten, daß die Wagen wegen der Gleiskrümmungen und aus Gewichtsgründen nur eine bestimmte Länge besitzen und ebenso bestimmte Abstände der Drehgestelle voneinander nicht überschritten werden durften und daß schließlich die Höhe der Wagenkästen und Untergestelle einerseits durch die Rücksicht auf das unterzubringende Motorvolumen, anderseits durch die Rücksicht auf die Größe der Fahrgäste bestimmt war.

Digitized by Google

Hatte man im ersten Anlauf die rohe Gestalt des Motorwagens herausbekommen, so mußten dann Gewicht, Beschleunigung und Fahrgeschwindigkeit ermittelt und in Fahrlinien festgelegt werden. Um die Motoren entstand ein harter Kampf. Ein Teil einschl. des Dezernenten Dir. Schwieger wollte Motoren ohne Getriebe direkt gekuppelt auf den Triebachsen, ein Teil wollte Nebenschlußmotoren, ich selbst trat für Serienmotoren mit Zahnradübersetzung ein. Nach vielem Hin und Her und Bau von 2 Probezügen drang meine Ansicht endlich durch. Eine ganze Anzahl von Entwürfen von Fahrlinien zeigte bei einer Zahnradübersetzung von rd. 1 : 3 zwar brauchbare maximale Geschwindigkeiten und auch eine hohe mittlere Fahrgeschwindigkeit von rd. 36 km/h, gemessen von Halt zu Halt, doch ergab die Ermittlung der Wh/tkm zu hohe Werte. Die Fahrlinie war nicht wirtschaftlich genug.

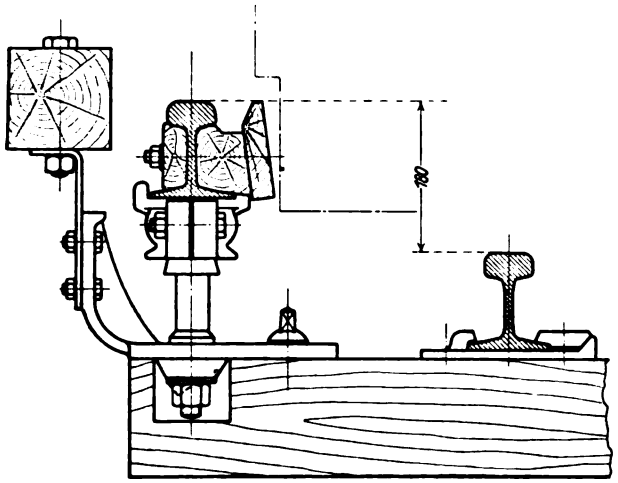


Abb. 34a. Abstützung der Stromschiene auf der Hochbahnstrecke der Berliner Hoch- und Untergrundbahn.

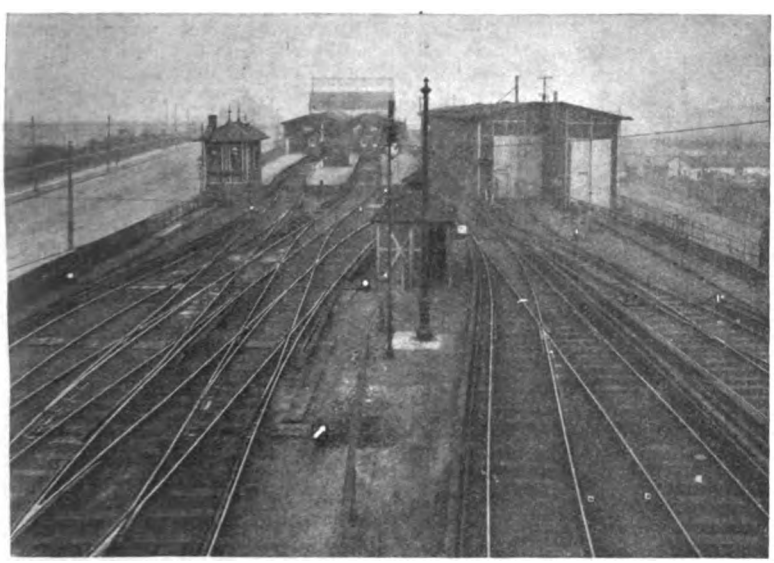


Abb. 34b. Stromschienen am Bahnhof Warschauer Brücke der Berliner Hoch- und Untergrundbahn.

Schließlich erwies sich bei Übersetzung von etwa 1 : 4 eine solche Fahrlinie am günstigsten, bei der mit Rücksicht auf die kurze mittlere Stationsentfernung von 800 m die Anfahrbeschleunigung möglichst hoch getrieben (0,7 m/s²) und weniger Wert auf Erreichung einer sehr hohen Fahrgeschwindigkeit gelegt war. Diese Fahrlinie ergab dann den wirtschaftlichsten Wert des Wattstundenverbrauchs zu 40 ... 45 Wh/tkm im Gegensatz zu 60 ... 65 Wh/tkm bei den Vorentwürfen (Abb. 35).

Diese Fahrlinie zeichnete sich selbstverständlich auch noch dadurch aus, daß sie das knappste Gewicht der elektrischen Ausrüstung ergab und doch die Anforderungen nach Schnellbetrieb erfüllte, indem eine mittlere Fahrgeschwindigkeit von Halt zu Halt von rd. 33 km/h und viel höhere Reisegeschwindigkeit als bei der Stadtbahn erzielt wurden. Durch die Fahrlinien waren nun die Leistung und das Gewicht der Motoren feststellbar, und im Zusammenhang damit konnten Steuerung, Fahrschalter, Widerstände usw. endgültig bestimmt werden.

Zum Schlusse blieb noch die eine Aufgabe zu erfüllen: innerhalb eines Tages eine bestimmte Personenzahl zu befördern, in der ersten Zeit weniger, später mehr. Und nun kam eine weitere wirtschaftliche Überlegung, u. zw. diejenige betr. Bildung der Zugeinheiten. Von dem Gedanken, nur zweimotorige Motorwagen zu fahren, kam ich bald ab und konzentrierte die elektrische Ausrüstung in viermotorige Motorwagen, deren jeder mit einem Beiwagen ohne elektrische Ausrüstung zu kuppeln war. So entstand als Einheit der Blockzug, bestehend aus 4 Wagen, je 1 viermotoriger Motorwagen an jedem Zugende, dazwischen 2 Beiwagen (Abb. 36). Für später wurden zwei solcher Blockzüge, bestehend aus 2 Motor- und 2 Beiwagen, zu einem Achtwagenzug vereinigt gedacht. Da für die erste Zeit des Betriebes mit schwächerem Verkehr zu rechnen war, so ging die allerletzte wirtschaftliche Überlegung dahin, daß zu Anfang mit Zügen, bestehend aus 3 Wagen, 2 Motorwagen plus 1 Beiwagen, gefahren wurde, und daher war die Einrichtung, wiederum aus wirtschaftlichen Gründen, so getroffen, daß für den Anfang jeder Motorwagen nur 3 Motoren bekam und später ein vierter Motor hinzugesetzt werden sollte. Aus zwei Blockeinheiten von je 3 Wagen konnte ein Sechswagenzug gebildet werden.

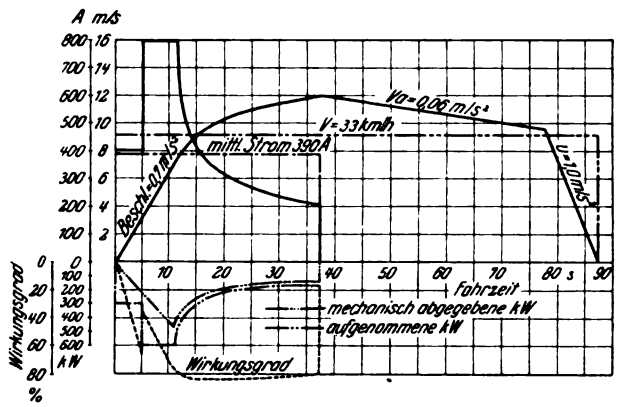


Abb. 35. Fahrlinie für den 90 t-Zug und die mittlere Haltestellenentfernung (800 m) der Berliner Hoch- und Untergrundbahn.

Die später auf Grund der Überlegungen erfolgte endgültige Ausführung der Züge, die zwei Jahre in Anspruch nahm, und der darauf folgende Betrieb haben erwiesen, daß die Überlegungen richtig waren und die wirtschaftlichen Zwecke erreicht worden sind. Und wenn man heute nach 30 Jahren dieselbe Aufgabe noch einmal zu lösen hätte, so würde man finden, daß infolge Vorliegens der verschiedenartigsten Bedingungen eine bessere Lösung als die damalige nicht möglich gewesen wäre. Die inzwischen eingetretenen Veränderungen sind keine grundsätzsichen, sondern nur Abwandlungen der Grundlagen.

1. Motoren. — Was die elektrische Ausrüstung anbelangt, so war durch die Wahl der Höhe des Wagenfußbodens über Schienenoberkante die Höhe der Drehgestelle gegeben und damit das Volumen der Motoren festgelegt und durch die Größe der Radien der Gleiskrümmungen die Entfernung der beiden Triebachsen des Drehgestelles (Abb. 37).

Die Lösung, die Stromabnehmer für 750 V mittels imprägnierten Holzbalkens an den beiden Achsbuchsen des Drehgestells zu befestigen (wie aus Abb. 37 ebenfalls hervorgeht), war verhältnismäßig naheliegend; die erforderliche Isolation für 750 V war durch die Länge des Holzbalkens ohne weiteres geschaffen. Jedes Drehgestell trägt beiderseitig je einen Stromabnehmer. Es mag noch darauf hingewiesen werden, daß zur Vermeidung von Wagenbränden auf den Holzbalken eine Sicherung verlegt war, die dazu bestimmt war, für den Fall eines Kurzschlusses in dem Leitungstück zwischen Stromabnehmer und selbsttätigem Starkstromausschalter durchzuschmelzen. Außer-

Digitized by Google

dem war noch ein Kurzschließer vorhanden, der den Wagen für den Fall eines elektrischen Defektes außer Betrieb setzen konnte.

2. Schaltung. — Da zur Zeit des ersten Ausbaues der Hoch- und Untergundbahn die Entwicklung nicht weit genug vorgeschritten war, um die später entwickelte sog. Vielfachsteuerung der Züge zur Anwendung zu bringen, war die Schaltung so vorgenommen, daß die Motoren des Hinterwagens mit den Motoren des Vorderwagens mittels

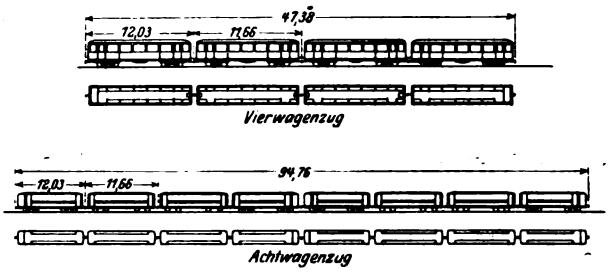


Abb. 36. Berliner Hoch- und Untergrundbahn; Zugbildung.

des sehr kräftigen, von Hand zu betätigenden Hauptschalters in Gruppen hintereinander und parallel geschaltet werden konnten (Abb. 38). Dementsprechend war der Hauptfahrschalter ein Starkstrom-Fahrschalter, und zwischen den einzelnen Motorwagen und Beiwagen bestand eine Starkstromverbindung über die Starkstromkupplung,

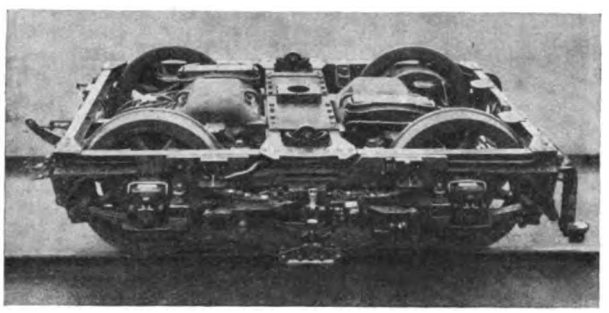


Abb. 37. Berliner Hoch- und Untergrundbahn; Drehgestell mit zwei Motoren und Stromabnehmer alter Bauart.

welche den Gesamtstrom eines Wagens fortzuleiten hatte. Mit dieser einfachen Schaltung wurden die Züge noch viele Jahre lang gefahren. Es ist selbstverständlich, daß jeder Motorwagen einen selbsttätigen Starkstrom-Ausschalter besaß, der im Führerstand eingebaut war und bei Ueberlastungen und Kurzschlüssen an der elektrischen Ausrüstung die Abschaltung zu besorgen hatte.

3. Nebenstromkreise. — Auf die Nebenstromkreise und die damit zusammenhängenden übrigen Ausrüstungsteile der Wagen, wie Beleuchtung, Erzeugung der Druckluft u. dgl. mehr, soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden, da sie verhältnismäßig nebensächlich sind. Besonders erwähnenswert ist nur, daß die Bremsausrüstung derjenigen einer Zweikammerbremse entsprach, so daß es möglich war, während der Bremszeiten die Bremsdrücke etwas zu regeln und am Schlusse der Bremsung starke Rucke zu vermeiden, die durch zu hohe Bremsdrücke entstehen können. Später kam noch elektrische Steuerung der Bremsventile hinzu, so daß die Bremsen an allen Wagen unbedingt gleichzeitig einsetzen konnten.

Waren nun die Aufgaben für die Fahrleitung und die elektrischen Züge als gelöst anzusehen, so blieb noch

C. die Gestaltung des Kraftwerks

durchzuführen. Um fürs erste mit möglichst kleinen Spannungsabfällen zu arbeiten, wurde die Lage des Kraftwerks so gewählt, daß etwa der Lastmittelpunkt der zunächst zu eröffnenden Strecke getroffen wurde und direkte Speisung vom Kraftwerk nach außen erfolgen konnte. Aber bereits bei den endgültigen Erörterungen über die Stromversorgung und Kraftwerksgestaltung im Jahre 1899/1900 wurde selbstverständlich auch daran gedacht, daß von den damals neuesten Errungenschaften der Elektrotechnik Gebrauch zu machen, d. h. daß für die künftigen Erweiterungen im Kraftwerk Drehstrom zu erzeugen (Pariser Weltausstellung 1900, Generator von S&H für 2200 kW[3]) und in Unterwerken mit Hilfe von Einankerumformern (1900 einer der ersten für Mannheim) in Gleichstrom umzuwandeln sein würde. Hiermit war also die später allgemein übliche Energieverteilung, d. i. Drehstromerzeugung im Kraftwerk, Umformung in Gleichstrom in Unterwerken, vorbereitet.

Was die Größe des Kraftwerks anbelangt, so ergab sich dieselbe aus den stündlich zu leistenden Tonnenkilometern. Für jedes Tonnenkilometer waren 45 Wh oder zuzüglich der Verluste in der Leitungsanlage rd. 50 Wh im Kraftwerk auszubringen. Für einen Vierwagenzug von 90 t Gewicht, der eine Reisegeschwindigkeit von rd. 26,5 km/h hatte, ergab sich eine Leistung von rd. 2400 tkm/h, was einem Wattstundenverbrauch von $50 \cdot 2400 = 120$ kWh/h gleichkam oder einer Leistung von im Mittel 120 kW an den Maschinenklemmen entsprach. Mithin mußten für 20 Züge rd. 2400 kW zur Verfügung stehen, wobei damit zu rechnen war, daß die Anfahrspitzen durch die umfangreiche Pufferbatterie von rd. 1500 Ah (mit Pirani-Schaltung) aufgenommen werden würden. Um diese

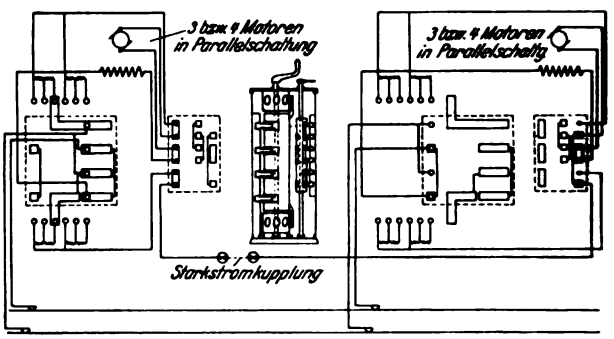


Abb. 38. Berliner Hoch- und Untergrundbahn; ehemalige Wagenschaltung mit Starkstrom-Fahrschalter.

Leistung von 2400 kW zu bewältigen, waren drei stehende Borsigsche Dreifach-Expansionsmaschinen von je 800 kW Leistung, 115 U/min aufzustellen, die dazugehörigen Schaltanlagen, die Batterie und die umkehrbaren Zusatzmaschinen zu installieren. Das Kraftwerk hatte als damals modernes Werk zum Zwecke der Kohlenzufuhr

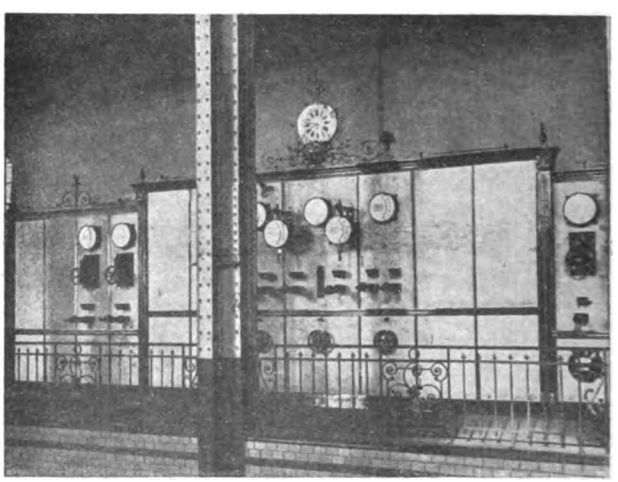


Abb. 39. Berliner Hoch- und Untergrundbahn; Schalttafel im Kraftwerk Trebbiner Straße.

Eisenbahnanschluß und Anschluß über einen Wasserweg, den Landwehrkanal. Von etwa dort liegenden Schiffen wurden die Kohlen durch ein endloses Band unter der Straße hinweg vom Landwehrkanal bis ins Kraftwerk gefördert; Bogen des Bahnviadukts dienten als Kohlenlager. Wegen des knappen Raumes wurde das Kesselhaus im oberen Stock errichtet, und zum Zwecke rascher Dampfaufmachung wurden Wasserrohrkessel von 10 at und 250 ° Überhitzung aufgestellt. Ein Schornstein von 86 m Höhe, der das Wahrzeichen der ganzen Gegend ge-

[3] Vgl. Z. VDI Bd. 45, S. 1089, Fig. 27.

Digitized by Google

worden ist, diente zur Abführung der Rauchgase. Für die Generatoren, die damals eine noch vielfach angestaunte Größe von 800 kW hatten, wurden Innenpolmaschinen mit besonderem Kommutator verwendet, der für die damaligen Verhältnisse ebenfalls ein Gebilde von besonderem Ausmaß darstellte. Die Maschinen haben die ersten Jahre des Betriebes gut überstanden, trotzdem natürlich die Kommutierung schwierig und der innere Spannungsabfall im Vergleich zu den heutigen Maschinen ein ziemlich beträchtlicher war.

Von der Schalttafel aus (Abb. 39) erfolgte die Speisung der fünf Teilstrecken Bülowstraße, Wittenbergplatz, Möckernbrücke, Kottbuser Tor, Warschauer Brücke durch Kabel über je einen selbsttätigen Starkstrom-Ausschalter. Der letztere stellte auch eine besondere Neuerung dar, insbesondere deshalb, weil er die sehr schweren Kurzschlüsse, die besonders bei Glatteis an der dritten Schiene entstanden, zu bewältigen hatte. Die feuernden Kontakte lagen h i n t e r der Schalttafel, die Bedienungsteile vor derselben. *(Fortsetzung folgt.)*

Das Stubachwerk der Österreichischen Bundesbahnen.

Von Dr.-Ing. **Hans Ascher**, Uttendorf.

Die elektrisch betriebenen Linien der Österreichischen Bundesbahnen bilden westlich von Salzburg ein zusammenhängendes Netz von 743 km Länge, in das zwei Kraftwerksgruppen speisen, die sich aus je einem Lauf- und einem Speicherwerk zusammensetzen. Die östliche Kraftwerksgruppe umfaßt das Mallnitz- und das Stubachwerk.

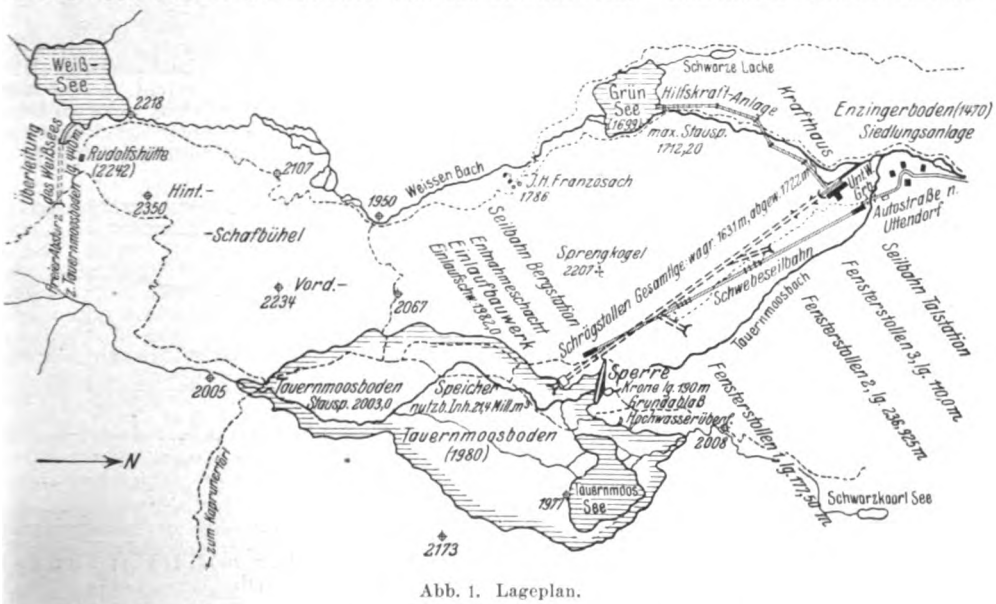


Abb. 1. Lageplan.

Das Stubachwerk nützt die Gletscherabflüsse des Nordwestabfalles der Glocknergruppe in drei Stufen von zusammen 1200 m Gefälle und nach unten zunehmender **Wassermenge** aus. Der Ausbau der obersten 530 m hohen Stufe wurde im Jahre 1929 beendet. Sie liefert rd. 40 Mill kWh jährlich. Von dem 23,4 km² umfassenden Einzugsgebiet (Abb. 1) ist fast ein Drittel vergletschert. Die Eisschmelze gibt daher gerade in heißen, trockenen Sommern eine reiche Wasserspende. Vom Gesamtjahresabfluß von rd. 45 Mill m³ werden 22 Mill gespeichert. Als Speicherbecken dient der durch eine Sperrmauer abgeschlossene Tauernmoosboden (Abb. 2), dessen Stauspiegel auf 2003 m Seehöhe liegt. Die Sperre umfaßt bei 190 m Länge und 25 m größter Höhe nur 28 000 m³ Mauerwerk. Die durchaus im festen Fels gegründete Schwergewichtsmauer besteht aus Stampfbeton, der zum Frostschutz auf beiden Seiten mit Bruchsteinmauerwerk verkleidet ist. Hinter der wasserseitigen Steinverkleidung liegt eine Schicht von wasserdichtem „Vorsatzbeton". Auch unmittelbar auf der Felssohle ist eine solche Schicht aufgebracht. Ein Beobachtungsstollen durchzieht der Länge nach die Sperre. In Abständen von etwa 20 m sind Dehnfugen in der Mauer angeordnet, die mit Kupferblechen und später ausbetonierten Dichtungsschächten geschlossen sind. In der Sperre liegt ein Grundablaß, der durch Schieber und Drosselklappe verschlossen ist. Der Hochwasserüberfall ist abseits der Mauer im Felsen ausgesprengt.

Die Wasserentnahme erfolgt 20 m unter dem höchsten Stauspiegel. Durch einen Feinrechen und einen dahinter liegenden kurzen Druckstollen fließt das Wasser in die Druckrohrleitung, die im Bereich des Einlaufschachtes in zwei Stränge gegabelt ist. Auf ihnen sitzen die Absperrorgane, je eine selbsttätige und eine Handdrosselklappe. Durch den Schacht führt auf einer Stiegenanlage der Stollenweg bis über den Stauspiegel. Auch das Gestänge der Handdrosselklappen ist in ihm hochgeführt.

An das Einlaufbauwerk schließt der begehbare Schrägschacht an, in dem das zum Enzingerboden hinabführende Druckrohr frei auf Sockeln verlegt ist. Um die drei Fensterstollen möglichst kurz zu halten, schmiegt sich der Schrägschacht der Bergoberfläche an und ist daher im Längenschnitt mehrfach gebrochen. Bei der guten Standfestigkeit des Granitgneises erübrigte sich im allgemeinen eine Stollenauskleidung. An den Knickpunkten der Rohrleitung sind Festpunkte angeordnet. In jeder Teilstrecke liegen eine Stopfbüchse und ein Mannloch. Der lichte Durchmesser des Druckrohres nimmt von 1800 auf 1200 mm nach unten hin ab, die Wandstärken steigen dabei von 9 auf 46 mm. Die oberste Strecke besteht aus genieteten Blechschüssen, die unteren aus wassergas-überlappt geschweißten Rohren aus Siemens-Martin-Flußeisen mit Nietmuffen. Neben der Rohrleitung führt eine Betonstiege durch den Schrägschacht. Vor dem Krafthaus zweigen die einzelnen Zuleitungsrohre mit Doppelstopfbüchsen von der Druckrohrleitung ab. Die

Abb. 2. Staumauer am Tauernmoos bei vollem Speicher. Links vorn Grundablaß-Kammer, im Hintergrund Hohe Riffel (3346 m). (Phot. Ing. P o w o n d r a.)

Krafthausanlage am Enzingerboden, 1470 m Seehöhe, umfaßt den parallel zur Druckrohrleitung stehenden Maschinensaal mit senkrecht dazu angebautem Schalthaus.

Digitized by Google

Im Krafthaus sind vier eindüsige, einlagerige Turbinen zu je 8000 PS aufgestellt und mit den Einphasen-Wechselstrom-Generatoren von 7500 kVA Spitzenleistung unmittelbar gekuppelt. Die Generatoren haben angebaute Erregermaschinen und sind elektrisch gekuppelt mit den im Freien aufgestellten Transformatoren gleicher Leistung. Die Maschinenspannung beträgt 6200 V, die auf 55 000 V transformiert werden. Die Vergrößerung der Anlage um zwei weitere 8000 PS-Sätze ist vorgesehen.

Die Transformatoren sind über Ölschalter und Trennschalter auf eine Ringsammelschiene geschaltet, die mittels eines Werkschalters unterteilt werden kann, wodurch sich verschiedene Schaltungsmöglichkeiten ergeben. Von dieser Ringsammelschiene gehen über Trennmesser und Ölschalter zwei Freileitungen ab.

Das vom Grünsee gespeiste Bauhilfskraftwerk wurde in das Kraftwerk als Hilfsmaschinensatz übertragen. Eine zweite Hilfsmaschine erhält ihr Wasser aus dem Hauptdruckrohr. Die Abwasserkanäle der einzelnen Turbinen sind mit Meßüberfällen, der zum Weißbach führende Unterwasserkanal ebenfalls mit Meßwehr und Schreibpegel ausgerüstet. Eine Siedlungsanlage für die ständigen Bediensteten des Werkes liegt zerstreut am Enzingerboden.

Die Errichtung des Werkes verlangte den Bau einer 17 km langen Autostraße, die den Höhenunterschied von 700 m zwischen der Bahnstation Uttendorf und dem Enzingerboden mit zahlreichen Kehren und Kunstbauten überwindet.

Der Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen.

(Mitteilung aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Aachen.)

Von **Eugen Flegler**, Aachen.

(Schluß von S. 77.)

3. Zwischenkabel.

Außer Schutzspulen und Kondensatoren können in Freileitungsnetzen auch kurze Kabelstücke, die im Leitungszug liegen, zur Milderung schroffer Spannungsgefälle dienen. Beim Auftreffen einer Wanderwelle aus der Freileitung auf das Zwischenkabel mit seinem geringeren Wellenwiderstand bricht die Wellenspannung zunächst stark zusammen, um dann in Stufen auf die Endspannung hochzuspringen. Die Höhe der Stufen wird durch die Wellenwiderstände von Freileitung und Kabel bedingt, die Breite der Stufen durch die Lauflänge der Welle in dem Kabelstück. Beide tragen zur Schutzwirkung der Anordnung bei. Da die Wellenwiderstände im großen und ganzen fest gegeben sind, hängt die Schutzwirkung praktisch von der verwendeten Kabellänge ab. In Abb. 13 ist

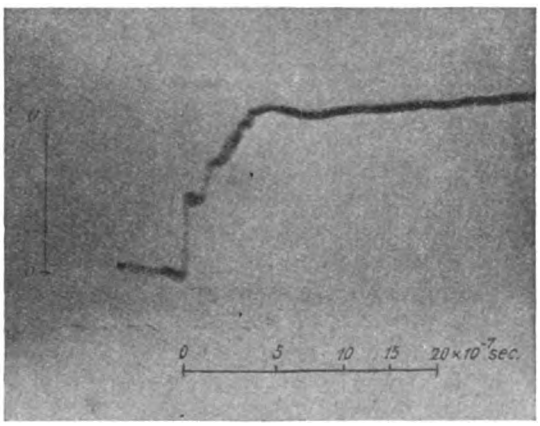


Abb. 13. Umbildung einer Sprungwelle durch ein an die Freileitung angeschlossenes Kabel von 7 m Länge. Spannungsverlauf am Kabelende.

der Spannungsverlauf für ein 7 m langes Zwischenkabel bei Sprungwellenbeanspruchung wiedergegeben. Die Leitsätze zum Schutz gegen Überspannungen geben als Zwischenkabellängen 10 ... 50 m an. Der gezeigte Spannungsverlauf ist also ungünstiger, als er bei praktischen Verhältnissen zu erwarten wäre, besonders auch deshalb, weil bei der Versuchsanordnung die Freileitung nur etwa den 3 ... 4fachen Wellenwiderstand des Kabels hatte an Stelle des üblichen 10fachen. Aber auch die Schutzwirkung eines 50 m-Zwischenkabels mit diesem Widerstandsverhältnis bleibt noch erheblich hinter der von Schutzkondensatoren üblicher Kapazität zurück. Liegt z. B. am Ende einer Freileitung von 500 Ω Wellenwiderstand ein Kondensator mit einer Kapazität zwischen 0,01 und 0,08 μF, so liegt der Spannungsverlauf der umgebildeten Welle innerhalb der in Abb. 14 schraffierten Fläche. In derselben Abbildung ist auch der Spannungsverlauf wiedergegeben für ein Zwischenkabel von 50 m (*a*), 400 m (*b*) und 1000 m Länge (*c*). Es zeigt sich, daß man erst mit einem 400 m-Kabel einigermaßen in das Gebiet der Schutzwirkung von Kondensatoren kommt und mit einem 1000 m-Kabel die mittlere Kondensatorenschutzwirkung erreicht. Kabel mit derartigen Längen sind aber praktisch nicht verwendbar, man muß also bei Zwischenkabeln mit einer erheblich geringeren Schutzwirkung als bei Kondensatoren rechnen.

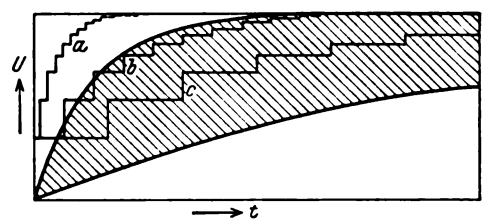


Abb. 14. Umbildung einer Sprungwelle durch ein an das Doppelleitungsende angeschlossenes Kabel ($Z_K = 0{,}1\ Z_F$) von *a*) 50 m, *b*) 400 m, *c*) 1000 m Länge. Die schraffierte Fläche stellt den Umbildungsbereich durch Schutzkondensatoren von 0,01 ... 0,08 μF Kapazität dar.

4. Funkenstreckenableiter mit Dämpfungswiderstand.

Im Gegensatz zu den bisher aufgeführten Schutzvorrichtungen kommen Funkenstreckenableiter für Stirnabflachungen praktisch nicht in Frage. Die Kapazität einer Funkenstrecke beträgt im allgemeinen weniger als ein Tausendstel der üblichen Schutzkapazitäten, die Abflachung ist also entsprechend gering. Auch der nach An-

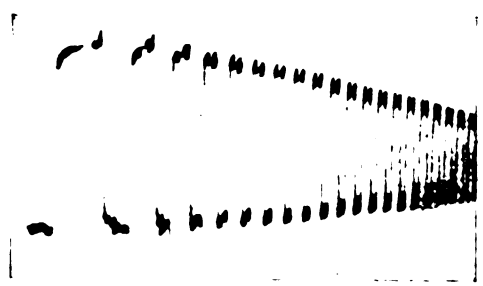


Abb. 15. Einschaltvorgang einer 60 m-Doppelleitung mit Endwiderstand von etwa 30 000 Ω. Spannungsverlauf am Leitungsende.

sprechen der Funkenstrecke in Tätigkeit tretende Dämpfungswiderstand hat an sich keine abflachende Wirkung, wie das Oszillogramm in Abb. 15 sehr anschaulich zeigt. Es stellt den Verlauf der Einschaltspannung am Ende einer Doppelleitung mit merklichem Ableitungswiderstand dar. Der Widerstand bewirkt lediglich eine Verringerung der Spannungshöhe, die nach 20 Schwingungen nur noch etwa 40 % des Anfangswertes beträgt. Von einer Wellenumbildung ist dabei nichts zu merken.

Digitized by Google

Das Hauptverwendungsgebiet des Funkenstreckenableiters ist die Bekämpfung schädlicher Spannungshöhen durch Spannungsabsenkungen. Eine Spannungsabsenkung durch den Ableiter kann erst nach Ansprechen der Funkenstrecke erfolgen. Tritt dies mit einer gewissen Verzögerung ein, so läuft eine entsprechend lange Überspannungswelle mit ursprünglicher Höhe an der Schutzanordnung vorüber. Abb. 16 zeigt das Oszillogramm eines Funkenstreckenableiters mit einem durch die Funkenverzögerung bedingten Spannungsverlauf. Die Spannung der am Ende einer Doppelleitung befindlichen Funkenstrecke steigt zunächst fast bis auf die doppelte Wellenspannung hoch. Erst dann spricht die Funkenstrecke an und die Spannung sinkt mit erheblicher, nur durch die Ausbildung einer Stufe gemilderter Steilheit[15] auf den der Größe des Dämpfungswiderstandes entsprechenden Spannungswert zusammen. Es ergibt sich also in diesem Falle eine mehrere 10^{-7} s dauernde Überbeanspruchung für den Transformator. Diese bedeutet jedoch im allgemeinen keine besondere Gefahr, da die in der Anlage verwendeten Isolierstoffe ebenfalls eine gewisse Ansprechverzögerung besitzen, die selbst bei höheren Überspannungen stets größer als die der Funkenstrecke sein wird. Sehr viel gefährlicher kann in dieser Beziehung die Zuleitung zu den Funkenstreckenableitern werden, die in ihrer doppelten Länge als Ansprechverzögerung der Schutzanordnung wirkt und im Gegensatz zu den vorher genannten Verzögerungen nicht spannungsabhängig ist. Sie fällt um so mehr ins Gewicht, je größer die zu erwartende Überspannung ist. Auch bei Funkenstreckenableitern ist deshalb wie bei Kondensatoren eine möglichst starke Kürzung der Zuleitungen zu fordern, selbst wenn dabei scharfe Knicke mit in Kauf genommen werden müssen.

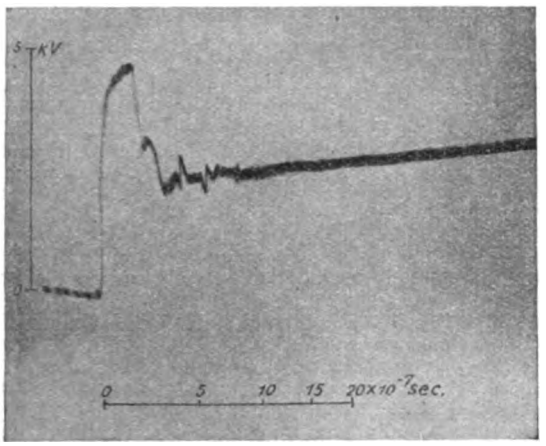


Abb. 16. Widerstandsableiter mit Funkenstrecke und Dämpfungswiderstand gleich Wellenwiderstand am Ende einer Doppelleitung. Spannungsverlauf bei Sprungwellenbeanspruchung mit geringer Überspannung.

Über die Frage des für die Schutzwirkung günstigsten Wertes des Dämpfungswiderstandes gehen die Meinungen noch immer stark auseinander. Außerdem besteht ein gewisses Mißverhältnis zwischen den theoretisch geforderten und den praktisch ausführbaren Widerstandswerten. Die hier vorliegenden Schwierigkeiten sind im wesentlichen dadurch verursacht, daß man dem Funkenstreckenableiter ein sehr umfangreiches Arbeitsfeld zugedacht hat. Die Überspannungen, die er bekämpfen soll, können, wie bereits erwähnt, durch recht verschiedene Vorgänge hervorgerufen werden. Dementsprechend wechseln auch die Anforderungen, die an den Ableiter gestellt werden, und damit wieder die jeweils günstigsten Werte für den Dämpfungswiderstand. Soll der Ableiter Spannungsüberhöhungen durch statische Ladungen bekämpfen, so kann man in die Dämpfungstrecke getrost einige zehn-, ja hunderttausend Ohm legen. Die abfließende Ladung ist dabei in jedem Falle genügend. Störende Spannungsprünge oder Ausschwingvorgänge entstehen beim Ansprechen des Ableiters nicht, und die Unterbrechung der Ableiterbahn macht keine Schwierigkeiten. Für die Bekämpfung von Spannungsüberhöhungen infolge quasistationärer Vorgänge können im allgemeinen Ableiter mit Dämpfungswiderständen von einigen tausend Ohm verwendet werden. Störende Spannungsprünge oder Ausschwingvorgänge sind auch hier nicht zu erwarten, dagegen kann die Unterbrechung des Ableiters besonders bei hohen Spannungen bereits Schwierigkeiten bereiten und besondere Abschaltvorrichtungen erforderlich machen.

Am ungünstigsten liegen die Verhältnisse bei Ableitern, die Überspannungen infolge nichtquasistationärer Vorgänge bekämpfen sollen. Bei dem z. Z. üblichen Isolationsverhältnis zwischen Freileitung und zu schützender Station kommen fast durchweg nur Dämpfungswiderstände in Frage, die weit unterhalb des Wellenwiderstandes der angeschlossenen Leitungen liegen. Allerdings wird hier noch vielfach die Meinung vertreten, daß gegenüber Wanderwellen ein Dämpfungswiderstand in Höhe des Wellenwiderstandes ein Optimum darstelle und nicht wesentlich unterschritten werden solle, da nur bei einem derartigen Widerstand die Wellenenergie unmittelbar und vollständig im Ableiter vernichtet werde[16]. Dieser Auffassung kann jedoch nicht beigepflichtet werden. Wir dürfen die Wirkung der Ableiter nicht lediglich unter dem Gesichtspunkte der Energievernichtung betrachten, sondern haben vielmehr noch die erreichte Spannungsabsenkung zu berücksichtigen. Wie sich Energievernichtung und Spannungsabsenkung mit dem Wert des Dämpfungswiderstandes ändern, ergibt sich z. B. für den Netzausläufer aus der Abb. 17. Nehmen wir den nicht seltenen Fall an, daß die Überschlagspannung der Freileitungsisolatoren 2 ... 3mal größer ist als die der Stationsisolatoren; beim Ansprechen des Ableiters müßte dann die Spannung auf etwa 30 ... 50 % ihres ursprünglichen Wertes abgesenkt werden (Widerstandsbereich *I* in Abb. 17). Die Energievernichtung erfordert nach den üblichen Ansichten einen Widerstand etwa zwischen dem halben und doppelten Wellenwiderstand (Widerstandsbereich *II*). Wie aus Abb. 17 ersichtlich ist, decken sich die beiden Widerstandsbereiche in unserem Beispiel nicht. Wählt man den Widerstand im Bereich *II*, also mit Rücksicht auf die Energievernichtung, so beträgt die Restspannung 67 ... 133 % der Ursprungswelle; man läuft demnach Gefahr, daß die ankommende Welle trotz Ansprechens des Ableiters noch zu Überschlägen in der Station führt. Wählt man den Widerstand im Bereich *I*, so werden Überschläge durch von außen kommende Spannungswellen mit Sicherheit vermieden. Von der Wellenenergie wird in diesem Falle jedoch nur 55 bis 75 % im Ableiter vernichtet, gegenüber 89 ... 100 % im ersten Falle. Es fragt sich nun, ob dieser vollständigen Energievernichtung im Ableiter wesentliche Bedeutung beizumessen ist. Diese Frage muß verneint werden. Die völlige Energievernichtung läßt sich nämlich überhaupt nur in dem Sonderfall des Netzausläufers erzielen. Sind an die Station mehrere Leitungen angeschlossen, so ändert sich sofort das Bild. Bezeichnen wir wieder mit Z_1 den wirksamen Wellenwiderstand der Leitung bzw. Leitungsgruppe, auf der die Welle ankommt, mit Z_2 den wirksamen Wellenwiderstand der außerdem noch angeschlossenen Leitungen, die für die Weiterleitung der Welle in Frage kommen, und mit $n = Z_1/Z_2$ das Verhältnis der wirksamen Wellenwiderstände von Zu- und Ableitung, so ergibt sich das in Abb. 18 aufgezeichnete Bild der Energievernichtung. Es zeigt sich, daß die im Ableiter vernichtete Energie für einen bestimmten Dämpfungswiderstand nicht nur mit

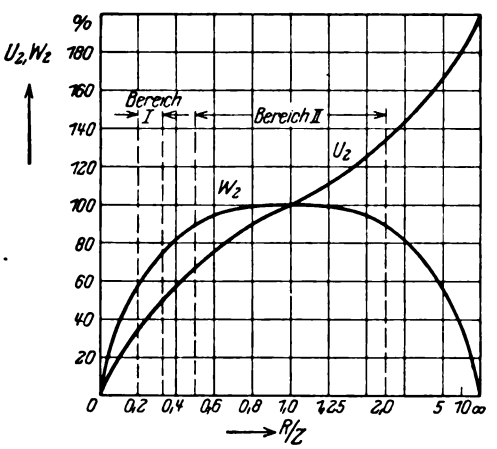


Abb. 17. Restspannung und im Ableiter vernichtete Energie in Prozent der Sprungwellenwerte bei einem Widerstandsableiter in Abhängigkeit von dem Verhältnis des Ableiterwiderstandes zum Wellenwiderstand der Leitung.

[15] Vgl. Fußnote 5.

[16] Vgl. z. B. H. Piloty, VDE-Fachberichte 1927, S. 37; ETZ 1927, S. 1865.

Digitized by Google

steigender Zahl der abgehenden Leitungen abnimmt, sondern daß sich dabei auch das jeweilige Maximum der Energievernichtung nach kleinerem Dämpfungswiderstand verschiebt (gestrichelte Linie in Abb. 18). In Abb. 18 ist außerdem noch durch stärkeres Ausziehen der Linie der für die Spannungsabsenkung unseres Beispiels erforderliche Widerstandsbereich bei den verschiedenen Leitungszahlen angedeutet. Man sieht, daß nur bei Netzausläufern ($n = 0$) die geschilderten ungünstigen Verhältnisse be-

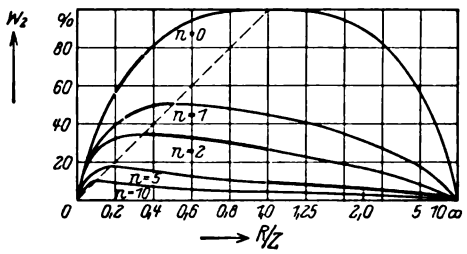


Abb. 18. Größe der Energievernichtung von Sprungwellen durch in Verteilungspunkten eingebaute Ableiter.

stehen. Bei einfachen Durchgangstationen ($n = 1$), bei denen die hohe Energievernichtung an sich schon gar nicht möglich ist, fällt das Maximum der Energievernichtung bereits in den von der Spannungsabsenkung geforderten Widerstandsbereich und liegt später sogar bei noch kleineren Widerständen, als es die Spannungsabsenkung verlangt. Das gebrachte Beispiel berechtigt wohl zu der allgemeinen Forderung, daß man die Möglichkeit der Energievernichtung bei Bemessung der Ableiterwiderstände keine ausschlaggebende Rolle spielen lassen sollte. Die Dämpfungswiderstände von Ableitern, die zur Bekämpfung nichtquasistationärer Vorgänge dienen sollen, wären demnach nur mit Rücksicht auf die erzielbare Spannungsabsenkung zu bemessen. Dies ergibt bei dem heute üblichen Isolationsverhältnis zwischen Freileitung und Station Widerstandswerte, die z. T. erheblich unter dem Wellenwiderstand der Leitung liegen. Ist die Überschlagspannung der Stationsisolatoren gleich oder gar höher als die der Freileitungsisolatoren, so wird man in Durchgangstationen auf Ableiter-Schutzvorrichtungen ganz verzichten können. In Netzausläufern sollten jedoch stets derartige Schutzapparate eingebaut sein. Ohne Ableiter ergeben sich hier Spannungserhöhungen, die am nächsten Freileitungsisolator zum Überschlag und den damit verbundenen schädlichen Folgeerscheinungen führen können[17].

Überspannungs-Schutzvorrichtungen sollen nicht nur die auftretenden Überspannungen unschädlich machen, sie sollen auch selbst zu keinerlei Störungen Anlaß geben. Bei Ableitwiderständen, wie sie zur Bekämpfung statischer und quasistationärer Vorgänge in Frage kommen, ist die eigene Störungsfreiheit des Ableiters, wie wir gesehen haben, grundsätzlich auch gewährleistet. Für Ableiter zur Bekämpfung nichtquasistationärer Vorgänge gilt dies jedoch nicht. Die sichere Bewältigung des unter Einwirkung der Betriebspannung auf der Ableiterbahn fließenden Stromes erfordert vorläufig noch Dämpfungswiderstände, die nur bei geringen Spannungen im Bereich des Wellenwiderstandes liegen können. Für sehr hohe Betriebsspannungen müssen sie sogar noch einige tausend Ohm betragen. Auch für die Vermeidung störender nichtquasistationärer Ausgleichvorgänge beim Ansprechen der Ableiter ist es zweckmäßig, wenn der Dämpfungswiderstand nicht allzuweit unter dem Wellenwiderstand der Leitung liegt. Es scheint deshalb z. Z. nicht möglich, bei Verwendung fester Dämpfungswiderstände den Schutz gegen nichtquasistationäre Vorgänge mit der eigenen Störungsfreiheit des Ableiters zu vereinigen.

Um diese Schwierigkeiten zu vermeiden, hat man vorgeschlagen, spannungsabhängige Widerstände zu benutzen, wie wir sie z. B. in den Widerstandstäben aus Halbleiterstoff (Silit, Ozelit u. ä.) besitzen[18]. Nach den Untersuchungen mit dem Kathodenoszillographen hat jedoch das bisher auf den Markt gebrachte Material weder eine für diese Zwecke genügende Spannungsabhängigkeit aufzuweisen, noch konnte auch bisher die erforderliche Regelmäßigkeit in der Spannungsabhängigkeit im fabrikationsmäßigen Durchschnitt erzielt werden. Neuerdings hat allerdings die AEG einen Überspannungsableiter mit Ozelitwiderstand auf den Markt gebracht[19], bei dem durch sorgfältige Auswahl des Materials eine verhältnismäßig hohe und regelmäßige Widerstandsabhängigkeit gewährleistet sein soll. Die bei hohen Überspannungen bewirkte Spannungsabsenkung durch diesen Ableiter fällt in den bereits früher festgestellten Bereich[20]. Die höhere Spannungsabhängigkeit ergibt jedoch eine Verringerung der Abschaltleistung. Die gegenüber Ableitern mit festem Dämpfungswiderstand erheblich geringeren Abmessungen des Ozelitableiters werden es eher ermöglichen, zur Erzielung einer ausreichenden Spannungsabsenkung mehrere Ableiter parallel zu schalten.

5. Ventilableiter.

Die Ventilableiter stellen eine Abart des Funkenstreckenableiters dar. Das wichtigste Kennzeichen dieser Ableiter ist der bewußte Verzicht auf einen strombegrenzenden Dämpfungswiderstand. Dieser Verzicht wird ermöglicht durch die selbständige Unterbrechung der Ableiterbahn unmittelbar nach Verschwinden der Überspannung durch die Ventilstrecke selbst, also ohne besondere Relaisschaltungen[21]. Für die Wirkungsweise der Ventilableiter sind drei Spannungen von besonderer Bedeutung, die Ansprechspannung, die Sperrspannung und die Löschspannung. Unter Ansprechspannung ist hierbei die Spannung verstanden, bei der die Ventilstrecke in Tätigkeit tritt, unter Sperrspannung diejenige, die sich während der Tätigkeit der Ventilstrecke an ihr einstellt, und unter Löschspannung die Spannung, bei der die Ableiterbahn wieder unterbrochen wird. Bei einem idealen Ventilableiter sollten alle drei Spannungen gleich sein und einen von der Höhe der Überspannung unabhängigen Wert haben. Der praktische Betrieb stellt jedoch glücklicherweise nicht so hohe Anforderungen an den Ventilableiter. Es genügt vielmehr, wenn die höchste am Ableiter sich einstellende Spannung mit Sicherheit unterhalb der Überschlagspannung der Anlage liegt und der Ableiter unterbrochen wird, ehe die höchste im Betrieb mögliche Dauerspannung erreicht ist.

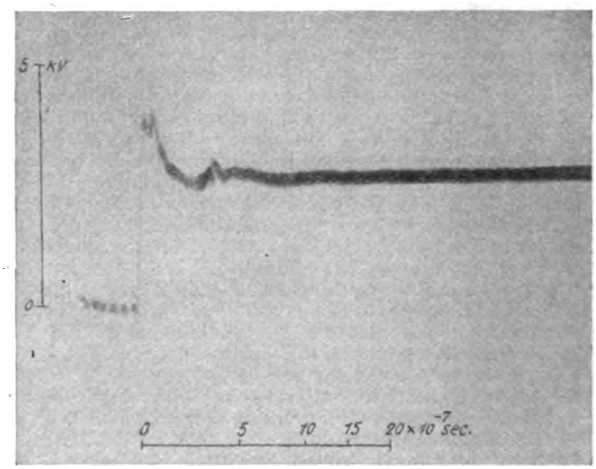


Abb. 19. Umbildung einer Sprungwelle durch ein vierzelliges Blitzventil.

Betrachten wir zunächst den Ansprechvorgang bei einem Ventilableiter. Abb. 19 gibt ihn z. B. für ein vierzelliges Blitzventil (autovalve arrester von Westinghouse) ohne Vorfunkenstrecke bei Sprungwellenbeanspruchung wieder. Ohne Ableiter wäre die Spannung auf etwa 5 kV angestiegen. Infolge des ansprechenden Ableiters wird diese Spannung jedoch nicht voll erreicht. Die Ansprechspannung beträgt etwa 4 kV. Unmittelbar nach Ansprechen des Ableiters sinkt die Spannung auf die praktisch gleichbleibende Sperrspannung von etwa 3 kV. Daß die einmal erreichte Sperrspannung sich nicht mehr wesentlich ändert, ist bei Sprungwellenbeanspruchung insofern nicht sehr verwunderlich, als auch die Höhe der Ursprungswelle einen gleichbleibenden Wert hat. Das in Abb. 20 wiedergegebene Oszillogramm an einem einzelligen Blitzventil zeigt demgegenüber schon eine wesentlich schärfere Beanspruchung. Die Blitzventilzelle lag hier am Ende einer kurzen, praktisch widerstandslosen Doppelleitung, auf die eine Schaltspannung von etwa 5 kV gesetzt wurde. Da die

[17] E. Flegler, Arch. El. Bd. 20, S. 324.
[18] Alberti u. Güntherschulze, Z. Techn. Phys. Bd. 6, S. 11; ETZ 1927, S. 1272.
[19] O. Mayr, AEG-Mitt. 1929, S. 110. ETZ 1923, S. 741.
[20] E. Flegler, Arch. El. Bd. 19, S. 536, Bild 14.
[21] Neuerdings werden leider auch Überspannungs-Schutzapparate mit dem Namen Ventilableiter belegt, die dazu auf Grund ihres Aufbaues und ihrer Wirkungsweise in keiner Weise berechtigen.

Digitized by Google

Sperrspannung der Zelle wesentlich unter 1 kV lag, bildete die Zelle für die Schaltspannung ungefähr einen Kurzschluß am Leitungsende. Die dorthin gelangende Schaltspannungswelle muß also jeweils unter entsprechender Stromsteigerung auf die Sperrspannung zusammenbrechen. Trotzdem der Strom in dieser Weise von anfänglich 25 A auf über 200 A steigt, ergibt sich keine wesentliche Spannungsteigerung. Die Sperrspannung hat damit zunächst eine für praktische Fälle durchaus genügende Stromunabhängigkeit gezeigt.

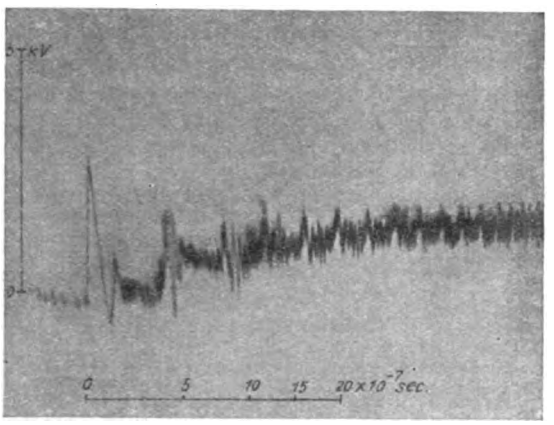


Abb. 20. Spannungsverlauf an einem einzeiligen Blitzventil bei Stromsteigerung.

Bei beiden Oszillogrammen besteht noch ein merklicher Unterschied zwischen Ansprech- und Sperrspannung. Die hohe Ansprechspannung ist eine Folge der Ansprechverzögerung des Ableiters. Der Unterschied wird deshalb um so größer, je steiler die Stirn der auftreffenden Welle ist (Abb. 20 gegenüber Abb. 19). Umgekehrt kann man den Unterschied, wie Abb. 21 zeigt, praktisch vollkommen be-

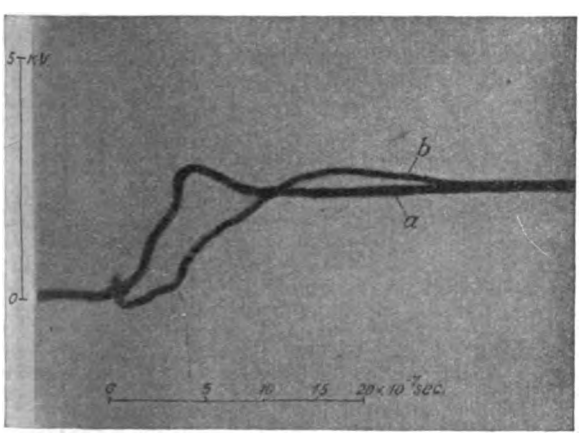


Abb. 21. Umbildung einer Sprungwelle durch ein dreizeiliges Blitzventil mit parallel geschaltetem Kondensator von 0,001 (*a*) bzw. 0,005 μF (*b*).

seitigen, wenn man etwa durch Parallelschaltung von Kondensatoren die ankommende Welle genügend abflacht. Wählt man die Größe des Parallelkondensators so, daß die Stirnabflachung auch für die angeschlossene Wicklung genügt, so hat man bereits eine sehr gute Schutzanordnung. Die an ihr vorbeilaufenden Überspannungswellen können niemals eine gefährliche Höhe oder Steilheit aufweisen. Störende Ausgleichvorgänge oder Spannungsprünge treten beim Ansprechen der Schutzanordnung niemals auf.

Wenn es lediglich auf den Ansprechvorgang ankäme, wären wir mit der geschilderten Schutzanordnung dem idealen Überspannungschutz schon erheblich nahe gekommen. Aber ebenso wichtig wie der Ansprechvorgang ist für das einwandfreie Arbeiten des Ventilableiters auch der Löschvorgang. Bereits die Forderung der dauernden Stromlosigkeit bei Nichtvorhandensein einer Überspannung macht den bis jetzt auf den Markt gebrachten Ventilableitern Schwierigkeiten. Aus diesem Grunde benötigen sie noch eine Funkenstrecke und nehmen damit eine Reihe von Nachteilen in Kauf. Schwerwiegender ist allerdings, daß die Löschspannung wenigstens für die in Deutschland üblichen Verhältnisse nicht nahe genug an der Ansprech- und Sperrspannung liegt. Will man mit Sicherheit eine Unterbrechung der Ableiterbahn oberhalb der höchsten im Betrieb möglichen Dauerspannung erzielen, dann muß die Ansprechspannung so hoch gelegt werden, daß ein sicherer Schutz von dem Ableiter nicht mehr zu erwarten ist. Dies gilt besonders, wenn der Ableiter gleichzeitig gegen quasistationäre und nichtquasistationäre Vorgänge schützen soll. Würde man jedoch zur Bekämpfung quasistationärer Vorgänge einen Widerstandsableiter mit einem entsprechend hohen Dämpfungswiderstand benutzen, um dem Ventilableiter lediglich den Schutz gegen Wanderwellen zu überlassen, so könnte man die höhere Ansprechspannung schon eher in Kauf nehmen, da bei diesen kurzzeitigen Vorgängen auch die Überschlagspannung der Isolatoren höher liegt. Die Entwicklung der Ventilableiter ist noch stark im Fluß, die Untersuchungen hierüber noch nicht abgeschlossen, und so wird auch das letzte Wort über die Ventilableiter noch nicht gesprochen sein. Man kann aber bereits heute sagen, daß die Entwicklung dieser Schutzart wesentlich zur Lösung der Überspannungschutzfrage beitragen wird.

Zusammenfassung.

Die z. Z. auf dem Markt befindlichen Überspannungs-Schutzvorrichtungen können ihrer Wirkungsweise nach in 5 Gruppen unterteilt werden: Kondensatoren, Spulen, Zwischenkabel, Funkenstreckenableiter mit Dämpfungswiderstand und Ventilableiter. Über den Schutzwert dieser Anordnungen den verschiedenen Überspannungsvorgängen gegenüber kann zusammenfassend etwa folgendes gesagt werden:

1. Kondensatoren. Ihr Hauptverwendungsgebiet ist der Sprungwellenschutz. Ihren Schutzwert in dieser Beziehung beeinträchtigen können Zuleitungen und vorgeschaltete Dämpfungswiderstände bzw. Glimmstrecken. Kondensatoren mit Vorschaltwiderständen haben bei geeigneter Bemessung der Widerstände einen Schutzwert gegenüber Resonanzerscheinungen. Spannungsüberhöhungen können Kondensatoren nur in geringen Ausnahmefällen wirksam bekämpfen. Hartpapierkondensatoren zeigen in den ersten 10^{-7} s nicht ihre volle Kapazität.

2. Spulen. Ihr Hauptverwendungsgebiet ist ebenfalls der Sprungwellenschutz. Bezüglich der Verwendung von Widerstandstrecken bei Spulen und der Verwendung der Spulen als Schutz gegenüber Spannungsüberhöhungen gilt sinngemäß das Gleiche wie für Kondensatoren. Überbrückungswiderstände sollen nicht oder nur unmerklich spannungsabhängig sein. Die Windungskapazität von Spulen beeinträchtigt ihren Schutzwert praktisch nicht. Eine ausgeprägte Erdkapazität kann dagegen die Schutzwirkung in Frage stellen, die überwiegende Mehrzahl der z. Z. handelsüblichen Schutzdrosseln besitzt jedoch keine schädliche Erdkapazität. Schutzspulen, bei denen das Vorhandensein eines Eisenkerns von wesentlicher Bedeutung für die Schutzwirkung ist, kommen für Sprungwellenbekämpfung nicht in Frage. Die Zahl der in Verzweigungspunkten angeschlossenen Leitungen beeinflußt die Wirkungsweise von Schutzspulen anders als die von Kondensatoren. Der Einfluß von Durchgangsleitungen wird bei Spulen oft überschätzt.

3. Zwischenkabel. Sie gelten als Ersatz für Spulen bei hohen Betriebstromstärken. Bei den praktisch noch verwendbaren Längen muß mit einer erheblich geringeren Schutzwirkung als bei Kondensatoren gerechnet werden.

4. Funkenstreckenableiter mit Dämpfungswiderstand. Ihr Hauptverwendungsgebiet ist die Bekämpfung schädlicher Spannungshöhen. Die Ansprechverzögerung der Funkenstrecke wird im allgemeinen den Schutzwert des Ableiters nicht beeinträchtigen. Sehr viel gefährlicher kann in dieser Beziehung die Zuleitung zum Ableiter werden. Ableiter, die nur gegen statische und quasistationäre Überspannungsvorgänge zu wirken haben, können sowohl bezüglich der Schutzwirkung als auch ihrer eigenen Störungsfreiheit den gestellten Anforderungen entsprechend ausgebildet werden. Dies gilt nicht für Ableiter zur Bekämpfung nichtquasistationärer Vorgänge. Die hier zur Erzielung eigener Störungsfreiheit erforderlichen Dämpfungswiderstände gewährleisten heute noch keine genügende Spannungsabsenkung. Die Schwierigkeiten werden bei Benutzung spannungsabhängiger Widerstandsmaterialien gemildert, aber bei den Eigenschaften des z. Z. auf dem Markt befindlichen Materials noch nicht völlig behoben.

5. Ventilableiter. Sie dienen wie die Funkenstreckenableiter mit Dämpfungswiderstand hauptsächlich

Digitized by Google

zur Bekämpfung schädlicher Spannungshöhen. Sie sind auch bei verhältnismäßig hohen Überspannungen noch sichere Spannungsbegrenzer, ohne die beim Widerstandsableiter damit verbundenen Nachteile aufzuweisen. In Verbindung mit entsprechend bemessenen Kondensatoren haben sie gegenüber allen Überspannungsvorgängen eine ausgezeichnete Schutzwirkung. Ihre im Verhältnis zur Ansprechspannung zu geringe Löschspannung setzt allerdings ihre Verwendbarkeit in Anlagen mit der in Deutschland üblichen Isolierung außerordentlich herab.

Bei früheren Betrachtungen über Wanderwellenschutzvorrichtungen hat die Frage der Energievernichtung eine wesentliche Rolle gespielt. Die Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß die Vernichtung der Wellenenergie nur zur Bekämpfung von Resonanzerscheinungen erforderlich ist. Für den Schutz gegen Spannungshöhen hat sie keine ausschlaggebende Bedeutung, während sie die abflachende Wirkung von Spulen und Kondensatoren in jedem Fall vermindert.

Münzfernsprecher „Taxiphone".

Von der Société Le Taxiphone sind in Frankreich zwei neue Muster von Münzfernsprechern auf den Markt gebracht worden[1]. Das eine Muster besitzt für das Kassieren bzw. die Rückgabe der Münze zwei Druckknöpfe, während das andere rein selbsttätig arbeitet. Beim ersten Muster wird der Anruf des Amts durch Betätigung des Hakenumschalters und Einwerfen der Münze bewirkt. Das Geldstück wird nach dem Einwurf auf einer Wippe gehalten. Die Abfragebeamtin im Amt fragt in der üblichen Weise ab und stellt die Verbindung her. Im Schnurpaar ist außer den üblichen beiden Überwachungsrelais noch ein besonderes Relais vorgesehen, das vom Überwachungsrelais des gerufenen Teilnehmers gesteuert wird. Antwortet dieser, d. h. wird das Überwachungsrelais auf der abgehenden Seite des Schnurpaares erregt, so wird das besondere Relais betätigt, das seinerseits die Richtung des Speisestroms in der Leitung zur Münzsprechstelle umkehrt. Diese Umkehrung läßt ein polarisiertes Relais im Münzfernsprecher ansprechen, das das Mikrophon kurz schließt. Wird jetzt der Kassierknopf gedrückt, so wird das Mikrophon freigegeben und der Anrufende kann sprechen. Ist die Leitung besetzt oder kommt das Gespräch aus anderen Gründen nicht zustande, so drückt der Anrufende den Rückgabeknopf und erhält sein Geld zurück.

Der zweite Apparat ohne die Tasten ist in erster Linie für Selbstanschlußämter bestimmt. Die eingeworfene Münze schließt durch Betätigung der Wippe den Stromkreis für die Nummernscheibe. Der Anrufende kann somit die gewünschte Verbindung in der beim SA-Betrieb üblichen Weise einstellen. Beim Zustandekommen der Verbindung, wenn der gewünschte Teilnehmer antwortet, wird in der bei den Wester-SA-Ämtern üblichen Weise, um die Gesprächszählung zu bewirken, die Stromrichtung in der anrufenden Leitung umgekehrt. Diese Stromumkehrung betätigt ein Motorrelais im Münzfernsprecher in solchem Drehsinn, daß die eingesteckte Münze in den Kassierbehälter fällt. Kommt die Verbindung nicht zustande, so führt der Hakenumschalter bei Einhängen des Apparates die Münze in den Rückgabekanal, da dann eine Stromumkehrung, die Bedingung für das Kassieren ist, nicht erfolgt. Soll der Apparat für Handämter gebraucht werden, muß er besonders angepaßt werden.

Soll der Apparat auch im Vorortsverkehr mit doppelter Gebühr benutzt werden, so müssen besondere Arbeitsplätze angerufen werden, die die Zahlung der zweiten Münze überwachen. Für diesen Zweck sind die Apparate mit Federn ausgerüstet, die beim Fallen der Münze über ein eingebautes Mikrophon im Hörer der Beamtin ein Schnarrgeräusch erzeugen, so daß sie den Einwurf überwachen kann. Für die SA-Netze, bei denen die Zählung nicht durch Stromumkehr, sondern durch einen Stromimpuls erfolgt, werden die Apparate mit einem Wechselstromrelais statt des polarisierten ausgerüstet, das über einen Leitungszweig gegen Erde im Zahlfall erregt wird. Bei beiden Apparaten werden die Zahlvorgänge elektrisch nur vorbereitet, die mechanische Arbeit, die größere Kräfte beansprucht, leistet der Benutzer. *Kw.*

[1] M. de la Moricière, Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 9, S. 371.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 276.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden dem System $\overline{|139|}$ folgende Elektrizitätszählerformen als Zusatz eingereiht.

I. Zusatz zu dem System $\overline{|139|}$, die Formen W 6 und ZW 6, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom,

II. Zusatz zu dem System $\overline{|139|}$, die Formen W 16 und ZW 16, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, sämtlich hergestellt von der **Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft** in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, den 28. XI. 1929.

Der Präsident der
Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Beschreibung.

I. Zusatz zu System $\overline{|139|}$,

die Formen W 6 und ZW 6, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft in Nürnberg.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 233 vom 4. III. 1927 (ETZ 1927, S. 616) für Stromstärken bis zu 100 A, Spannungen bis 650 V und Frequenzen von 40 ... 60 Hz als Zwei- und Dreileiterzähler zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom der Formen W 6 und ZW 6 werden für Stromstärken bis 30 A auch mit etwas erhöhtem Querschnitt der Kupferwicklung im Hauptstromkreis bei ungeänderter Amperewindungszahl hergestellt. Die Zähler dieser Ausführung können für die gleichen Spannungs- und Frequenzmeßbereiche wie die bisher zugelassenen Ausführungsformen der Zähler beglaubigt werden.

II. Zusatz zu System $\overline{|139|}$,

die Formen W16 und ZW16, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft in Nürnberg.

Die durch die Bekanntmachung Nr. 233 vom 4. III. 1927 (ETZ 1927, S. 616) für Stromstärken bis zu 100 A, Spannungen bis 650 V und Frequenzen von 40 ... 60 Hz als Zwei- und Dreileiterzähler zugelassenen Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom der Formen W 6 und ZW 6 werden unter den Formenbezeichnungen W 16 bzw. ZW 16 in einer geänderten Ausführung hergestellt und können in dieser Ausführung für Stromstärken bis 200 A, Spannungen bis 650 V und Frequenzen von 40 ... 60 Hz beglaubigt werden. Die Zähler der Formen W 16 bzw. ZW 16 unterscheiden sich von denen der Formen W 6 bzw. ZW 6 in folgenden Punkten:

1. Das Gehäuse der Zähler ist wesentlich größer.
2. Die Ankerachse ist länger.
3. Für Stromstärken bis 30 A besitzen die Zähler der Formen W 16 und ZW 16 die gleichen verstärkten Kupferquerschnitte in den Hauptstromwicklungen wie die unter I. dieser Bekanntmachung zugelassenen Ausführungsformen der Zähler der Formen W 6 und ZW 6.
4. Die Höchstnennstromstärke, für die die Zähler beglaubigt werden können, beträgt 200 A (gegenüber 100 A bei den Zählern der Formen W 6 und ZW 6).
5. Die Doppeltarifeinrichtung der Zähler der Form ZW 16 weicht von derjenigen der Zähler der Form ZW 6 etwas ab und entspricht der gemäß der Bekanntmachung Nr. 230 vom 3. XII. 1926 (ETZ 1927, S. 326) bei den Zählern der Form ZD 8 verwendeten Doppeltarifeinrichtung.

Die untersuchten Zähler liefen bei induktionsfreier Belastung mit etwa 0,4 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde bei einem Zähler zu 36 g festgestellt. Der Eigenverbrauch des Hauptstromspulenpaares belief sich auf etwa 0,81 W bei 5 A und auf etwa 7,46 W bei 200 A Nennstromstärke, und zwar bei der Frequenz 50 Hz. Im übrigen waren die Eigenschaften der untersuchten Zähler etwa die gleichen wie die der Zähler der Formen W 6 und ZW 6.

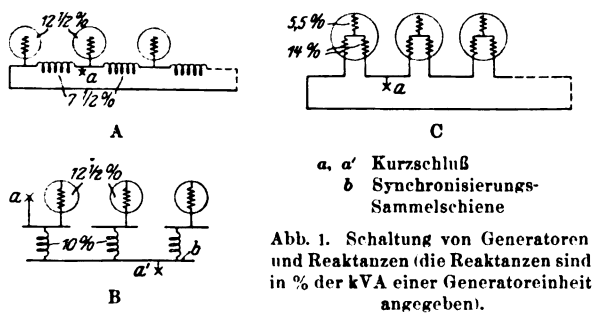
[1] Reichsministerialblatt 1929, S. 683.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Zweiwicklungs-Generatoren. — Der Zweiwicklungs-Generator erhält im Stator zwei unabhängige Drehstromwicklungen, welche für zwei verschiedene Sammelschienensysteme oder -teile bzw. für verschiedene Speiseleitungen bestimmt sind. Jedes Wicklungsystem kann ohne Rücksicht auf das andere belastet werden, es gilt nur die Bedingung, daß keine Überlastungen der beiden Systeme entweder einzeln oder zusammen auftreten. Hieraus folgt, daß bei gleichem Leistungsfaktor und gleicher Belastung die Spannungen wie die Phasen der beiden Wicklungssysteme gleich sind.



a, a' Kurzschluß
b Synchronisierungs-Sammelschiene

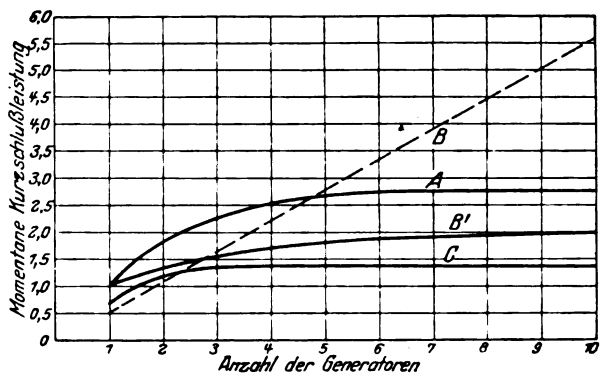
Abb. 1. Schaltung von Generatoren und Reaktanzen (die Reaktanzen sind in % der kVA einer Generatoreinheit angegeben).

Die direkte Schaltung der Generatoren an dasselbe Sammelschienensystem war solange möglich, als die Einheiten noch klein waren und damit der Kurzschlußstrom keine gefährlichen Werte annahm. Mit fortschreitender Elektrisierung wurden die Generatorenleistungen immer größer. Man half sich gegen die auftretenden gefährlichen Kurzschlußströme durch Reaktanzen, die man in die Sammelschienen und Speiseleitungen einbaute. Bis vor kurzem genügten diese Kurzschlußreaktanzen zur Abdämpfung des momentanen Kurzschlußstromes. Heute geht man aus Ersparnisrücksichten zu Generatorenleistungen von 200 000 PS und mehr über. Wenn man auf der mechanischen Seite und im Gesamtplatzverbrauch auch durch diese Zusammenballung Ersparnisse erzielt, so zeigt sich, daß eine sehr unwillkommene Verteuerung der Schaltanlage durch die momentanen sehr hohen Kurzschlußströme bedingt ist. Es folgt also, daß man die elektrische Leistung der Maschineneinheit möglichst in kleinere Einheiten zerlegen muß. Halbierung der Einheit ergibt der Doppelwicklungsgenerator.

In Abb. 1 sind drei verschiedene Systeme der Schaltung von Generatoren (A, B, C) dargestellt. System A ist die fast überall geläufige Kupplung durch ein Ring- oder Doppelsammelschienen-System mit Reaktanzspulen. System B gibt eine amerikanische Lösung, die hier und da auch sonst in der Welt bei großen Generatorenleistungen angewendet worden ist, ein Synchronisierungs-Sammelschienensystem, welches über Reaktanzen an jedes Generator-Sammelschienensystem angeschlossen ist. System C gibt die neue Anordnung mit Zweiwicklungsgeneratoren wieder. Die mit a, a' bezeichneten Stellen sind Kurzschlußpunkte. In Abb. 2 sehen wir die momentane Kurzschlußleistung in kVA (nach amerikanischen Normen) als Ordinaten aufgetragen und als Abszissen die Anzahl der auf den Kurzschluß arbeitenden Generatoren.

In dem System A und B sind die Generatoren über die Sammelschienenreaktanzen synychronisiert. Im System C allein laufen sie direkt synchron. Die synchronisierende Kraft im System C ist also den Systemen A und B weit überlegen. Ferner hat das System C ungefähr 59 % der momentanen Kurzschlußleistung des Systems A, während der Dauerkurzschlußstrom etwa 87 % des Systems A beträgt, so daß trotz der großen Abdämpfung des Momentan-Kurzschlußstromes die aufrecht erhaltene Spannung bei Kurzschluß in Speiseleitungen (vorausgesetzt, daß Speiseleitungsreaktanzen vorhanden sind) nur unbedeutend geringer als im System A ist. Die Spannungen der durch den Kurzschluß nicht berührten Sammelschienenteile werden im System C höher als im System A liegen.

Auf eine Anzahl von schwierigen Problemen des Ölschalterbaues für große Stromstärken wird hingewiesen. Als Grenze bei 60 Hz gibt der Verfasser 6000 A für die obere Grenze des Ölschalterbaues an. In einem 13,8 kV-



A System A, Kurzschluß in a
B „ B, „ „ a
B' System B, Kurzschluß in a'
C „ C, „ „ a

Abb. 2.

System bezeichnet er die magnetischen Kräfte und thermischen Wirkungen von ebenso großer Bedeutung wie die kVA-Kurzschlußleistung der Schaltapparate. Der Doppelwicklungsgenerator wird daher als besonders gut zur Verminderung des momentanen Kurzschlußstromes bezeichnet und bedeutet damit einen wichtigen Schritt voran im Kraftwerkbau.

Die Abb. 3 gibt den Schaltplan eines Kraftwerkes mit je zwei Doppelwicklungsgeneratoren von 160000 kW, 25 Hz

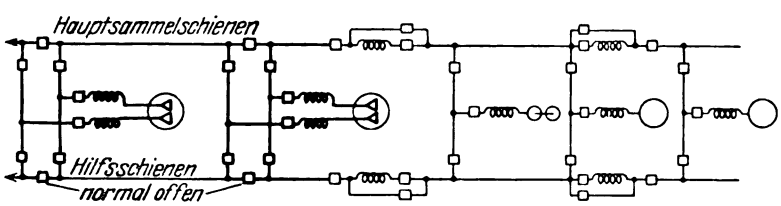
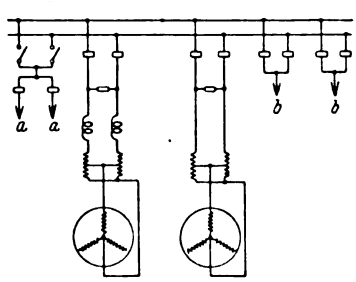


Abb. 3. Schaltung eines Kraftwerks mit je zwei Doppelwicklungs-Generatoren.



a Speiseleitungen b abgehende Leitungen

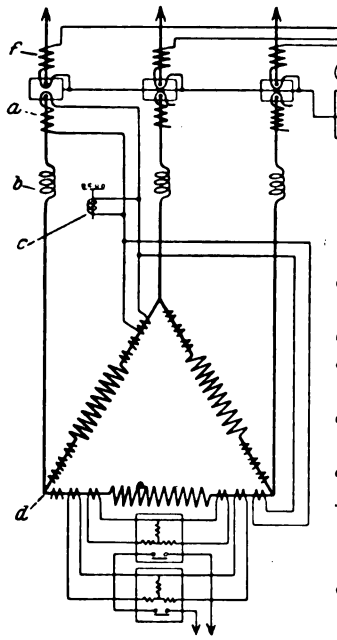
Abb. 5. Schaltung bei Verwendung von Spartransformatoren.

wieder, die links in der Abbildung eingezeichnet sind, rechts ist die bestehende Schaltung des Kraftwerkes wiedergegeben. Es wird sich wohl um das Hell-Gate-Kraftwerk handeln. Die Dreieckschaltung der Generatoren wurde wegen der großen Leistung und verhältnismäßig geringen Spannung (11,4 kV) gewählt. Der neutrale Punkt wird durch Erdungstransformatoren in jedem Sammelschienenabschnitt geschaffen. Der Relaisschutz jedes Generators geht aus der Abb. 4 hervor. Geschützt ist jede Einheit gegen Schluß in jeder Phase und Schluß zwischen Phase und Phase.

Ist eine höhere Übertragungspannung als die Generatorenspannung vorgesehen, so kann man Doppelwicklungs-Spartransformatoren oder Dreiwicklungs-Transformatoren verwenden wie Abb. 5 zeigt. Der Spartransformator des einen Generators wurde für diesen Zweck gebaut, während der Spartransformator für den anderen

Digitized by Google

Generator nur umgeschaltet wurde, und da man nicht die genügende Reaktanz bei der Neuschaltung erreichen konnte, wurden zusätzliche Reaktanzen eingeführt.

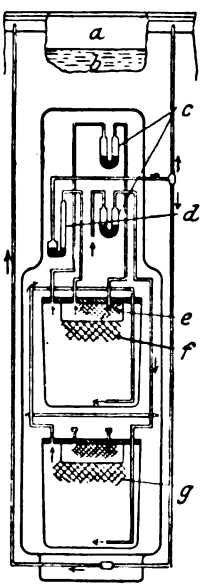


a Schalter für Hauptgenerator
b Drosselspule
c Differentialschutz-Relais
d Stromtransformator, für 5000, 5000, 3000, 5 A
e Erdungsrelais
f Stromtransformator 5000/5 A

Abb. 4. Relaisverbindungen für Differentialschutz.

Zum Schluß werden Versuche mitgeteilt, die an zwei Doppelwicklungsgeneratoren von je 250 kVA, 60 Hz, 250 V Drehstrom angestellt wurden. Die Generatoren liefen parallel mit dem Netz und hatten etwa dieselben Konstanten wie der große Zweiwicklungsgenerator im Bau. (T. F. Barton, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 302.) *A. G. A.*

Stickstoff-Öltransformator. — Der bereits früher[1] beschriebene Stickstoff-Öltransformator, der oberhalb des Ölspiegels ein Stickstoffpolster besitzt, wird neuerdings mit zwei Atmungsorganen ausgeführt, damit jederzeit die Möglichkeit besteht, das eine Organ mit frischer Füllung zu versehen, ohne daß der Betrieb gestört wird. Wie aus Abb. 6 hervorgeht, gelangt die Luft über ein mit Quecksilber gefülltes U-Rohr zunächst in das untere, von dort in das obere Filter. In diesen Filtern wird ihr der Sauerstoff entzogen; dann wird das übrigbleibende, vorwiegend aus Stickstoff bestehende Gas über ein zweites Quecksilberventil in das obere mit einem hygroskopischen Salz gefüllte Entwässerungsorgan geleitet, von wo es über einen Regler in den Stickstoffraum oberhalb des Ölspiegels gelangt. Der Regler hat den Zweck, den Gasaustritt erst zu gestatten, wenn der Gasdruck 0,35 km/cm² überschreitet. Die Sauerstoff entziehende Masse besteht aus einer Mischung von pulverisiertem Kupfer, Ammoniumchlorid, Kalziumchlorid und Kieselgur. Kupfer- und Ammoniumchlorid sind die aktiven Stoffe, während Kalziumchlorid den Gefrierpunkt erniedrigen und die Masse für ein Arbeiten bei niedrigen Temperaten geeignet machen soll. Der Zusatz von Kieselgur soll lediglich einen gewissen Grad von Porosität bewirken und die Geschwindigkeit der Reaktion regeln. Im frischen Zustand hat die Masse eine kakaobraune Farbe, während sie durch die Aufnahme von Sauerstoff blau wird. Da zwischen dem verbrauchten und unverbrauchten Teil eine deutliche Trennlinie entsteht, kann man jederzeit feststellen, wieviel von der Masse verbraucht ist. Jedesmal wenn die Vorrichtung arbeitet, wird eine blaue Linie in der Masse hinterlassen, so daß durch die Zahl der Linien auch die Anzahl der Atmungen gegeben ist. Im allgemeinen wird die Lebensdauer einer Füllung zu 6 ... 12 Monaten angegeben. Es besteht noch die Möglichkeit, die Zahl der Atmungen zu beschränken dadurch, daß man das Gasvolumen oberhalb des Ölspiegels vergrößert. Zu diesem Zweck wird ein kleiner Zusatzkessel angeordnet und mit dem Raum oberhalb des Ölspiegels verbunden. Versuche haben ergeben, daß wassergekühlte Transformatoren weniger atmen als solche mit Selbstkühlung. Der Sauerstoffgehalt im Gasraum verändert sich etwas mit der Öltemperatur, aber es ist ratsam, daß er unter 1 % gehalten wird und keinesfalls 3 % übersteigt. Die Explosionsgrenze liegt bei ungefähr 7 % Sauerstoff. Wenn der Sauerstoffgehalt 3 % übersteigt, so deutet das auf eine Undichtigkeit im Transformatorkessel oder in der Rohrleitung. Mit dieser Einrichtung versieht die Westinghouse Electric & Manufacturing Co. Transformatoren von 250 kVA an. (G. A. Clark, The Electric Journ. Bd. 26, S. 18.) *Ka.*



a Stickstoffraum *b* Öl
c U-Rohre mit Hg-Füllung *d* Regler
e Entwässerungsorgan
f, g Filter

Abb. 6. Gasstrom beim Stickstoff-Öltransformator.

Schutz von Motoren hinter Transformatoren in Zickzackschaltung. — Die Leitsätze des VDE für Motorschutzschalter mit thermisch verzögerter Überstromauslösung schreiben vor, daß Geräte für Drehstromnetze ohne Nulleiter mindestens zwei thermische Auslöser enthalten müssen. Bei Geräten für Drehstromnetze mit Nulleiter muß noch ein dritter Auslöser hinzugefügt werden, der aber nicht verzögert zu sein braucht. Empfohlen ist in jedem Falle die Verwendung dreier thermischer Auslöser. Bei der Festlegung dieser Vorschrift ging man davon aus, daß bei Netzen ohne Nulleiter mit starken einphasigen Fehlerströmen zu rechnen ist, bei Netzen mit Nulleiter derartige Fehlerströme wohl jedesmal eine solche Höhe aufweisen, daß auch ein unverzögerter Auslöser mit hoher Grenzstromstärke zum Ansprechen kommt. Die Praxis zeigt, daß entsprechend den Anregungen der Leitsätze der dreiphasige thermische Auslöser in jedem Falle vorzuziehen ist; denn gelegentlich kann man trotz ordnungsgemäß aufgebauter und eingestellter Motorschutzgeräte bei zwei thermischen Auslösern immer wieder einmal einen Schaden an einem Motor feststellen. Besonders haben sich derartige Schäden hinter Transformatoren in Zickzackschaltung eingestellt, wenn oberspannungsseitig eine Zuleitung unterbrochen war. Die Verhältnisse sind dann bei weitem nicht mehr so übersichtlich, wie wenn eine Niederspannungsleitung reißt. Im letzteren Falle nehmen bekanntlich die beiden eingeschaltet bleibenden Wicklungen erhebliche Überströme auf, während die dritte Leitung stromlos bleibt. Sobald die Überströme den Nennstrom längere Zeit überschreiten, schalten ordnungsgemäß aufgebaute Motorschutzgeräte ab. Hinter den genannten Transformatoren stellt sich bei einem Bruch einer Oberspannungsleitung eine ganz eigenartige Spannungsverteilung und infolgedessen auch eine eigenartige Stromverteilung ein. Das Spannungsdreieck eines derartigen Transformators schrumpft im Leerlauf fast zu einer geraden Linie zusammen (Abb. 7). Kleine Abweichungen ergeben sich, je nachdem ob die Wicklung des mittleren Schenkels oder die eines Außenschenkels abgeschaltet wird. Aus diesem Spannungsdreieck geht sofort hervor, daß einer Phase, u. zw. der unverschrten, eine erheblich höhere Spannung aufgedrückt wird als den beiden anderen. Infolgedessen ist in diesen Phasen auch mit

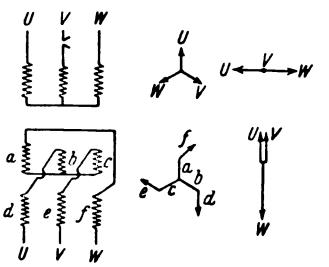


Abb. 7. Zickzackgeschalteter Transformator, bei normaler Spannungsverteilung und einphasigem Anschluß auf der Oberspannungseite.

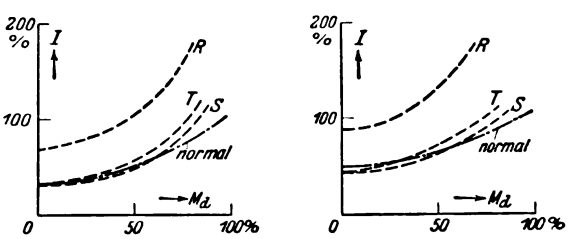
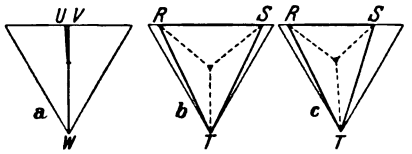


Abb. 8. Stromverteilung auf die 3 Phasen bei dreieck- und sterngeschaltetem Motor.

[1] ETZ, 1923, S. 525.

Digitized by Google

einer wesentlich größeren Stromaufnahme angeschlossener Motoren zu rechnen (Abb. 8). Das Spannungsdreieck verändert sich naturgemäß ganz wesentlich, wenn hinter den Transformatoren Motoren laufen. Das Läuferdrehfeld sucht das Spannungsdreieck aufrecht zu erhalten. Die Phase hoher Spannung muß die erforderliche Leistung aufnehmen (Abb. 9). Bei der Nachprüfung der Stromaufnahme ergab sich dann auch, daß die Phase *R* grundsätzlich erheblich höhere Ströme aufwies als die Phasen *S* und *T*. So z. B. stieg bei Leerlauf und Motordreieckschaltung die Stromstärke in der Phase *R* auf den 1,8-



a leerlaufender Transformator
b mit leerlaufendem Motor belastet
c mit halb ausgenutztem Motor belastet

Abb. 9. Spannungsverteilung am einphasig laufenden Transformator in Zickzackschaltung.

fachen Leerlaufstrom, während diejenige in den Phasen *T* und *S* auf etwa 83 % zurückging. Bei Belastung stieg diese Stromstärke immer stärker an. Bei sterngeschalteten Motoren blieben die Verhältnisse im wesentlichen die gleichen. Es geht also daraus hervor, daß hinter derartigen Transformatoren unter allen Umständen Motorschutzgeräte mit dreiphasiger thermischer Auslösung erforderlich sind, weil andernfalls bereits Motorschäden bei sehr geringer Ausnutzung der Motoren eintreten können. Die Messungen wurden an 4 kW-Motoren hinter 20 kVA-Transformatoren gemacht. H. Franken.

Leitungen.

Kabeldurchschläge infolge von Eigenschwingungen. — P. Mahlke bringt eine Zusammenstellung einer größeren Anzahl von Kabeldurchschlägen, die sich weder durch Fabrikations- noch durch Verlegungsfehler erklären ließen, die aber eigentümlicherweise immer an gewissen Punkten auftraten, entweder in der Mitte oder auf einem Drittel, einem Viertel usw. der ganzen Kabellänge, u. zw. meist mit überraschender Genauigkeit und ganz unabhängig von der Lage der Kabelmuffen. Aus den vielen aufgeführten Fällen sind im nachstehenden drei Beispiele herausgegriffen. Die eingezeichneten Kurven deuten den Verlauf der Spannung der Eigenschwingungen an:

1. 1904 Hersel bei Bonn (Abb. 10).

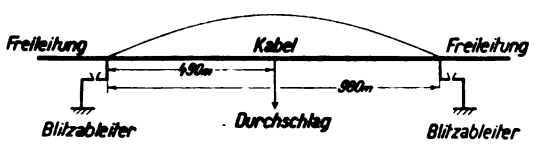


Abb. 10.

Die Unterführung der Freileitung am Rheindamm, 980 m lang, schlug einige Tage nach dem Gewitter genau in der Mitte durch. Das Ansprechen der Blitzableiter war gesehen worden.

2. 1908 Brohltal, 12952 m, 3×25 mm², 6600 V (Abb. 11).

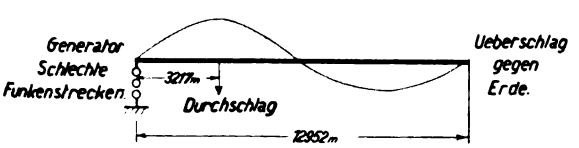


Abb. 11.

Beim Ansprechen der Funkenstrecken im Kraftwerk schlug das sechs Jahre im Betrieb gewesene Kabel auf 3217 m vom Kraftwerk aus durch. Ein Viertel der Kabellänge ist 3238 m.

3. 1914 Arnheim—Wageningen, 19 556 m, 3 × 50 mm², 10 000 V (Abb. 12).

Da die Anlage mit schlechten Funkenstrecken versehen war, ließ der im neuen Kabel eingetretene Durchschlag von vornherein eine Schwingungserscheinung vermuten. Diese Vermutung bestätigte sich bei den späteren Feststellungen der Längen aus dem Montagebuche dadurch, daß die Lage des Fehlers mit großer Genauigkeit auf ein Drittel der ganzen Kabellänge fiel.

Es handelt sich hier offenbar um aufgeschaukelte Eigenschwingungen in den Kabeln, hervorgerufen durch Funkenübergänge, nicht um Wanderwellen, wenn diese Schwingungen auch sicherlich durch Wanderwellen eingeleitet werden. Die Spannung dieser Eigenschwingungen konnte in einigen Fällen beobachtet werden und er-

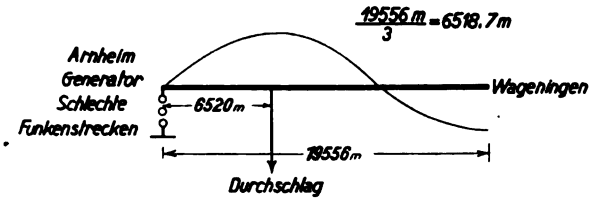


Abb. 12.

wies sich mindestens 15mal so hoch als die Betriebspannung. Diese Resonanzschwingungen entstanden meist durch das Ansprechen zu eng eingestellter Blitzableiter oder der früher gebräuchlichen Vielfachfunkenstrecken, d. h. Funkenstrecken mit vielen hintereinandergeschalteten engen Luftzwischenräumen, zumal wenn sie durch zu kleine Dämpfungswiderstände oder gar direkt mit der Erde verbunden waren. Die hier besprochene Erscheinung entspricht der Erzeugung der hohen Spannungen in den Antennen der Sender ungedämpfter Wellen, welche früher ebenfalls mittels Vielfachfunkenstrecken erzeugt wurden. (P. Mahlke, Carlswerk-Rundschau (Felten & Guilleaume) 1929, H. 5, S. 15.) *Sb.*

Die Fortpflanzung elektrischer Wellen in Kabeln mit zwei Isolationsschichten. — N. H. Frank untersucht die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen in einem Kabel, das aus einem unendlich langen geraden Draht vom Radius *A* besteht, der konzentrisch von einer Isolationsschicht vom Radius *B* mit der Dielektrizitätskonstanten ε_3 umhüllt ist. An diese schließt sich konzentrisch eine zweite Isolationsschicht vom Radius *C* mit der Dielektrizitätskonstanten ε_2; die zweite Schicht ist von einer gut leitenden metallischen Hülle eingeschlossen. Die Lösung ergibt sich aus den Maxwellschen Gleichungen nach der Sommerfeldschen Methode. Für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit *v* erhält man, wenn die Leiter als nahezu ideal und die Isolatoren als reine Dielektrika betrachtet werden dürfen und wenn die Wellenlänge der Welle groß ist im Vergleich zur Dicke des Kabels

$$v^2 = \frac{c^2}{\varepsilon_2 \varepsilon_3} \left\{ \frac{\varepsilon_3 \ln \frac{C}{B} + \varepsilon_2 \ln \frac{B}{A}}{\ln \frac{C}{B} + \ln \frac{B}{A}} \right\}.$$

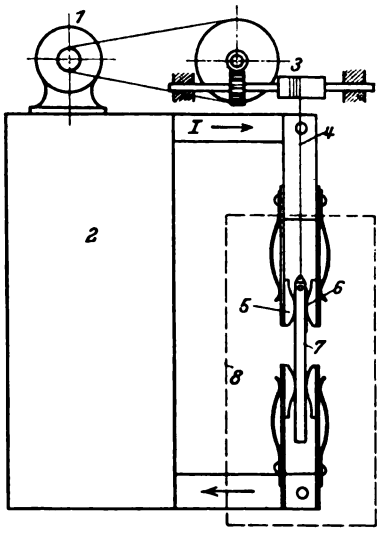
Wie man sieht, ist unter diesen Voraussetzungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit unabhängig von der Frequenz der Welle. Besteht die Isolation nur aus einer homogenen Schicht ($\varepsilon_2 = \varepsilon_3$), so wird $v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}$. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit entlang eines in ein Dielektrikum eingebetteten Drahtes ändert sich also nicht, wenn der Isolator, statt ins Unendliche zu reichen, in beliebigem Abstande von einer konzentrischen metallischen Hülle begrenzt wird. Der Verfasser hat seine Formel experimentell geprüft, indem er einen Stromstoß, dessen Energie bei der Fourier-Analyse praktisch auf den langwelligen Teil des Spektrums entfällt, nach Pedersen, Heymans und Frank durch zwei Drähte zwei Elektroden zuführte, die einer photographischen Platte aufliegen. Um diese Elektroden bilden sich dann Lichtenbergsche Figuren, die nach der Entwicklung leicht untersucht werden können. Die beiden Figuren treffen sich in einer scharfen Trennungslinie. Sind die beiden Stromwege gleichlang, so daß sich beide Figuren gleichzeitig ausbilden, so liegt diese Linie genau in der Mitte zwischen beiden Elektroden[1]. Wird dann der eine Draht mit einem oder zwei Dielektriken umgeben, so verschiebt sich die Trennungslinie. Der Effekt kann kompensiert werden durch Verlängerung des anderen Drahtes; aus der Verlängerung, die die Trennungslinie wieder in die Mitte zurückbringt, kann man dann leicht die neue Fortpflanzungsgeschwindigkeit berechnen. Die gemessenen Werte stimmen innerhalb 2 % mit den berechneten überein. (W. H. Frank, Ann. Phys. Bd. 86, S. 422.) *Br.*

[1] Vgl. Har. Müller, ETZ 1927, S. 737 u. 738.

Digitized by Google

Apparate.

Ölschalter-Funkenlöscher für große Stromstärken. — Schalter für größere Leistungen sind bekanntlich mit Hilfskontakten, sog. Funkenziehern oder Funkenlöschern, ausgestattet, die beim Aus- und Einschalten die Belastung durch den Lichtbogen zu tragen haben und leicht auswechselbar sind. Beim Wiedereinschalten eines Ölschalters auf einen bestehenden Kurzschluß haben z. B. diese Kontakte bedeutende Ströme zu leiten und sind der Gefahr elektrodynamischer Abstoßung und entsprechender Lichtbogenbildung in hohem Maße ausgesetzt. Um über diese Einflüsse Klarheit zu gewinnen und eine geeignete Kontaktform zu ermitteln, hat A. Clerc Versuche durchgeführt, deren Folge eine Neukonstruktion von Funkenlöschern durch die Ateliers de Constructions électr. de Delle gewesen ist. Clerc unterscheidet an derartigen, in Ruhe befindlichen Kontakten zwei kritische Stromstärken[1]: Die erste, I_p, führt zu punktförmigen, stichartigen Verletzungen der Kontaktflächen, die zweite, höhere, I_s, zur Verschweißung. Ströme, die den Wert I_s um 20 ... 40 % überschreiten, führen zur völligen Zerstörung des Kontaktes.



1 Motor
2 Transformator, 8 V, 15000 A
3 Schneckentrieb und Winde
4 Draht
5 Versuchskontakt
6 Zweiter Kontakt, durch Papierblatt isoliert
7 Bewegliche Kupferschiene 200 × 50 × 5 mm
8 Behälter mit Öl

Abb. 13. Versuchsaufbau.

Mittels einer besonderen Versuchseinrichtung (Abb. 13), bei der eine Kupferschiene 7 zwischen sich gegenüberstehenden Kontaktfingern 5 und 6 mit gleichmäßiger, bestimmter Geschwindigkeit bewegt werden konnte, wurden bei verschiedenen Strömen und Kontaktfingerformen Versuche über die kritischen Ströme angestellt. Ströme und Spannungen wurden mit dem Oszillographen bestimmt; die angegebenen Mittelwerte der Ströme I_p und I_s schwanken um ± 20 % gegen die gemessenen Extremwerte. So zeigt z. B. Abb. 14 die zur Verschweißung führenden Stromstärken in Abhängigkeit vom Kontaktdruck bei einem einzigen ruhenden Kontaktfinger. Gleichzeitig mit dem Kontaktdruck wächst aber auch die Kraft, die zum Auseinanderreißen der verschweißten Kontakte erforderlich ist; sie ist für einen Strom von 4000 A in Abb. 14 als Kurve P eingetragen. Die zum Schmelzen des Metalls nötige Zeit liegt, wie Oszillogramme ausweisen, bei 4000 A unter 0,01 s. Der Kontaktwiderstand sinkt nach der Verschweißung auf etwa ein Drittel; kurz vor dem Verschweißen tritt ein kurzer, steiler Widerstandsanstieg über den Anfangswert auf. Die Menge des geschmolzenen Metalls läßt sich berechnen, wenn man die elektrische Leistung im Kontakt aus einem Oszillogramm entnehmen kann, und beträgt beim obigen Beispiel (4000 A) etwa 20 mg.

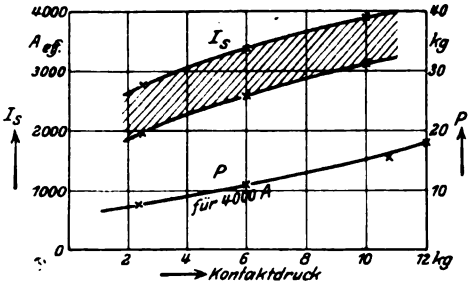


Abb. 14. Zur Verschweißung führende Stromstärke (I_s) und Festigkeit der Schweißung (P), abhängig vom Kontaktdruck. Ruhender Kontakt.

[1] Diese Stromstärken haben nur praktische, nicht aber prinzipielle Bedeutung. D. B.

Die Verhältnisse bei bewegter Kupferschiene gehen aus dem Oszillogramm Abb. 15 deutlich hervor. Vor der Verschweißung treten starke Spannungschwankungen auf (Funken). Der Bewegungsverlauf läßt vermuten, daß während der Gleitbewegung partielle Verschweißungen auftraten, die wieder zerstört worden sind. Die Zeit bis zur Verschweißung beträgt hier etwa 0,01 s. Die dem Strom I_p entsprechenden punktförmigen Zerstörungen der Kontaktflächen haben am bewegten Kontakt etwa 1 mm² Oberfläche bei 0,1 ... 0,2 mm Tiefe. Abb. 16 zeigt I_p abhängig vom Kontaktdruck, für den es ein Optimum gibt.

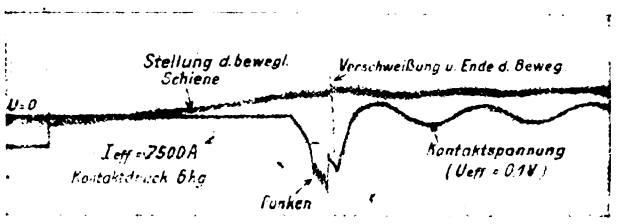


Abb. 15. Einschalten mit einem Kontaktfinger auf einen Kurzschluß.

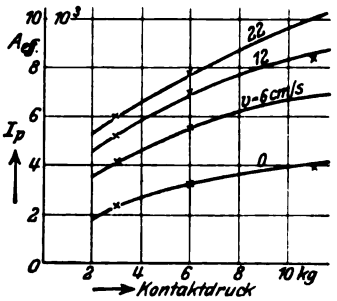


Abb. 16. Kritischer Strom I_p bei verschiedenen Schaltgeschwindigkeiten, abhängig vom Kontaktdruck.

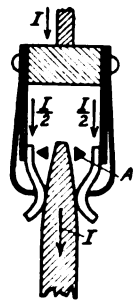


Abb. 17. „Adynamischer" Funkenlöscher.

Abb. 16 läßt den vorteilhaften Einfluß der Schaltgeschwindigkeit auf die Stromwerte I_p erkennen. Bei Strömen, die 15 ... 30 % über den I_p-Werten liegen, treten Brandstreifen (brûlures) am Kontakt auf; ihre Länge beträgt 5 ... 10 mm bei 1 mm Tiefe und bis zu einigen Millimetern Breite. Der Strom I_b, der diese Brandstreifen erzeugt, wächst ebenfalls mit dem Kontaktdruck. Die Länge der Kontaktfingerflächen hat auf die drei Stromwerte (I_p, I_s und I_b) keinen Einfluß, wenn diese Länge zwischen 5 und 25 mm variiert wird. Die Brandstreifen fressen sich allerdings bei längeren Fingern weniger tief ein. Werden mehrere Kontakte parallelgeschaltet, so ändern sich die kritischen Stromwerte proportional, d. h. der Strom verteilt sich gleichmäßig auf die einzelnen Kontakte.

Die Zusammendrängung der Stromlinien am Kontaktpunkt hat bekanntlich eine bei mehreren 1000 A praktisch merkbar werdende elektrodynamische Abstoßung der Kontakte zur Folge. Die Erscheinung wurde ebenfalls mit einer besonderen Apparatur untersucht. Wie der Verfasser ableitet, läßt sich die abstoßende Kraft für einen Kontaktfinger gewöhnlicher Abmessung durch die Formel

$$K = 1{,}6 \cdot I^2 \cdot \lg \frac{60}{D} \cdot 10^{-8}\ [\mathrm{kg}]$$

ausdrücken. I ist die effektive Stromstärke in Ampere, D der Durchmesser der wirklichen Kontaktfläche in Millimetern, die Zahlenwerte sind Konstante und werden in der Originalarbeit abgeleitet. Die Formel gilt für Gleich- und Wechselstrom. Letzterenfalls ist aber K eine mit der doppelten Wechselstromfrequenz pulsierende Kraft. Dieses Pulsieren kann, besonders bei zu geringer Masse des Kontaktfingers, zu Schwingungen des letzteren und dadurch zu Lichtbogenbildung führen.

Die neukonstruierten Funkenlöscher der Ateliers de Constructions électr. de Delle heißen „adynamisch", da sie die abstoßenden Kräfte durch Gegenüberstellung zweier vom gleichen Strom durchflossener Finger aufheben. Abb. 17 zeigt diese Anordnung. Der Strom I wird in zwei Teile $I/2$ geteilt, die die parallel gegenüberstehenden Kontaktfinger durchfließen und durch ihre elektrodynamische Anziehung bei geeigneter Bemessung die abstoßenden Kräfte in den beiden Kontaktpunkten gerade aufzuheben vermögen. Der Verfasser veröffentlicht eine

Digitized by Google

Reihe von Abbildungen, die im Betrieb gewesene Kontakte zeigen und darlegen, daß die Verbrennungen der Kontaktflächen bei Verwendung des adynamischen Funkenlöschers geringer ausfallen. U. a. werden sechsfingrige Kontakte eines Ölschalters nach dem Einschalten auf 50 000 A (Höchstwert) gezeigt. Praktische Versuche im Kraftwerk Saint-Ouen haben die Vorzüge der Konstruktion ebenfalls erwiesen. (A. Clerc, Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 217 u. 255.) *Wi.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Verstärkeroszillograph. — Für ausreichende Ausschläge der Meßschleife bleibt die Anwendung des normalen Blondel-Oszillographen auf Ströme über etwa $^1/_{20}$ A beschränkt, und es erschien daher naheliegend, zur Untersuchung wesentlich geringerer Ströme mit dem Oszillographen eine Verstärkung derselben durch Vakuumröhrenverstärker vorzunehmen, die dabei natürlich eine verzerrungsfreie Wiedergabe des zu untersuchenden Stromes über das ganze Frequenzbereich des Oszillographen ermöglichen müssen. Von vornherein erschien hierzu allein der Verstärker mit Widerstandskopplung geeignet, der außerdem den Vorteil bietet, daß Gleich- und Wechselströme verstärkt werden können. Nach eingehenden Versuchen kam Waldorf zu einer Ausführung, deren Schaltbild in Abb. 18 wiedergegeben ist. Die zu verstärkende

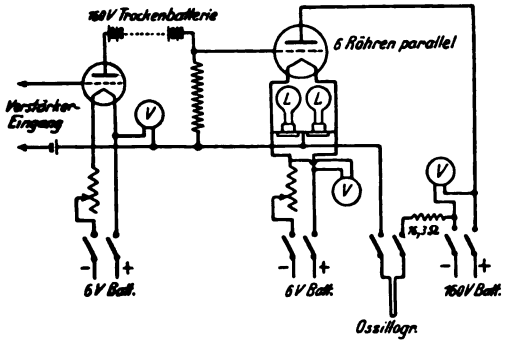
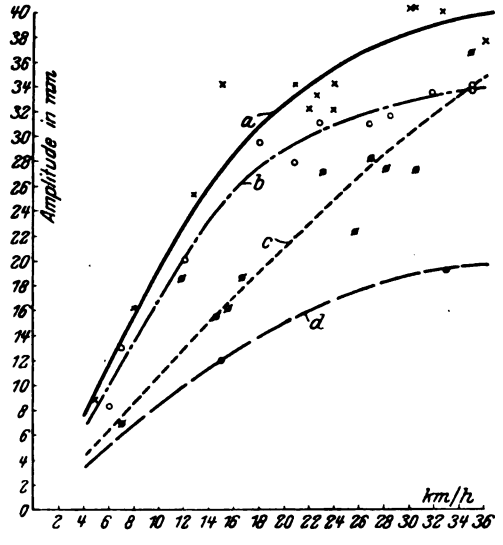


Abb. 18. Schaltbild des Verstärkeroszillographen.

Spannung wird auf der ersten Stufe des Widerstandsverstärkers dem Gitter einer Elektronenröhre (Westinghouse, 102-D) mit geringem Durchgriff und einer negativen Gittervorspannung von etwa 1,6 V zugeführt. Die Verstärkungszahl dieser Röhre liegt zwischen 26 und 34. Der Spannungsabfall ihres Anodenstromes an einem in Reihe mit ihrer Anoden-Trockenbatterie liegenden hochohmigen Widerstand liefert die Steuerspannung für die zweite Verstärkerstufe. Diese besteht aus sechs nebeneinander geschalteten Elektronenröhren 104-D mit größerem Durchgriff und einer Verstärkungszahl von 2 ... 3. Die Änderungen der negativen Gitterspannungen an diesen Röhren liegen in dem Bereich von 4,9 und 33,1 V. Die Anodenspannung von 160 V wird von einer Akkumulatorenbatterie mit regelbaren Endzellen geliefert. Ein Vorwiderstand von 16,3 Ω vor der im Anodenkreis liegenden Meßschleife erwies sich zur Streckung der Kennlinie der Röhren als zweckmäßig. Im Nebenschluß zu den Heizfäden der Röhren liegt ein aus zwei Glühlampen *L* gebildeter Spannungsteiler. Er dient zur gleichmäßigen Verteilung des Anodenstromes auf die beiden Enden der Heizfäden und damit auch zur Streckung der Kennlinie. Verwendet wurden dabei zwei 200 W-Lampen für 120 V, deren Reihenwiderstand bei der unveränderlich gehaltenen Heizspannung von 4,5 V etwa 15 Ω betrug. Die Empfindlichkeit der Meßschleife betrug 40 mA auf 1 cm Ausschlag, der gesamte Bereich der Ausschläge 5,2 cm. Für das Arbeitsbereich der Gitterspannungen von 0 bis — 3,2 V in der Eingangstufe ergaben die Ausschläge über den Gitterspannungen eine geradlinige Kennlinie des Verstärkers. Vergleichsoszillogramme des ursprünglichen und des gleichzeitig mit dem Verstärker aufgenommenen Stromes bei den verschiedensten Frequenzen und Kurvenformen bewiesen eine ausgezeichnete verzerrungsfreie Wiedergabe durch den Verstärker. Mit der beschriebenen Anordnung können Ströme in der Größenordnung bis zu 5 μA herab befriedigend verstärkt werden. Für noch geringere Ströme empfiehlt sich die Erweiterung des Verstärkers um noch eine Stufe, die dann der Eingangstufe entsprechend auszubilden ist. Damit wird es möglich, Stromamplituden in der Größenordnung von etwa 1 μA bei einer Eingangspannung von nur wenig mehr als 0,3 V zu verstärken. Ein besonderer Vorteil des Verstärkers ist, daß er nicht wesentlich überlastet werden kann. Bei einer Steigerung der Spannung am Eingangsgitter wächst der Anodenstrom der ersten Verstärkerröhre, was eine Abnahme der Gitterspannungen in der zweiten Verstärkerstufe zur Folge hat und wodurch der Ausgangstrom verringert wird. Bei einer übermäßigen Spannung am Eingangsgitter werden also die Gitterspannungen auf der zweiten Verstärkerstufe so stark negativ, daß der Ausgangstrom selbsttätig gedrosselt wird. Wird im entgegengesetzten Fall die Spannung am Eingangsgitter stark negativ, so sinkt der Anodenstrom auf der ersten Verstärkerstufe und die Gitterspannungen auf der zweiten Stufe nähern sich dann dem Wert Null. Der Ausgangstrom kann dabei keinen höheren Wert annehmen als dieser Gitterspannung entspricht. Wenngleich die Oszillographenschleife bei längerer Dauer dieses Stromes u. U. Schaden leiden kann, bleibt der Verstärker selbst davon unberührt. Beim Zusammenbau des Verstärkers ist auf kapazitive und induktive Einflüsse infolge langer Zuleitungen usw. besonders Rücksicht zu nehmen, da diese besonders bei höheren Frequenzen Verzerrungen hervorrufen können. Auch ist die Verwendung getrennter Heiz- und Anodenbatterien für jede Verstärkerstufe unerläßlich. (S. K. Waldorf, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 594.) *O. N.*

Seismographische Messungen der durch Straßenbahnwagen hervorgerufenen Bodenerschütterungen. — Die frühere Berliner Straßenbahn G. m. b. H. hatte in Gemeinschaft mit dem Geodätischen Institut in Potsdam Versuche unternommen, um die durch verschiedene Straßenbahnwagen hervorgerufenen Bodenerschütterungen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Wagen zu bestimmen. Als Hindernis wurde eine Gleiskreuzung gewählt, um



		Eigengewicht	ungefedertes statisches Gewicht
a	Zweiachsiger Tatzlagerwagen .	11,2 t	1130 kg
b	Zweiachsiger Kardanwagen . .	11,87 t	992 kg
c	Vierachswagen	15,4 t	
d	Zweiachsiger Anhängewagen .	7,0 t	600 kg

Abb. 19. Einfluß der Wagenbauart auf die Bodenerschütterungen.

die Erschütterung von der allgemeinen Unruhe und von den Erschütterungen bei der Fahrt auf glattem Gleis abzuheben. Die Aufzeichnungen ergaben, daß die vertikalen Bodenbewegungen bei weitem die größeren sind, u. zw. 2- bis 3mal so groß wie die horizontalen senkrecht zur Gleisrichtung und 3- bis 4mal so groß wie die horizontalen parallel zur Gleisrichtung. Die Seismogramme zeigen deutlich die einzelnen Hindernisse der Fahrbahn, das Auftreffen der vorderen und hinteren Räder auf eine Schweißstelle vor der Kreuzung, den Übergang über die erste und zweite Kreuzung und das Auftreffen auf eine Schweißstelle hinter der Kreuzung. Die sehr kurzwellige Periode der Bodenschwingungen ist unabhängig von der Geschwindigkeit und der Belastung der Wagen und vom Wagentyp. Die Größe der Amplituden ist unter sich bei jedem Einsatz sehr verschieden. Will man also ein Maß für die Energie haben, die der fahrende Wagen dem Boden zuführt, so kann man das Mittel aus den vier Hauptstößen nehmen oder auch ent-

Digitized by Google

sprechende Amplituden aller drei Komponenten geometrisch addieren. Das Ergebnis zeigt die Abb. 19. Die Bodenerschütterungen sind um so größer, je größer die unabgefederte Masse angebracht ist, ist die Bodenerschütterung stets größer. Der Verlauf der Kurven ist bis zu etwa 25 km Stundengeschwindigkeit ziemlich glatt. Darüber tritt eine erhebliche Streuung auf. Außerdem setzt bei 30 km/h bereits vor dem Passieren der Kreuzung, also bei der Fahrt auf glattem Gleis, eine lebhafte Bodenbewegung ein, die auf ein heftigeres seitliches Hin- und Herschwanken oder auch auf größere vertikale Schwingungen des Wagens zurückgeführt wird. (W. Schneider. Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 11.) *Br.*

Frequenzregelung für Netze mit Synchronuhren. — Bei der Binghamton Light, Heat & Power Co. ist seit mehreren Monaten ein selbsttätiger Frequenzregler der Firma Leeds & Northrup in Betrieb, um die Dampfturbinen zu regeln. Die Gesellschaft „verkauft Zeit", d. h. sie hält die Netzfrequenz so genau ein, daß Uhren angeschlossen werden können. Die beschriebene Einrichtung bezieht sich auf die selbsttätige Regelung durch einen Frequenzmesser. Außerdem dürfte aber auch hier die Einrichtung getroffen sein, daß man in der Zentrale eine Uhr mit zwei konzentrisch laufenden Sekundenzeigern hat, der eine von einer Normaluhr mit Präzisionspendel getrieben, der andere von einer Synchronnebenuhr. Die Regelung hat dann so zu erfolgen, daß die Zeiger immer in Deckung bleiben. Die Frequenzregelung erfolgt in der Weise, daß mit einer Kontakteinrichtung und Relais der Regelmotor der Dampfturbine in der einen oder anderen Richtung bei jedem Impuls eine gewisse, abgegrenzte Zeit läuft, die um so größer ist, je größer die Abweichung von der Normalfrequenz ist. Dadurch wird das Überregeln vermieden. Die Aufzeichnung des Registrierapparates zeigt, daß die Schwankungen in einem Band von etwa 0,15 Hz (bei 60 Hz) liegen, d. i. ± 0,12 % des Nennwertes. Beim Überschreiten der Frequenz um 0,3 Hz (infolge irgendeiner Störung) wird durch Kontakte am Registrierapparat die Regelung selbsttätig abgeschaltet und Licht- und Glockensignale geben dem Wärter an, daß er jetzt wieder von Hand regeln muß. (D. M. Thomas, El. World Bd. 92, S. 1142.) *Kth.*

Beleuchtung.

Straßenüberspannungen für Beleuchtung. — Für einfache Überspannungen, an denen die Leuchten fest montiert sind, also nicht herabgelassen werden können, sind neuerdings besondere Anschlußdosen durchgebildet worden, die an Stelle der sonst üblichen Klemmhauben auf den Kopf der Leuchte aufgeschraubt werden. Die Zuleitung wird seitlich durch eine dicht abschließende Stopfbuchse in das Innere der Anschlußdose eingeführt und dort abgeklemmt. Die Befestigung am Überspannungseil erfolgt durch eine Traglasche, die mit der oberen Wandung der Anschlußdose verschraubt werden kann (Abb. 20)[1].

In verkehrsreichen Straßen muß man jedoch zu weniger einfachen Überspannungen greifen, bei denen die Leuchte nach der Seite gefahren und dort zwecks Bedienung senkrecht herabgelassen werden kann. Unter den verschiedenen Überspannungsarten verdient eine Neukonstruktion ganz besondere Beachtung. Hier ist es gelungen, mit einer denkbar einfachen Winde größte Sicherheit gegen unbeabsichtigtes Herabgleiten der Leuchte zu erreichen. Das Wesentliche der neuen Überspannung ist eine gesperrte Seilleitrolle am Lampenwagen, um die das Aufzugseil einmal herumgeschlungen ist. Die Sperrung dieser Seilleitrolle wird erst nach dem Seitwärtsfahren des Lampenwagens durch einen Anschlag selbsttätig ausgelöst. Nur in dieser Anschlagstellung ist also ein Abrollen des Aufzugseiles möglich. Die Seilführung ist aus Abb. 21 zu erkennen. Wird das Aufzugseil auf die obere Windentrommel aufgewunden, so fährt der Lampenwagen zur Seite bis zum Anschlag, der die besagte Sperrung auslöst. Durch Nachlassen desselben Seiles kann dann die Leuchte herabgelassen, durch Aufwinden wieder hochgezogen werden, bis die Leuchte von der Sperrkupplung festgehalten wird. Um den Lampenwagen wieder zur Straßenmitte zu fahren, wird ein weiteres Seil, das sog. Fahrseil, auf die andere Windentrommel aufgewickelt. Die Sperrung der Seilleitrolle am Lampenwagen tritt dabei sofort wieder in Tätigkeit, sobald dieser sich von dem Anschlag loslöst. Beim Aufwinden des Fahrseils wird das Aufzugseil von seiner Trommel abgezogen und umgekehrt. Eine genügende Reibung der Trommeln sorgt dafür, daß beide Seile immer straff gespannt sind und nicht durchhängen.

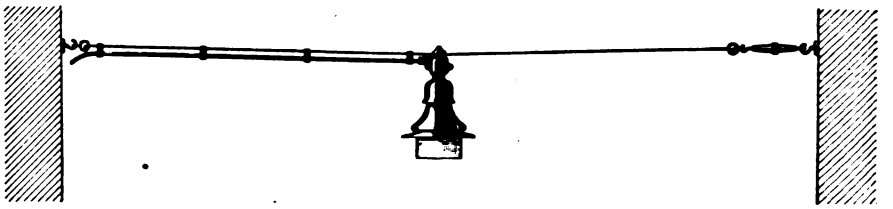


Abb. 20. Einfache Straßenüberspannung.

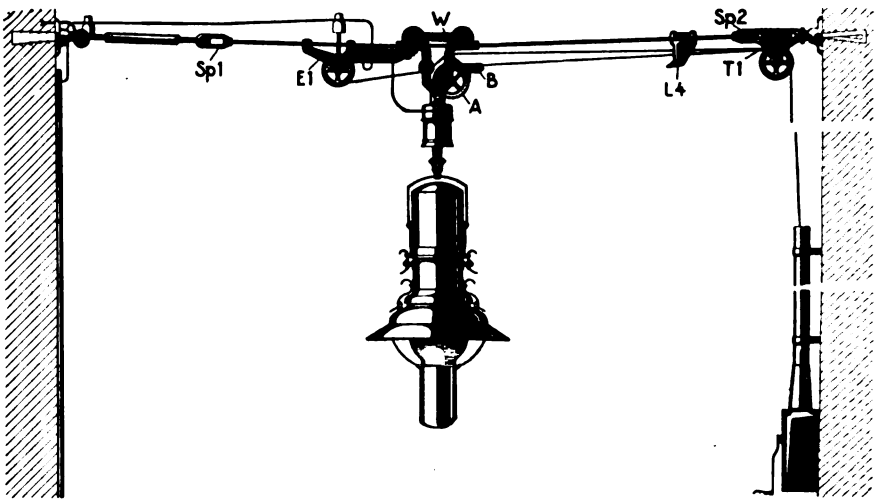


Abb. 21. Straßenüberspannung für seitliche Auf- und Abbewegung der Leuchte.

Bei anderen Systemen treten häufiger hemmende Seillängendifferenzen dadurch auf, daß das eine Seil auf-, das andere gleichzeitig abgewunden wird. Die Folge davon sind Hemmungen oder durchhängende Seile. Beides ist bei der oben beschriebenen Konstruktion ausgeschlossen, weil jeweils das eine Seil nicht abgewunden sondern abgezogen wird.

Für den Fall, daß die Stromzuführung nicht von derselben Straßenseite erfolgen kann, auf der die Winde angebracht ist, sieht die neue Bauart eine horizontal wirkende Leitungskupplung vor, in der die Zuleitung endet. Die am Lampenwagen befestigten Messerkontakte haben bei dieser Ausführung nur dann Verbindung mit der Zuleitung, wenn die Leuchte in der Mitte hängt. Wenn dagegen Zuleitung und Winde auf derselben Straßenseite angebracht werden können, erübrigt sich diese horizontale Leitungskupplung, weil dann beim Seitwärtsfahren des Lampenwagens die Zuleitungsdrähte durchhängen können.

Der zunehmende Verkehr auf den Hauptstraßen erfordert viel höhere Beleuchtungstärken als sie bisher üblich waren. Um aber mittlere Beleuchtungen von 50 oder gar 100 Lux zu erzielen, sind große und schwere Lichtquellen erforderlich, die an die Überspannungen die höchsten Anforderungen stellen. Die einfache und betriebsichere neue Überspannungskonstruktion wird daher gute Dienste leisten, wenn das Problem der Starklicht-Straßenbeleuchtung einmal ernsthaft aufgerollt wird, was im Interesse der abendlichen Verkehrsicherheit dringend notwendig erscheint. β

[1] Die Abbildungen wurden von der Lichttechnischen Spezialfabrik Körting & Mathiesen Aktiengesellschaft, Leipzig-Leutzsch, zur Verfügung gestellt.

Digitized by Google

Bahnen und Fahrzeuge.

System der Energierückgewinnung bei Gleichstromfahrzeugen. — Bei dem von G. Somaini entwickelten System der Energierückgewinnung bei Gleichstromfahrzeugen kann das Fahrzeug bis fast zum Stillstand unter Stromrückgabe abgebremst werden und somit die Energie der Bewegung nahezu restlos in das Netz zurückgeben; die Bremsung kann in jeder Stellung, ohne Zutun des Fahrers, eintreten, sobald die Geschwindigkeit einen höheren Wert annimmt, als der betreffenden Schalterstellung entspricht. Diese beiden Eigenschaften werden erreicht durch Anwendung eines Umformers in Verbindung mit Nebenschluß-Triebmotoren. Als Umformer verwendet Somaini einen sog. Dynamotor mit 2 ... 4 Wicklungen und Kommutatoren, die, in Reihe an der Fahrdrahtspannung liegend, entsprechend viel Teilspannungen abzugreifen gestatten. In der Beschreibung hält sich Somaini an einen Umformer mit drei Wicklungen mit dem Spannungsverhältnis 1—2—1, so daß die Spannungen $^1/_4$, $^2/_4$, $^3/_4$ und $^4/_4$ abgegriffen werden können (Abb. 22). Bei Verwendung von zwei Motoren oder Motorgruppen und Anwendung der Reihen-Parallelschaltung ergeben sich somit sechs Fahrstufen, von denen jedoch nur vier den Umformer belasten, während bei zweien die Motoren unmittelbar am Netz liegen und der Umformer leer läuft. Dieser Umformer oder Dynamotor hat nur einen Ankerkörper, in welchem alle Wicklungen so untergebracht sind, daß sie vom gleichen Feld beeinflußt werden und ihre Ankerrückwirkungen sich aufheben. Zu jeder Ankerwicklung gehört eine gewisse Anzahl Reihenwindungen auf den Polen des Umformers, was zur Folge hat, daß diese beim Anwerfen das Feld verstärken, dagegen bei Belastung sich gegenseitig aufheben, wodurch eine von der Last nahezu unabhängige Drehzahl des Umformers erreicht wird.

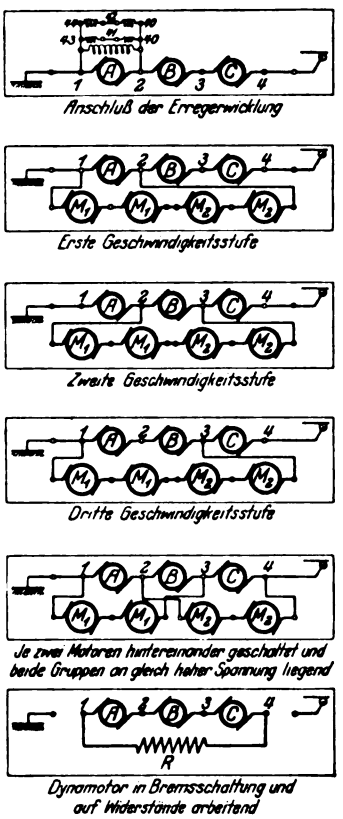


Abb. 22. Vereinfachte Schaltbilder für die einzelnen Stromkreise.

Die Triebmotoren sind Nebenschlußmotoren mit Hilfskompoundwicklung. Ihre Erregung wird, ebenso wie die des Umformers, von einer Teilspannung des Umformers abgenommen, wodurch, namentlich bei hohen Fahrdrahtspannungen, eine zu feindrähtige Wicklung vermieden wird. Die Schaltung der Motoren beim Anfahren erfolgt dadurch, daß sie zunächst in Reihenschaltung an immer höhere Teilspannungen gelegt werden, also an $^1/_4$, $^2/_4$, $^3/_4$ und $^4/_4$, sodann in Parallelschaltung an $^3/_4$ und $^4/_4$ der Fahrdrahtspannung. Beim Übergang von Stufe zu Stufe muß der Stromkreis der Triebmotoren unterbrochen werden.

Wenn auch die Stromunterbrechung keine Schwierigkeiten macht, weil, im Gegensatz zu Reihenschlußmotoren, das Feld bestehen bleibt, so erzeugt doch das Wiedereinschalten unerwünschte Stromstöße, welche durch drei Vorkehrungen gemildert werden. Erstens wirkt die Reihenschlußwicklung der Triebmotoren dämpfend. Zweitens wird beim Übergang von Stufe zu Stufe die Nebenschlußerregung der Triebmotoren durch das Schaltorgan so beeinflußt, daß beim Anfahren Feldverstärkung, beim Bremsen eine Feldschwächung eintritt. Drittens wird auf den Fahrstufen gleichfalls vor jedem Übergang zur nächsten Stufe ein Beruhigungswiderstand in den Triebmotoren-Stromkreis geschaltet, der durch ein Zeitrelais selbsttätig wieder ausgeschaltet wird, sobald die nächste Stellung erreicht ist. Durch diese Maßnahmen erhält der Nebenschlußtriebmotor während der Schaltvorgänge den Charakter eines Reihenschlußmotors. Um jedoch die Feldverstärkung und die Widerstandseinschaltung selbsttätig zu gestalten, ist eine Anzahl von Relais erforderlich, deren Anordnung und Ausführung je nach den Betriebsverhältnissen verschieden sein kann. Der Verfasser widmet der Beschreibung dieser Apparate einen ziemlichen Raum seiner Abhandlung, und man gewinnt den Eindruck, daß die Lösung dieser Frage der schwierigste Teil der Ausarbeitung dieses Bremssystems war. Ein Eingehen in die Beschreibung dieser Apparate an dieser Stelle würde zu weit führen.

Der Verfasser entwickelt sodann die theoretischen Formeln für den Energieverbrauch bei idealem Fahren, sowohl für das System mit normaler Ausführung als auch für das mit der von ihm entwickelten Stromrückgewinnungseinrichtung, und weist nach, daß jede Abweichung vom idealen Fall, z. B. ungleiche Haltestellenentfernungen, langsameres Anfahren und Bremsen, unvorhergesehenes Halten durch Verkehrshindernisse, ungeschicktes Manövrieren des Fahrers, kurz alle dem praktischen Betrieb entstammenden Störungen, die normale Ausrüstung ungünstiger beeinflußt als die mit der Rückgewinnung, so daß die mit den Formeln des idealen Fahrens gewonnenen Werte des Rückgewinnes als ungünstigste Werte angesehen werden können. Auch Gefälle wirken sich zugunsten der Rückgewinnungsanordnung aus, was ja ohne weiteres einleuchtend ist.

Die Stromersparnis, gemessen an den Stromabnehmern des Zuges, wirkt sich natürlich auch auf die Bemessung der Fahrleitung, der Unterwerke und schließlich auch auf die der Hauptleitungen und Kraftwerke bezüglich der Anlagekosten günstig aus.

Als Bestätigung der obigen theoretischen Betrachtungen werden Messungsergebnisse an Versuchswagen auf den Mailänder Strecken mitgeteilt. Es wurden zunächst je ein Zug von rd. 20 t (Triebwagen und Anhänger) mit normaler und neuer Ausrüstung auf gleicher Strecke in der Nacht, also ohne Störungen in möglichst idealem Betrieb, gefahren. Das Ergebnis, gemessen mit rasch arbeitenden Siemens-Wattzählern, ergab einen Rückgewinn von 15,65 % und eine Ersparnis beim Anfahren von 5,5 %. Die Gesamtersparnis betrug demnach 21,15 %. Sodann wurden die gleichen Züge dem regelmäßigen Betrieb übergeben und Zählerablesungen 24 Tage lang durchgeführt. Das Ergebnis war eine Leistungsersparnis von 26,46 %, bezogen auf den Leistungsverbrauch des normal ausgerüsteten Zuges, wodurch das rechnerische Ergebnis bestätigt wird, nach welchem Abweichungen von der idealen Fahrweise das Verhältnis zugunsten der neuen Ausführung verschieben. Von diesen Ersparnissen ist indes der Mehrverbrauch der Wagen infolge des erhöhten Gewichtes in Abzug zu bringen. Zum Schluß bespricht der Verfasser die Wirtschaftlichkeit für andere Betriebe als die Straßenbahn und gibt sein Urteil dahin ab, daß bei Stadtschnellbahnen die Wirtschaftlichkeit höher als bei Straßenbahnen und bei Hauptbahnen wieder höher als bei Stadtschnellbahnen liegen muß.

Die Anschaffungskosten für eine Wagenausrüstung mit Rückgewinn sind natürlich höher als die einer normalen Ausrüstung mit Serienmotoren. Prof. Somaini schätzt den Mehrpreis mit 10 ... 30 %, glaubt aber, daß dieser Mehrpreis durch die Ersparnis im Netz aufgewogen wird. Das Gewicht eines Umformers schätzt er bei 4 Motorenausrüstung auf ¼ und bei 2 Motorenausrüstung auf $^3/_{10}$ des Gewichts aller Triebmotoren. (Somaini, L'Energia Elettrica Bd. 5, S. 1064.) *H. O.*

Die Entwicklung des elektrischen Kraftwagens. — In der französischen Zeitschrift Le Génie civil ist eine Arbeit von Prof. G. Delanghe erschienen über elektrische Fahrzeuge mit Akkumulatoren, in dem einige bemerkenswerte Daten über die Entstehung und Entwicklung der elektrisch betriebenen Fahrzeuge enthalten sind, die auch die deutschen Fachkreise interessieren dürften:

Auf dem Kongreß der amerikanischen Elektroingenieure im Jahre 1897 wurde festgestellt, daß der erste durch Elektrizität getriebene Wagen im Jahre 1847 durch den Amerikaner G. Farmer konstruiert worden ist. Aber erst auf der internationalen Elektrizitätsausstellung zu Paris im Jahre 1871 wurden elektrische Fahrzeuge im Betrieb gezeigt, u. zw. mit Motoren nach dem von Gramme im Jahre 1871 angegebenen Prinzip. Kurz vor der Ausstellung war es nach Meinung des Verfassers gelungen, den elektrischen Akkumulator in eine für Fahrzwecke geeignete Form zu bringen, nachdem (1880) Faure, fußend auf den Arbeiten von Planté, das Mittel gefunden hatte, die Dauer der Formation von Akkumulatorenplatten abzukürzen. Im folgenden Jahre rüstete Philippart, der Direktor der Société Force et Lumière, mit Unterstützung von Raffard einen Wagen der Compagnie générale des Omnibus mit elektrischem An-

Digitized by Google

trieb aus und wendete zum erstenmal für die Übertragung das von Pecqueur im Jahre 1828 erfundene Differential an. Der Wagen erhielt eine Batterie von 60 Elementen, deren Gewicht 110 kg/kWh betrug, und konnte mit einer Batterieladung 15 ... 20 km zurücklegen. Kurz nach der Ausstellung von 1881 bestellte die Société Force et Lumière bei Jeantaud einen elektrischen Wagen mit zwei Sitzen. An diesem Wagen wurden zum erstenmal Lenkachsen mit Lenkschenkeln verwendet. Die Faure-Akkumulatoren waren an der Rückseite des Wagens in einem Behälter untergebracht.

Im Jahre 1895 nahm Jeantaud mit einem viersitzigen elektrischen Wagen an der Gemeinschaftsfahrt Paris—Bordeaux teil zusammen mit 21 anderen Wagen, von denen 6 Dampfwagen waren und 15 Wagen Explosionsmotoren hatten. Der elektrische Wagen war mit Fulmen-Akkumulatoren ausgerüstet, die alle 40 km ausgewechselt wurden. Es gelang Jeantaud, ungefähr die Hälfte der Fahrstrecke zurückzulegen.

Unter den ersten Konstrukteuren elektrischer Wagen nennt der Verfasser dann noch Darracq, welcher 1896 ein Coupé herausbrachte mit einer 40zelligen Fulmen-Batterie von 125 Ah und einem Gewicht von 416 kg, das mit einer Batterieladung 60 km zurücklegen konnte und eine Geschwindigkeit von 12 km/h hatte. (G. Delanghe, Génie Civ. Bd. 95, S. 289.) *Rgr.*

Lokomotiv-Freiluftschalter mit Preßluftlöschung. — Angeregt von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft haben die SSW einen Freiluftschalter für große Leistung zur Verwendung auf elektrischen Lokomotiven entwickelt. Versuche mit achtfachem Doppelfunkenabriß und magnetischer Blasung führten nicht ganz zu dem gewünschten Erfolg, da in der Nähe befindliche Metallteile durch ihre Dämpfe ein Stehenbleiben des Bogens begünstigten. Es wurden dann Versuche unternommen, den Lichtbogen mittels Preßluft auszublasen, und mit diesem Verfahren ließen sich recht beachtliche Schaltleistungen erzielen. Bei einem Preßluftdruck von 6 at gelang z. B. mit einem Versuchschalter die Abschaltung von 174 A bei 13 100 V wiederkehrender Spannung und 16⅔ Hz innerhalb einer Halbwelle, u. zw. ließ sich die Abschaltung mit den gleichen Ergebnissen häufig wiederholen. Überspannungen wurden nicht beobachtet. Bei einer Prüfung des gleichen Schalters durch die Reichsbahn, u. zw. unter erschwerten Bedingungen bei feinem Regen im Freien war das Ergebnis: 680 A bei 16 000 V, 16⅔ Hz, Rückkehrspannung 15 500 V, Schaltdauer 2 Halbwellen; Funkenbildung und Überspannungen nur gering. Dieser Versuchschalter besaß vier in Reihe geschaltete Hörnerpaare mit Luftblasung, außerdem zwei weitere Paare ohne Blasung. Die Luftdüsen müssen dicht an den Unterbrechungsstellen sitzen. Die Bewegung der Schalttraversen steuert die Düsen derart, daß sie schon vor der Trennung der Kontaktstücke geöffnet werden. Die gekennzeichnete Schalterbauart soll in einer Versuchs-Schnellzuglokomotive im praktischen Betrieb weiter geprüft werden. (F. Rampacher u. P. Weber, El. Bahnen Bd. 4, S. 267.) *nkl*

Fernmeldetechnik.

Strahlung des Deutschlandsenders[1]. — Im Herbst 1928 wurden im Umkreis von 100 km um den Deutschlandsender bei Königswusterhausen Messungen der Amplitude der ausgestrahlten Wellen vorgenommen; die Feldstärke wurde an nahezu 100 Stellen mit einer galvanometrischen, geeichten Empfangseinrichtung bestimmt; die Genauigkeit dieser Messungen betrug 10 %. In 130 km Entfernung vom Sender, in Strelitz, wurde dauernd die Intensität der ankommenden Wellen kontrolliert; dabei wurden keine Schwankungen gefunden, die größer als 8 % gewesen wären; beobachtet wurde nur am Tage bei gleichmäßig schönem Herbstwetter. Man war darum berechtigt, Unregelmäßigkeiten von mehr als 8 %, die in kleineren Entfernungen beobachtet wurden, der Bodenbeschaffenheit zur Last zu legen. Bei der Aufstellung des Empfängers im Gelände wurden Unebenheiten, Häuser, Leitungen, Bäume vermieden, weil sie noch bis zu 100 m Abstand Schwächungen des Feldes und Verzerrungen der Wellenfront erkennen ließen.

Die Empfangsgeräte waren für Feldstärken in Volt/Meter geeicht; diese Angaben wurden auf Strahlungsdichte in Watt/km² umgerechnet. Diese Werte für die Intensität der am Empfänger ankommenden Wellen wurden in die Karte eingetragen. Alsdann wurden alle Beobachtungsstellen, in denen eine Strahlung von 2 W/km² ± 10 % gemessen war, untereinander verbunden, ebenso alle Punkte mit 0,9 ... 1,1 W/km² sowie alle Punkte mit 0,4 W/km² ± 10%.

[1] ETZ 1928, S. 741.

Auf diese Weise sind die Ringe entstanden, die in Abb. 23 zu erkennen sind; sie umschlingen den Sender (Zeesen); dabei sind Gebiete, wo keine Beobachtungen vorlagen, gestrichelt gezeichnet worden. Der Kreis, in dem nach der Strahlungsleistung des Senders die Strahlung 1 W/km² zu erwarten gewesen wäre, ist mit eingezeichnet worden; er hat 85 km Halbmesser. Man erkennt, daß das Gebiet, in dem tatsächlich 1 W/km² bestimmt wurde, innerhalb dieses Kreises liegt und keine genaue Kreisform mehr besitzt. Ebenso weisen die Gebiete für 0,4 und für 2 W/km² erhebliche Verzerrungen gegenüber der Kreisform auf. Aus diesen Verzerrungen kann man zahlenmäßige Schlüsse auf die Absorption ziehen, welche die Wellen in den verschiedenen Gegenden erfahren. Ähnlich wie man die zeitliche Dämpfung von Schwingungen durch das logarith-

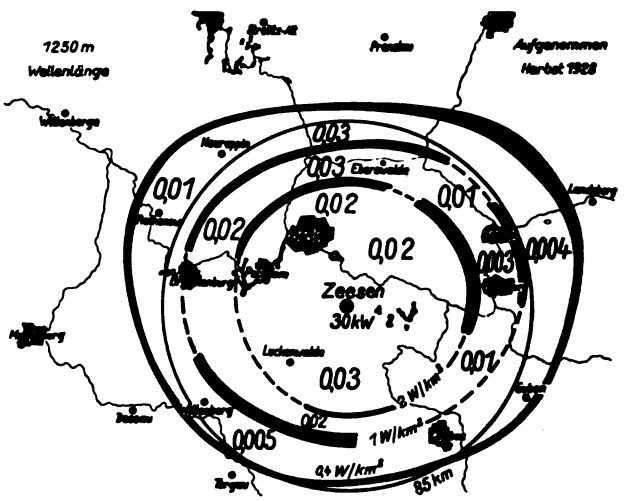


Abb. 23. Die Strahlungsleistung nach Empfangsbeobachtungen.

mische Dekrement beschreibt, kann man diese Absorption durch den Logarithmus der Energieabnahme beschreiben, welche die Welle beim Überschreiten eines Kilometers infolge der Bodenabsorption erfährt. Diese Absorptionswerte sind für einige Gegenden berechnet worden und in der Abb. 23 eingetragen; dabei fällt auf, daß die kleinsten Werte der Absorption in den größten Entfernungen vorkommen; vielleicht hat diese Feststellung eine grundsätzliche Ursache, die darin besteht, daß die Bodenabsorption nur im untersten Streifen der ganzen halbkugelförmigen Welle wirksam ist; in der Nähe beträgt dieser Bodenstreifen einen erheblichen Bruchteil der Wellenfront, aber mit steigender Entfernung wird dieser Bruchteil immer unwesentlicher. (F. Kiebitz, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 303.) *Sb.*

Untersuchungen über Detektoren. — Die so viel gebrauchten Kristalldetektoren bieten noch eine Fülle von ungelösten Problemen, mit denen sich mehrere neue Arbeiten beschäftigen. G. Reißaus untersucht die Frage, ob der gleichgerichtete Strom einer bestimmten Kombination stets den gleichen für die betreffende Kombination charakteristischen Richtungsinn hat[1]. Er benutzte zunächst einen Bleiglanzkristall, auf den ein Kupferdraht als Spitze aufgesetzt wurde. Wird der Kristall in einer Fläche berührt, so fließt der Elektronenstrom stets in der Richtung vom Draht zum Kristall. Wird dagegen der Draht auf einen Riß aufgesetzt, der die Kristallfläche durchsetzt, so tritt in einer großen Zahl von Fällen Stromumkehr ein. Er schließt daraus, daß die Fragestellung sinnlos ist, weil Spitze und Kristall ihre Rollen vertauschen können. Wenn der Draht auf einem Riß steht, kann irgendeine der vielen Kristalleckchen, die den Riß begrenzen, dem Draht gegenüber als Spitze wirken. Schaltet man die Ecke eines Bleiglanzwürfels gegen eine hochglanzpolierte Silberplatte oder gegen die Fläche eines andern Bleiglanzkristalls, so fließt der Elektronenstrom stets von der Spitze zur Fläche des Detektorsystems. Die Richtung des Stroms hängt also lediglich von der Oberflächensymmetrie der beiden als Spitze und Fläche eines Detektors bezeichneten Elektroden ab. Der Verfasser weist auch noch darauf hin, daß Gleichstrom- und Wechselstromcharakteristik eines Detektors wesentlich abweichen können, weil der in Richtung des kleinen Widerstandes durchgelassene Strom sich zwar sofort konstant einstellt.

[1] Vgl. a. H. Pelabon, Rev. Gén. de l'El. Bd. 25, S. 686.

Digitized by Google

der in Richtung des großen Widerstandes hindurchgelassene Strom dagegen erst im Zeitraum mehrerer Sekunden, mitunter Minuten, seinen Endwert erreicht. Die Gleichstromcharakteristik muß also ein ungünstigeres Bild der Gleichrichtfähigkeit liefern.

Die Ergebnisse werden unterstützt durch Untersuchungen von P. Beck, der eine Anordnung wählte, welche die gleichzeitige Durchführung der elektrischen Messungen und der mikroskopischen Beobachtung ermöglichte. Nach seinen Beobachtungen entstehen kleine Risse und Gruben schon bei relativ geringen Druckkräften und verursachen makroskopisch unverständliche Veränderungen und Umkehrungen der Unipolarität bei der Verschiebung des Berührungsplatzes und bei Nadeldeformation. Bei den von ihm untersuchten Galeniten verschiedener Herkunft konnte er zwei Typen unterscheiden, deren Flächen einander entgegengesetzt wirkende Unipolarität zeigten. Bei beiden Typen wächst der aus dem Galenit zur Spitze der Metallnadel fließende Strom langsam und unregelmäßig, während der entgegengesetzt gerichtete Strom konstant bleibt. Bei dem einen Typ muß also die Gleichstromcharakteristik, bei dem andern die Wechselstromcharakteristik aus dem Gesichtspunkt der Gleichrichterwirkung günstiger ausfallen.

Den bisherigen Theorien der Detektorwirkung fügt F. Regler eine neue hinzu. Während er für schlechte Detektoren an der Erklärung festhält, welche die Unipolarität auf die verschiedene Größe des Elektronendrucks in den beiden Elektroden zurückführt, scheint ihm diese Erklärung für gute Detektoren aussichtslos. Es ist ihm gelungen, mittels zweier Karborundkristalle technischen Wechselstrom von 110 V und 50 Hz gleichzurichten. Dabei betrug die gleichgerichtete Komponente 0,5 A. Unter Verwendung derselben Kristallkombination bzw. unter Verwendung von Karborund gegen eine Platte von rostfreiem Stahl, Kupfer usw. konnte er Wechselströme von 50 Hz und 5000 V gleichrichten, wobei die gleichgerichtete Komponente 0,1 A betrug. Um solche Wirkungen zu erklären, greift er auf die piezoelektrischen Eigenschaften der Kristalle zurück. Er nimmt an, daß sich die Mikrokristalle, welche den großen Kristall aufbauen, unter der Wirkung der einen Komponente des Wechselstroms dehnen, während sie sich unter der Wirkung der andern Komponente zusammenziehen. Dadurch wird der Kontakt der Mikrokristalle fester bzw. loser, wodurch sich der verschiedene Widerstand in den verschiedenen Stromrichtungen erklärt.

Während die bisher besprochenen Ergebnisse unabhängig von der Annahme einer Zwischenschicht zwischen den Detektorkontakten sind, sucht F. W. Kallmeyer die Wirksamkeit einer solchen Schicht bei der Gleichrichterwirkung nachzuweisen. Nach Konstruktion eines besonderen Kennlinienschreibers wurden die Kennlinien verschiedener Detektoren in Luft wie im Vakuum aufgenommen. Konnten beide Teile des Detektors im Vakuum ausgeglüht werden, wie bei einem Silizium-Wolfram-Detektor, so wird der Kontakt bei konstantem Kontaktdruck besser und die Abweichung vom Ohmschen Gesetz geringer. Die von der Kennlinie bei stufenweiser Entgasung durchlaufenen Formen gleichen ganz den bei zunehmendem Kontaktdruck erhaltenen. Bei stark herabgesetztem Kontaktdruck der geglühten Kontaktteile erhält man wieder die normale Kennlinie. Daraus schließt der Verfasser, daß ohne Adsorptionsschichten kein detektorwirksamer Kontakt möglich ist. Stärkerer Kontaktdruck bewirkt eine teilweise Verdrängung der Adsorptionsschicht an der Kontaktstelle und wirkt daher im gleichen Sinne wie eine Entgasung. Weitere Steigerung ermöglicht endlich direkte Berührung und damit normale Leitung. (G. G. Reißaus, Phys. Z. Bd. 29, S. 223. — P. Beck, Phys. Z. Bd. 29, S. 436. — F. Regler, Phys. Z. Bd. 29, S. 429. — F. W. Kallmeyer, Ann. Phys. Bd. 86, S. 547.) *Br.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Zeichnerische Integration gewöhnlicher Differentialgleichungen zweiter Ordnung. — Neben den bekannten Verfahren zur zeichnerischen Lösung von Differentialgleichungen kann das nachstehende in gewissen Fällen brauchbare Dienste leisten. Gegeben sei eine Differentialgleichung zweiter Ordnung $y'' = f(x, y, y')$, der Anfangspunkt x_0, y_0 und die Anfangsrichtung y'_0 der Integralkurve. Zur Lösung wird die Taylorsche Reihe benutzt. Man geht von dem Anfangspunkt einen angemessenen endlichen Schritt h in positiver Richtung weiter und trage von A_0 aus vertikal $A_0 A_1 = y_0' \frac{h}{1!}$ ab, ebenso $A_1 A_2 = y_0'' \frac{h^2}{2!}$, ferner nach Ermittlung von y''' durch Differentiation oder auf graphischem Wege, $A_2 A_3 = y_0''' \frac{h^3}{3!}$ usw. So erhält man nach der Taylorschen Reihe mit großer Genauigkeit einen neuen Punkt P_1 der Integralkurve. Um das Verfahren von diesem Punkte weiter durchführen zu können, benötigt man die neue Richtung in P_1. Um sie zu finden, halbiert man $P_0 A_1$ in T_2, zieht $T_2 A_2$, bestimmt den Teilpunkt T_3 des unteren Drittels, zieht $T_3 A_3$, bestimmt den Teilpunkt T_4 des unteren Viertels usw. Der letzte Teilpunkt gibt mit P_1 verbunden die neue Richtung an (Abb. 24). Das Verfahren läßt sich auch auf vektoriell gegebene Gleichungen anwenden, wie Abb. 25 für die Gleichung $\ddot{\bar{r}} = f(\bar{r}, \dot{\bar{r}}, t)$ erläutert, wo A_5 einen neuen Punkt der Integralkurve bedeutet und $T_5 A_5$ die neue Tangentenrichtung. Beachtenswert ist dabei, daß der von A_5 auszuführende neue Schritt $\frac{\dot{\bar{r}}_1 \tau}{1!} = 5\,\overline{A_5 T_5}$ ist, so daß das Verfahren von A_5 aus sofort weiter geführt werden kann. Bei ziemlich großen Schritten erhält man so doch recht genau einzelne Punkte der Kurve. Die Anwendung ist aber dadurch oft beschränkt, daß die zu verbindenden Punkte zu dicht nebeneinander fallen, so daß die durch Hinzunahme weiterer Glieder der Taylorschen Reihe theoretisch zu erwartende Steigerung der Genauigkeit durch die zeichnerische Ungenauigkeit wieder aufgehoben wird. (V. Blaeß, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 7.) *Br.*

Abb. 24. Integration von $y'' = f(x, y, y')$.

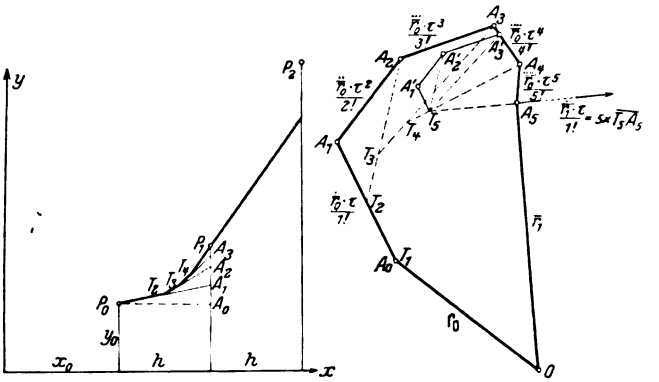


Abb. 25. Integration von $\ddot{\bar{r}} = f(\bar{r}, \dot{\bar{r}}, t)$.

Hochspannungstechnik.

Überspannungsschutz von Steuerungsleitungen. — Steuerungsleitungen für Starkstromzwecke sind hinsichtlich der Überspannungsgefahr wesentlich gleichen Bedingungen wie Telephonleitungen unterworfen; die Überspannungen können hierbei entweder atmosphärischen Ursprungs sein oder durch benachbarte Starkstromleitungen verursacht werden. Die letztgenannten lassen sich leicht abschätzen. Die sog. elektrostatische Beeinflussung kann mittels der Teilkapazität zwischen den sich beeinflussenden Leitungen einerseits, zwischen der gestörten Leitung und Erde anderseits erfaßt werden; hieraus schließt man auf die günstige Wirkung geerdeter (Schutz-) Leiter in der Umgebung der gestörten Leitung. Schwierigere Verhältnisse treten bei Erdschluß der Starkstromleitung auf. Das Erdstreufeld dringt tief in den Boden ein und bewirkt kräftige Induktionsspannungen, die auch die offene Steuerungsleitung auf hohe Spannungen aufladen; doppelseitige Erdung der Steuerungsleitung gibt Anlaß zu einem entsprechenden Störstrom, da die induzierte Spannung dann einen Kurzschlußkreis vorfindet. Zweckmäßig ordnet man an den Enden der Steuerungsleitung als Schutz gegen diese Erdschluß-Störspannungen Sicherungen an, die bei Auftreten von etwa 350 ... 500 V durchschlagen werden und damit selbsttätig die Leitung erden; bleibt die Spannung unter diesem Ansprechwert, so kommt zwar die ganze Steuerungsleitung auf Spannung gegen Erde, aber diese kann nicht gefährlich werden. Die rechnerische Untersuchung dieser Fragen und der Entwurf eines geeigneten Schutzes werden besonders wichtig für Drehstromsysteme mit geerdetem Sternpunkt, weil hier gewaltige Erdströme die Umgebung verseuchen. Für ein bestimmtes Beispiel findet man als Störstrom in einer durchgeschlagenen Überspannungssicherung obengenannter Art etwa 14 A, wenn man ungünstigste Verhältnisse zugrunde legt (keine Schutzleiter als Schirmung).

Digitized by Google

Als Sicherung kann man mit Vorteil eine in einer Edelgasatmosphäre liegende Funkenstrecke benutzen, welche sich sogar bei hinreichender Zahl von Elektroden zum gleichzeitigen Schutz mehrerer Leitungen verwenden läßt. Nach diesem System ausgeführte Sicherungselemente besitzen 350 ... 500 V Durchschlagspannung und 50 A Entladestrom bei einer Belastungsfähigkeit von 2 s. Größere Strombelastung setzt die Lebensdauer der Sicherung herab. (E. F. W. Beck, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 332.) *Oldff.*

Werkstatt und Baustoffe.

Spritzverzinkung. — Die Spritzverzinkung ist in den letzten Jahren qualitativ und bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit sehr verbessert worden, so daß sie heute nicht mehr nur dort in Frage kommt, wo Feuerverzinkung schwer anwendbar ist, sondern daß sie, zumal für größere Materialstärken, mit der Feuerverzinkung in erfolgreichen Wettbewerb getreten ist. Einmal bringt man heute erheblich mehr Zink auf die Flächeneinheit auf als früher, anderseits wurden die Leistungen der Pistole und des Sandstrahl-Putzgebläses sehr gesteigert. Durch Wiederverwendung des abfallenden Zinkstaubes für die Verzinkung kleinerer Gegenstände mittels der „Pulverpistole" und durch Einführung der Akkordarbeit konnte die Wirtschaftlichkeit erhöht werden. Die Ergebnisse eines holländischen Spritzbetriebes zeigt Abb. 26. In den letzten Jahren sind allein für die holländischen Eisenbahnen rd. 3000 t Eisenkonstruktion verzinkt worden, u. zw. namentlich für die elektrisierten Strecken (Oberleitungsportale, Tragmaste, Isolatorenträger usw.). Auch für die Elektrizitätswerke waren zahlreiche Aufträge auszuführen; es wurden die Oberteile von Hochvolt-Leitungsmasten, die Gerüste von Freiluftanlagen, Transformatorenkessel und Kühlschlangen spritzverzinkt. Bekanntlich dichtet sich die anfangs etwas poröse Zinkschicht durch Bildung von Oxyd und Karbonat in kurzer Zeit völlig ab und gewährt dann einen vorzüglichen, jedem Farbanstrich überlegenen Rostschutz. (K. Matzinger, Schweiz. Techn. Z. Bd. 26, S. 241.) *nkl*

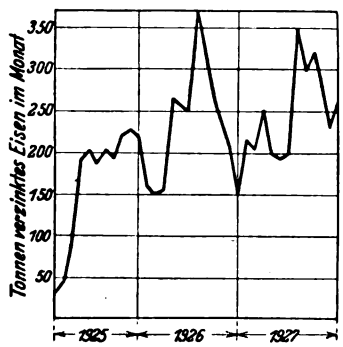


Abb. 26. Produktionssteigerung einer holländischen Spritzverzinkerei.

Verschiedenes.

Neue Normblätter des DNA. — Lokomotivbau: DIN LON 5541 Schmiergefäß, einfach. — LON 5542 Schmiergefäß, zweifach. — LON 5543 Schmiergefäß, dreifach. — LON 5544 Schmiergefäß, vierfach. — LON 5545 Schmiergefäßdeckel.

Maschinenbau, allgemein: DIN 532 Rohe und blanke Sechskantschrauben, Metrisches, Whitworth- und Whitworth-Feingewinde über 52 mm bzw. 2", Konstruktionsblatt. — 525 Anschweißenden mit Mutter.

Hebemaschinen: DIN 4003 (Ersatz für DIN 535) Bremsscheiben für Hebemaschinen, Konstruktionsblatt. — 4004 (Ersatz für DIN 694 und 695) Laufräder mit einseitigem Spurkranz und ungleichseitiger Nabe. — 4005 (Ersatz für DIN 691 und 692) Laufräder mit zweiseitigem Spurkranz und ungleichseitiger Nabe. — 4006 (Ersatz für DIN 694, Ausführung A, und 696) Laufräder mit einseitigem Spurkranz und gleichseitiger Nabe. — 4007 (Ersatz für DIN 691, Ausführung A, und 693) Laufräder mit zweiseitigem Spurkranz und gleichseitiger Nabe. — 4008 (Ersatz für DIN 694, Ausführung B, und 696) Laufräder mit einseitigem Spurkranz und ungleichseitiger Nabe. — 4009 (Ersatz für DIN 691, Ausführung C, und 693) Laufräder mit zweiseitigem Spurkranz und ungleichseitiger Nabe.

Stoffe: DIN 1692 Temperguß. — 1774 Messingblech, Messingband, Messingstreifen, kalt gewalzt, handelsübiich, technische Lieferbedingungen. — 1776 Messing-Vollprofile, Rund-, Flach-, Vierkant-, Sechskant- und Winkelmessing, gezogen und gepreßt, technische Lieferbedingungen. — 1777 Federbleche, Federbänder aas Kupferlegierungen, Abmessungen. — 1778 Federbelche, Federbänder aus Messing, technische Lieferbedingungen. — 1779 Federbleche, Federbänder aus Bronze, technische Lieferbedingungen. — 1780 Federbleche, Federbänder aus Neusilber, technische Lieferbedingungen. — 1781 Federbleche, Federbänder aus Nichteisen-Metallen, Prüfverfahren. — 1782 Rundmessing, gepreßt.

Werkzeuge: DIN 367 Handbohrmaschinen, Anschlußgewinde für den Bohrfutterschaft. — 862 Schieblehren (Präzisionsschieblehren). — 862 Beiblatt, Schieblehren (Präzisionsschieblehren).

Eisenbahnwagenbau: DIN WAN 233 (DIN 670 und 672 gekürzt und erweitert) Unkalibrierte Ketten.

Büro- und Zeichengerät: DIN RAL 931/2 Minen für Füllstifte, Blei-, Kopier- und Farbminen.

Luftfahrt: DIN Vornorm L 47 (DIN VDE 1 und 2 gekürzt und erweitert) Spannungen elektrischer Anlagen. Gleichspannung — Vornorm L 48 (DIN KrK 113 gekürzt und erweitert) Sechskantmuttern. — Vornorm L 49 (DIN KrK 115 gekürzt und erweitert) Niedrige Sechskantmuttern. — Vornorm L 50 (DIN Krk 117 gekürzt und erweitert) Kronenmuttern. — Vornorm L 51 (DIN KrK 119 gekürzt und erweitert). Niedrige Kronenmuttern.

Materialprüfungen der Technik: DIN DVM 3210 Anstrichfarben, Bezeichnung des Rostgrades.

Jubiläum. — Die Firma C. Conradty in Nürnberg, Fabrik elektrischer und galvanischer Kohlen (in der Hauptsache Kohlen- und Graphitelektroden für die Stahl-, Stickstoff- und Aluminiumgewinnung, ferner Kino- und Beleuchtungskohlen, Kohlenbürsten, Widerstands- und Radiokohlen aller Art) kann dieser Tage auf ihr 75jähriges Bestehen zurückblicken und wird jetzt bereits von der dritten Generation als Familien-Privatfirma weitergeführt. In dieser Zeit konnten bereits 30 Beamte ihr 25jähriges Dienstjubiläum feiern, ein Zeichen guten Einvernehmens zwischen Firmeninhaber und Angestellten.

Energiewirtschaft.

Die neuen Statistiken der VdEW. — An erster Stelle in der Statistik der deutschen Elektrizitätsversorgung stehen die Veröffentlichungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke; sie liegen in neuer Bearbeitung für das Jahr 1928 in folgenden drei Werken[1] vor:

1. Statistik für das Jahr 1928.
2. Verzeichnis der deutschen Elektrizitätswerke 1928.
3. Verzeichnis der mit Elektrizität versorgten Orte Deutschlands.

Die „Statistik", welche bekanntlich nur die der Vereinigung als Mitglieder angehörenden deutschen und außerdeutschen Elektrizitätswerke enthält, ist im wesentlichen in der gleichen Aufmachung wie die für 1927 erschienen, nur das „Verzeichnis der Bezirksverbände" und die dazu gehörende Karte sind fortgefallen; diese Angaben können aus dem alljährlich erscheinenden, im Buchhandel freilich nicht erhältlichen „Verzeichnis der Mitglieder" ersehen werden.

Die Zahl der in die Statistik aufgenommenen deutschen Werke beträgt 606, die der außerdeutschen 80 gegenüber 618 bzw. 82 im Jahre 1927.

Die vier Hauptabteilungen: I. Allgemeines, II. Betriebsmittel, III. Erzeugung, Bezug und Abgabe, IV. Ergebnisse der Auswertung hat die Herausgeberin unverändert beibehalten, auch in den Spalteneinteilungen nennenswerte Änderungen nicht vorgenommen; nur Abteilung I. enthält jetzt 14 (12) Spalten, da die nutzbar abgegebene Arbeit für Gleich- und Wechselstrom getrennt aufgeführt worden ist. Angaben, welche für die Entscheidung der strittigen Frage, ob und inwieweit der Gleichstrom verschwindet, von Wichtigkeit sind.

Die wirtschaftlichen Angaben beschränken sich in der Statistik leider immer noch auf Abteilung IV, Spalte 20, die solche über die jährlichen Stromeinnahmen, geteilt durch das Anlagekapital, enthält; nur sehr wenige Werke — von den 34 der Gruppe I. z. B. nur 9 — haben jedoch die Spalte ausgefüllt. Bei diesen 9 Werken schwanken die Werte zwischen 0,149 und 0.427; aus dem angegebenen Verhältnis lassen sich aber auch kaum Schlüsse von Bedeutung ziehen.

Die beiden „Verzeichnisse" waren bisher in einem Band vereinigt und zum ersten und letzten Mal für das Jahr 1925 erschienen. Die zweite Auflage für 1928 unter-

[1] Die drei Werke kosten geb. 50, 15 und 15 RM.

Digitized by Google

scheidet sich hauptsächlich dadurch, daß das Verzeichnis der mit Strom versorgten Orte Deutschlands nunmehr ein selbständiges Werk bildet.

Im „Verzeichnis der deutschen Elektrizitätswerke 1928" entsprechen die technischen Angaben und ihre Anordnung i. a. der Ausgabe für 1925, nur sind die Erzeugerspannungen fortgelassen und die Stromarten und Spannungen (früher Spalte 8 ... 11) in eine Spalte zusammengezogen. Dafür hat die VdEW eine sehr wichtige Angabe als Spalte 4 „Unternehmungsform" neu aufgenommen; man ersieht daraus, ob ein Werk von der öffentlichen Hand, von einem Privatbesitzer oder als gemischtwirtschaftliches Unternehmen betrieben wird. Abgesehen davon, daß sich aus der Spalte 3 (Firma) in vielen Fällen nicht ersehen ließ, ob ein Werk öffentlich oder privat war, weil viele öffentliche Werke als Aktiengesellschaft firmieren, und man gemischtwirtschaftliche Unternehmungen überhaupt nicht erkennen konnte, erleichtert die neue Spalte die Auswertung der Statistik sehr, wenn es sich um Untersuchungen über die Unternehmerform handelt.

Eine weitere wesentliche Verbesserung der vorliegenden Ausgabe besteht darin, daß jetzt in der letzten Spalte 8 (Bemerkungen) gesagt ist, wieviel von den durch ein Unternehmen versorgten Ortschaften (Spalte 5) mittelbar, d. h. durch Wiederverkäufer, beliefert werden; denn für manche Untersuchungen ist es wichtig zu wissen, ob und in welchem Umfang ein Werk seinen Strom bis zum letzten Abnehmer selbst oder durch Zwischenhändler vertreibt.

Eine Erleichterung für die Benutzung des E.W.-Verzeichnisses bedeutet die Ausbildung des früheren Inhaltsverzeichnisses zum alphabetischen Stichwortverzeichnis. Bei den Elektrizitätswerken ist es bekanntlich Brauch geworden, die bedeutenderen mit einem besonderen Namen zu belegen, wie Gerstein-, Goldenberg-, Klingenberg-, Uppenbornwerk usw., für bekannte Unternehmungen sind heute auch Abkürzungen, wie RWE, MEW, VEW, allgemein üblich; ferner werden viele Werke wechselnd nach dem Ort, an dem sich die Verwaltung oder aber auch die Zentrale befindet, oder nach ihrer offiziellen Firmenbezeichnung genannt, und schließlich sind zahlreiche Werke Teile eines Großunternehmens geworden, so daß man die statistischen Angaben über sie nur unter dem Hauptunternehmen findet. Das hat ein schnelles Auffinden solcher Werke ungemein erschwert. In das Stichwortverzeichnis sind jetzt aber solche Werke mehrfach unter ihren verschiedenen Bezeichnungen aufgenommen, so das RWE unter Es: Essen, Rh: Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk, Rw: RWE; die Rhein-Main-Donau AG. ist unter Rh und M (München), das Klingenbergwerk unter Kl, Ber (Berlin), Bw (BEWAG) aufgeführt.

Die Anzahl der in der Ausgabe für 1928 enthaltenen Werke ist stark, u. zw. von 3378 auf 4225 gestiegen, da es der VdEW geglückt war, von einer ganzen Reihe bestehender Werke, die für 1925 keine Angaben gemacht hatten, nunmehr solche zu erhalten.

Der frühere zweite Teil des E.W.-Verzeichnisses ist, wie schon bemerkt, zu einem selbständigen Band „Verzeichnis der mit Elektrizität versorgten Orte Deutschlands 1928" von 1144 Seiten herangewachsen, weil man nach Möglichkeit alle deutschen mit Elektrizität versorgten Orte aufgenommen hat, während das frühere Verzeichnis nur diejenigen von mehr als 1000 Einwohnern enthielt. Dieses Ortsverzeichnis, das etwa 75 000 Orte umfaßt, ist von außerordentlichem Wert: denn mit seiner Hilfe kann man jetzt für jeden deutschen Ort den Stromlieferer (Lf), den Verteiler (Vt) und die im Verteilungsnetz herrschende Spannung für Kraft und Licht schnell und einwandfrei feststellen. Auch die Einwohnerzahl ist in den meisten Fällen angegeben, ferner das Land (in Preußen die Provinz), in dem der Ort liegt, und bei kleinen Orten auch die zugehörige Poststation, so daß für etwaige briefliche Anfragen alle Unterlagen zur Verfügung stehen.

Sehr zu bedauern ist jedoch, daß sich in der neuen Auflage nicht mehr ersehen läßt, ob ein Ort eine Gasanstalt besitzt. Diese für viele Untersuchungen wichtige Tatsache war in der früheren Ausgabe durch ein Sternchen hinter dem Ortsnamen kenntlich gemacht. Auch besaß die frühere Ausgabe eine besondere Spalte für Bahnstrom, so daß man sehr leicht herauszufinden vermochte, in welchen Orten eine elektrische Bahn bestand. Da von den 75 000 aufgenommenen Orten verhältnismäßig wenige Gaswerke und nur sehr wenige elektrische Bahnen besitzen, wäre ein solcher Hinweis wohl ohne großen Raumbedarf möglich.

Daß sich die VdEW durch die mühevolle Bearbeitung der hier kurz besprochenen drei statistischen Werke ein großes Verdienst um die deutsche Elektrizitätswirtschaft erworben hat, wird allgemein anerkannt werden.

Thierbach.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Im November 1929 haben die 122 Werke um 10 Mill kWh weniger erzeugt als im Vormonat, aber um 269 Mill kWh (20,6 %) mehr als im gleichen Monat von 1928. Arbeitstäglich ergeben sich Zunahmen von bzw. 4.294 und 10.796 Mill kWh (20,7 %). Im Oktober 1929 ist der Anschlußwert der von 103 Werken unmittelbar belieferten gewerblichen Abnehmer gegen den September um 32 000 kW und gegen den Parallelmonat des Vorjahres um 0,229 Mill kW (5,4 %) gestiegen. Der Verbrauch dieser Konsumenten weist im Vergleich zum Vormonat eine Erhöhung um 9,6 Mill kWh und gegen den Oktober 1928 um 45 Mill kWh (8,7 %) auf; er ist letzterem gegenüber auch arbeitstäglich, u. zw. um 1.666 Mill kWh (8,7 %) gewachsen, verglichen mit dem Vormonat aber um 1,274 Mill kWh zurückgegangen.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928
I.	26	26	1443,6	1234,4	55,5	47,5	4,3	4,0	540,0	475,7	20,8	18,3	4,8	4,6
II.	24	25	1282,0	1128,8	53,4	45,2	4,3	4,1	499,3	458,1	20,8	18,3	4,8	4,5
III.	25	27	1306,9	1172,7	52,3	43,4	4,3	4,1	510,2	483,7	20,4	17,9	4,7	4,4
IV.	25	23	1299,1	1048,9	52,0	45,6	4,3	4,1	511,6	436,5	20,5	19,0	4,7	4,6
V.	25	25	1302,6	1083,6	52,1	43,3	4,3	4,1	510,4	444,1	20,4	17,8	4,7	4,3
VI.	25	26	1297	1084,0	51,9	41,7	4,4	4,1	531,3	458,8	21,3	17,6	4,9	4,3
VII.	27	26	1370	1123,5	50,8	43,2	4,4	4,1	542,4	478,8	20,1	18,4	4,6	4,4
VIII.	27	27	1437	1215,4	53,2	45,0	4,4	4,2	556,1	497,0	20,6	18,4	4,7	4,4
IX.	25	25	1420	1226,6	57,2	49,1	4,4	4,2	549,0	491,3	22,0	19,7	5,0	4,7
X.	27	27	1584	1352,8	58,7	50,1	4,5	4,2	558,6	513,6	20,7	19,0	4,7	4,5
XI.	25	25	1574	1304,9	63,0	52,2	.	4,3	.	458,3	.	18,3	.	4,3

Vorarbeiten für das Tauernkraftwerk[2]. — Die Salzburger Landesregierung hat vor kurzem dem Landtag einen ausführlichen Bericht über den heutigen Stand des Projekts erstattet, das die Ausnutzung der Wasserkräfte in den Hohen Tauern vorsieht. Es handelt sich, wie sich die Leser erinnern werden, um die Erfassung der in einer Höhe von rd. 2100 m gelegenen Wasseradern dieses Gebirgsstocks, die außer Salzburg z. T. in den Bereich der Bundesländer Kärnten und Tirol gehören. Auf dem Tauernmoos- und dem Moserboden sollen sie mittels Hangkanälen gesammelt und unter Ausnutzung des Gefälles zunächst dem Orglerboden und von dort dem Salzachtal zur Elektrizitätsgewinnung zugeleitet werden. Eine unter Beteiligung der AEG gegründete Studiengesellschaft hat bereits einen Projektanten bestellen unter Aufwand von rd. 1 Mill S hergestellt und sonstige Vorbereitungen getroffen, so daß während des Winters genaue Beobachtungen vorgenommen werden können. Die Projektanten bemühen sich dabei, die von verschiedenen Seiten erhobenen Einwände aus der Welt zu schaffen; u. a. scheinen die Bedenken der genannten Bundesländer, denen ein Teil der ihnen jetzt zufließenden Gewässer entzogen wird, durch ein Abkommen beseitigt zu werden, nach dem sie gemeinsam die Konzession für das Kraftwerk erwerben sollen. Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft will man, soweit sie in der Ausnutzung eigener Stromerzeugungsanlagen beeinträchtigt werden sollten, durch Lieferung von Ersatzstrom voll entschädigen. Entsprechend den neuen Grundsätzen, die für die Regelung des Stromexports in Österreich aufgestellt wurden[3], wird in erster Linie der einheimische Bedarf unter Bevorzugung der Bundesländer, aus denen das Wasser stammt, Befriedigung finden, ein großer Teil aber soll der deutschen Volkswirtschaft zugute kommen, wogegen man eine entsprechende Beteiligung deutschen Kapitals erwartet.

Hgn.

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

Ist vorläufige Vollstreckbarkeit von Zwangslizenz-Urteilen möglich? — In einer Zwangslizenzklage G. 38840 LA III/66a/28 waren wesentliche Gründe dafür vorhanden, der Antragstellerin die Zwangslizenz sobald wie möglich zu erteilen. Da bekanntlich das Reichspatentamt

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 24.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 359, 1215.
[3] Vgl. ETZ 1930, S. 99.

Digitized by Google

den Erlaß von einstweiligen Verfügungen im Zwangslizenz-Klageverfahren ablehnt, z. B. in der Entscheidung vom 5. VI. 1924 (s. G. R. 1924 S. 106), wurde der Antrag gestellt, das Urteil der Nichtigkeitsabteilung für den Fall der Erteilung einer Zwangslizenz für sofort vollstreckbar zu erklären, gegebenenfalls gegen Sicherheitsleistung.

Die Nichtigkeitsabteilung hat in ihrem Beschluß vom 2. II. 1929 zwar die Zwangslizenz erteilt, den Antrag auf vorläufige Vollstreckbarkeit aber abgelehnt, mit folgender Begründung:

„Der Antrag, die Entscheidung für vorläufig vollstreckbar zu erklären, war abzulehnen, da das Patentgesetz die vorläufige Vollstreckbarkeitserklärung von Entscheidungen der Nichtigkeitsabteilung nicht kennt. Eine analoge Anwendung der Vorschriften der Zivilprozeßordnung (§§ 710, 708 Ziffer 6) ist nicht möglich; denn dort handelt es sich um Vollstreckung von Urteilen, die in bereits bestehenden Rechtsverhältnissen ihre Grundlage haben, hier dagegen um Entscheidungen, die in einem besonders gearteten Zwangslizenzverfahren erst ein Rechtsverhältnis zwischen den Beteiligten begründen sollen."

Diese Begründung ist nicht überzeugend, denn es liegen in den meisten Fällen, in denen die Anwendbarkeit der ZPO. im Zwangslizenzverfahren anerkannt ist, die gleichen Unterschiede vor. Eine letztinstanzliche Entscheidung dieser Frage sowie der Zulässigkeit von einstweiligen Verfügungen konnte nicht herbeigeführt werden, da der Patentinhaber zwar Berufung einlegte, sie aber unmittelbar darauf zurückzog.

Muß der Heimatschutz ausländischer Warenzeichen im Zeitpunkt der deutschen Anmeldung bestehen? — Nach § 23 Absatz 3 des WbzG. muß, wer ein ausländisches Warenzeichen in Deutschland anmeldet, den Nachweis erbringen, daß er in seinem Niederlassungstaat für dieses Markenschutz nachgesucht und erhalten hat. Die Anmeldestelle für Warenzeichen hatte die Eintragung des Zeichens einer in Großbritannien ansässigen Anmelderin versagt, weil diese nicht innerhalb der ihr gestellten Frist die Erwerbung des Schutzzeichens im Heimatlande nachgewiesen hatte. Die Anmelderin erhob Beschwerde und erbrachte den Beweis im Beschwerdeverfahren. Die Beschwerdeabteilung I hat in ihrer Entscheidung vom 15. X. 1929 den nachträglichen Beweis als genügend angesehen, und selbst die Tatsache, daß die Anmeldung des Zeichens in England erheblich später bewirkt worden ist als die Anmeldung in Deutschland, für unbeachtlich erklärt. Die Entscheidung führt dazu folgendes aus:

„Die Erlangung des Heimatschutzes ist Erfordernis nur der Eintragung des im Inlande angemeldeten Zeichens. Sein Fehlen macht nicht etwa die inländische Anmeldung unwirksam. Es genügt, daß er zur Zeit der inländischen Eintragung nachgewiesen ist und zu dieser Zeit besteht. Diese Auffassung führt auch nicht etwa zu Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Priorität der deutschen Anmeldung. Prioritätsbegründend kann nur der Eingang der deutschen Anmeldung beim Reichspatentamt sein, denn diese ist, wie oben ausgeführt, auch ohne den gleichzeitigen Nachweis des Zeichenschutzes im Heimatstaate rechtswirksam. Ebenso wenig kann dagegen eingewandt werden, daß dann der Anmelder möglicherweise in Deutschland früher Zeichenschutz erhalte als im Heimatstaate, denn das deutsche Zeichen darf stets erst zur Eintragung gelangen, nachdem seine Eintragung im Heimatstaate nachgewiesen ist."

Diese Regelung ist von einem sehr erfreulichen Verständnis für die Bedürfnisse der Wirtschaft getragen und geht sogar noch über die Fortschritte, die die Haager Konferenz gebracht hat, hinaus.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld I, Berlin.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für Elektromaschinenbau (EVM) am Dienstag, dem 4. Februar 1930, 7½ Uhr abends in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dr. Mandl über das Thema: „Synchrone oder asynchrone Phasenschieber?"

Inhaltsangabe:

Leistungsbereich 4000 bis 60 000 kVA bei den verschiedenen Drehzahlen, Anlaufverhältnisse in bezug auf Stromaufnahme, Stillstandspannung und zusätzliche Apparate. Eignung für Netzladung Betriebsmäßiges Verhalten a) bei Spannungsänderungen, b) bei Frequenzänderungen; stationärer Endzustand und Übergang in den neuen Zustand; sehr schnelle Frequenzänderungen, Größe des Wirbelstrom-Drehmoments. Einschwingen des Polrades; c) bei Laständerungen im Netz — Stoßerregung bei Belastung, Aberregung bei Entlastung. Verhalten im Kurzschluß: Plötzlicher und Dauerkurzschluß, Übergang zwischen beiden; dreiphasiger und zweiphasiger Kurzschluß. Elektrische Eigenschaften: Spannungskurve, Verluste, Erwärmung.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Berlin-Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß für Elektromaschinenbau
Der Vorsitzende
Dr. Kloss.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68. Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64. Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung des VDE.

Kommission für Schaltgeräte.

Wir weisen auf die nachstehende Veröffentlichung des Normblattentwurfs DIN VDE 6220 betreffend Kabelschuhe hin.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Einbanddecken ETZ.

Einbanddecken für den Jahrgang 1929 der ETZ können wiederum bezogen werden, u. zw. zum Preise von 2,20 RM für den Halbjahrband, einschl. Versandkosten.

Bestellungen sind durch Einzahlung auf Postscheckkonto des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Berlin 213 12 (genaue Adresse nicht vergessen), oder bei gewünschter Nachnahmesendung direkt an den Verband Deutscher Elektrotechniker, Verlagsabt. Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu richten.

Kommission für Schaltgeräte.

Die Kommission für Schaltgeräte hat durch den Sonderausschuß „Kabelschuhe" beim Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie E. V. einen Normblattentwurf

DIN VDE 6220 „Kabelschuhe, gepreßt oder gegossen"

aufgestellt, der nachstehend bekanntgegeben wird.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. März 1930 an die Geschäftstelle zu richten.

Digitized by Google

Noch nicht endgültig

Kabelschuhe

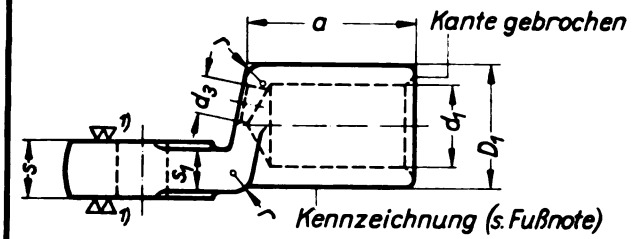
gepreßt oder gegossen

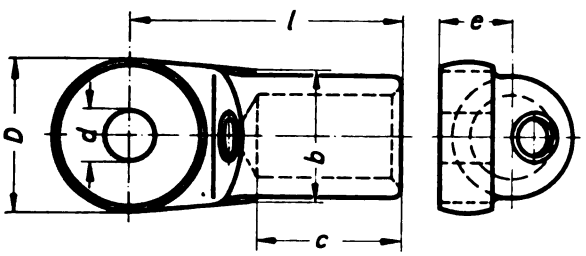
Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 6220

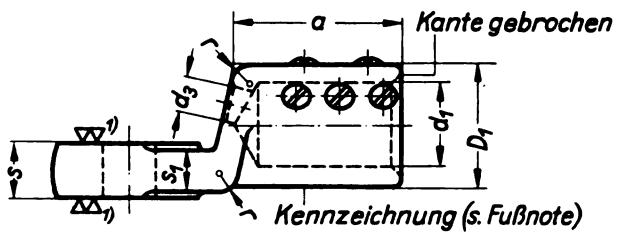
Maße in mm

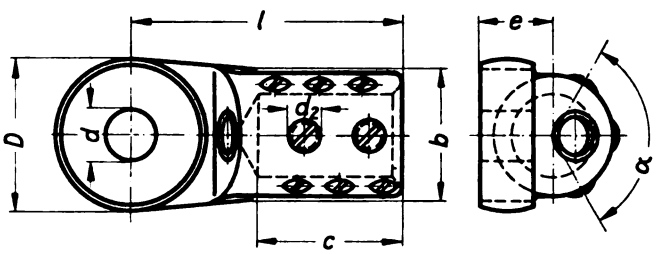
Ausführung *V* für Verlötung





Ausführung *VV* für Verschraubung und Verlötung[2])





Bezeichnung eines Kabelschuhes, gepreßt oder gegossen, Ausführung *VV* für 16 mm Bolzendurchmesser mit Hülseninnendurchmesser $d_1 = 30{,}5$ mm, 500 mm² Leiterquerschnitt:

Kabelschuh *VV* 16 × 30,5 VDE 6220

Nennmaße* Bolzendurchmesser × Hülseninnendurchmesser	Leiterquerschnitt* in mm²	Ausführung *V* und *VV*													Ausführung *VV*					Gewicht je 10 Stück Ausf. *V* (Preßmessing unverzinnt) kg ≈
															Gewindelöcher			Gewindestift		
		a	*c*	d_1	D_1	*b*	*d*	d_3	*D*	*e*	*l*	*r*	*s*	s_1	Gewinde d_2	Anzahl der Reihen	Winkel α	Bezeichnung	Anzahl	
8×8,5	35	28	26	8,5	17	18	8,5	4	22	11,5	44	3	6	5				M 6×5 DIN 551 Flußstahl	3	0,58
10×10	50	31	28	10	19	21	10,5	5	25	12,5	48	3	7	5,5	M 6	2	90°			0,78
10×12	70	33	30	12	22	24	10,5	6	28	14	52	4	8	6,5				M 6×6 DIN 551 Flußstahl	4	1,11
10×13,5	95	36	32	13,5	24	26	10.5	7	30	15	56	4	9	7		3	120°		5	1 35
13×13,5							13,5													1,31
16×13,5				13,5			17													2,00
13×15	120						13,5													1,98
16×15		39	34	15	27	29	17	8	35	17	62	4	11	9	M 8	3	120°		6	1,90
13×17	150						13,5													1,80
16×17				17			17											M 8×6 DIN 551 Flußstahl		1,72
13×19	185						13,5													2,87
16×19		44	38	19	32	34	17	10	40	20	72	5	14	11	M 8	3	120°		6	2,77
13×22	240						13,5													2,43
16×22				22			17													2,33
22×22				22			23													3,85
16×24	300	49	42	24	36	38	17	11	45	22	80	6	16	13	M 8	3	120°		7	3,75
22×24							23													3,50
22×19	185			19			23													4,10
16×28	400			28			17													5.25
22×28		56	48	—	42	44	23	12	48	26	90	6	18	14	M 8	3	120°		8	4,96
16×30,5	500						17													4,55
22×30,5				30,5			23											M 8×8 DIN 551 Flußstahl		4,26
33×30,5				30,5			35													7,4
19×34	625	61	52	34	48	50	20	14	60	29	102	8	20	16	M 8	3	120°		9	7,7
33×34							35													6,6
33×28	400			28			35													7,9
19×38	800	66	56	38	52	54	20	15	62	31	108	8	22	18	M 8	3	120°		10	8,7
33×38							35													7,5
19×43	1000	72	62	43	58	60	20	16	64	35	116	8	24	20	M 8	3	120°	M 8×10DIN 551 Flußst.	11	10,4
33×43							35													9,1

* Nach Größe der Rohlinge geordnet.
1) Die Bearbeitung gilt nur für gegossene Kabelschuhe.
2) Verschraubte Kabelschuhe geben ohne Verlötung ungenügenden Kontakt.

(*Fortsetzung s. S. 188.*)

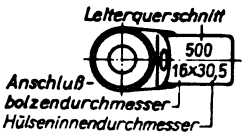
Digitized by Google

(Schluß zu Normblatt DIN VDE 6220, Entwurf 1.)

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.

Ausführung: feuerverzinnt.
Die Schrauben müssen so angeordnet sein, daß durch Schnitt senkrecht zur Achse nur eine Schraubenmitte getroffen wird.

Werkstoff: Preßmessing (Preßguß) oder ein Gußmetall mit einer elektrischen Leitfähigkeit von mindestens 20 Siemens $\frac{m}{mm^2}$ bei 20° C nach Wahl des Herstellers.



Kennzeichnung: Leiterquerschnitt, Anschlußbolzendurchmesser und Hülseninnendurchmesser sind auf der Rückseite der Kabelschuhe anzugeben (siehe Skizze).

Für Leiterquerschnitte unter 35 mm² siehe DIN VDE 6211, Kabelschuhe gestanzt.

Kabelschuhe, Übersicht, Zuordnung zu den Stromstärken und Anschlußelementen nach DIN VDE .....

Januar 1930 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Neu erschienene VDE-Vorschriften-Sonderdrucke.

Folgende VDE-Vorschriften-Sonderdrucke sind neu erschienen:

VDE 304 b Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen (V.E.Hz./1925).
„ 436 Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannung unter 1000 V (V.E.S. 1./1930).
„ 437 Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber (V.E.S. 2./1930).
„ 442 Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen (V.S.F./1930).
„ 451 Leitsätze für Spannungsucher bis 750 V.
„ 467 Bemerkungen zu den „Regeln für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen nebst Anlassern und Reglern sowie bei Transformatoren".
„ 468 Organisation und Entwicklung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V.
„ 469 Vorschriften für Christbaum-Beleuchtungen.
„ 470 Vorschriften für elektrisch beheiztes Spielzeug.

Die Sonderdrucke können von der Geschäftstelle des VDE bezogen werden.

Neu erschienene DIN VDE-Normblätter.

Folgende DIN VDE-Normblätter sind neu erschienen:

DIN VDE 705 Kennfarben für blanke Leitungen in Starkstrom-Schaltanlagen.
„ „ 2900 Bl. 3 Elektrische Maschinen. Bürsten für Kommutatoren und Schleifringe. Zuordnung der Kupferseile.
„ „ 3220 Bl. 1 Elektrische Bahnen. Bürsten für Bahnmotoren. Abmessungen. Richtlinien für Neukonstruktionen.
„ „ 7699 Montageanweisungen für Kabel-Endverschlüsse.
„ „ 8011 Stützenisolatoren Reihe N für Starkstrom-Freileitungen. Betriebspannungen bis 0,5 kV.
„ „ 9350 L-Sicherung-Schraubstöpsel 6 ... 25 A, 500 V und Zubehör.

Alle Anfragen bezüglich Lieferung und Versand der Normblätter sind an die Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Str. 97, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betr.: Plombierbare Hauptleitungs-Abzweigkästen.

Da die VDE-Bestimmungen für plombierbare Hauptleitungs-Abzweigkästen nunmehr vollständig vorliegen (vgl. Sonderdruck VDE 454 und Veröffentlichung in der ETZ 1930, Heft 2), so wird die VDE-Prüfstelle in Zukunft auch Anträge auf Prüfung solcher Hauptleitungs-Abzweigkästen entgegennehmen. Bei günstigem Ausfall der Untersuchung kann den Antragstellern nach Erfüllung der in der Satzung der VDE-Prüfstelle festgelegten Bedingungen die Genehmigung zur Benutzung des gesetzlich geschützten Verbandszeichens (VDE-Zeichens) für die Hauptleitungs-Abzweigkästen erteilt werden.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst 9697.

Der AEF hat die folgenden Druckschriften und Tafeln herausgegeben, auf die er hiermit hinweist:

1. Die „Verhandlungen des AEF in den Jahren 1907 bis 1927" sind im Verlage von Julius Springer erschienen und durch den Buchhandel zu beziehen. 49 S. im Format A4, Preis 5 RM.

2. 3 Wandtafeln Formelzeichen und 2 Wandtafeln Einheitszeichen auf Steifpapier im Format A1: 59,4 × 84,1 cm² und mit Ösen zum Aufhängen, Sie sind zu beziehen von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, zum Preise von je 35 Pf. Für Verpackung und Versand sind für 1 bis 5 Tafeln 55 Pf beizufügen.

3. Taschenheftchen, 15 S. im Format A 6. Es enthält allgemeine Angaben über den AEF, alle Zeichenlisten und 4 Sätze (ohne Erläuterungen). Es ist ebenfalls von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins zu beziehen. Preis (Versand inbegriffen) 1 Stück 25 Pf, 2 Stück 40 Pf, 3 Stück 50 Pf, 4 und mehr Stück 15 Pf das Stück.

4. Die meisten Listen und Sätze des AEF sind auch in Form von Normblättern erschienen. Diese sind zu beziehen vom Beuth-Verlag G. m. b. H. in Berlin SW 19.

Strecker.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft zu Frankfurt a. M. 5. II. 1930, abds. 8 h, Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Str. 47: Lichtbildervortrag Dr.-Ing. L. Bloch, „Neue Wege der Beleuchtungsart".

Schleswig-Holstein. Elektrotechn. Verein, Kiel. 7. II. 1930, Physikal. Inst. d. Universität: Vortrag Oberingenieur Becker, „El. Schwachstromanlagen und ihre Wirtschaftlichkeit".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Köln. 8. II. 1930, abds. 8h, Gesellschaftsabend im Festsaal der Gesellschaft Erholung, Marienplatz 4.

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein, Königsberg. 3. II. 1930, abds. 8 h, Hörsaal des Physikal. Inst. d. Universität, Steindamm 6: Vortrag Obering. Molly, „Unvorschriftsmäßiges Installationsmaterial und unvorschriftsmäßige el. Handgeräte".

Digitized by Google

Deutsche Gesellschaft für techn. Physik, Berlin. 31. 1. 1930: Geselliger Abend. a) 6 bis 8 h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. d. T. H.: Physikalische Demonstrationen: Lichtbildervortrag E. Sorge, „Die deutsche Grönland-Expedition von 1929 unter Führung von A. Wegener". b)) 8 h: Abendessen im Landwehr-Kasino, Charlottenburg, Jebensstr. 2.

PERSÖNLICHES.

S. Z. de Ferranti †. — Am 13. I. starb Dr. Sebastian Ziani de Ferranti, dessen Leben in seiner ersten Hälfte der praktischen, konstruktiven Förderung der Elektrotechnik, in seiner zweiten Hälfte außerdem dem Gedanken einer großzügigen Elektrowirtschaft gewidmet war. Am 9. IV. 1864 in Liverpool geboren, besuchte er Schulen in Hampstead und Ramsgate und studierte am University College in London. Schicksalschläge zwangen ihn, mit 17 Jahren das Studieren zu unterbrechen und eine Stellung bei Siemens Brothers in Charlton anzunehmen, wo er schon 1882 ein erstes Patent auf den nach ihm benannten Wechselstromgenerator mit Zickzackwicklung anmelden konnte. Als Chefingenieur der London Electric Corp. entwarf Ferranti den Plan zur Errichtung des Deptford-Kraftwerkes, dessen Bau 1888 begann. Er hatte das Kraftwerk für anfänglich 13 000, später 65 000 PS bei 10 kV ausgelegt, die ersten Maschinen sollten 2000 PS, spätere 10 000 PS leisten; der hemmende Einfluß des Electric Lighting Act von 1888 ließ indessen seine Pläne nicht voll zur Ausführung kommen. Schon 1883 hatte Ferranti die Firma S. Z. de Ferranti & Co. gegründet; 1892 gab er seine Stellung auf und widmete sich ausschließlich seinen eigenen Werken, die z. B. 2000 PS-Generatoren (10 kV) für Deptford lieferten und u. a. auch elektrolytische Überspannungsableiter und den Ferranti-Queckslberzähler nach Plänen ihres Begründers herstellten.

In späteren Jahren rief Ferranti weit vorausschauend zur Schonung der Kohlenvorräte durch bessere Energiewirtschaft auf und schlug die Errichtung einer beschränkten Zahl großer Kraftwerke vor. Er arbeitete einen eingehenden Plan aus und forderte die Verwendung der Elektrizität auch für Bahnbetrieb, Heizung und Haushaltszwecke. Obwohl er damals (etwa 1910) noch wenig Verständnis fand, sollte er doch noch durch den heute eifrig betriebenen Ausbau des „national electric scheme" die Bestätigung der Richtigkeit seiner Ansichten erleben. An äußeren Ehrungen hat es Ferranti nicht gefehlt. Er war 1910/11 Präsident der Institution of Electrical Engineers, wurde Ehrendoktor von Manchester, erhielt 1924 die Faraday-Medaille und 1925 die Ehrenmitgliedschaft der Institution.

J. G. Bellaar Spruyt †. — Der um die Förderung der Elektrizitätsversorgung verdiente Vorsitzende der Vereeniging van Directeuren van Electriciteitsbedrijven in Nederland, J. G. Bellaar Spruyt, ist am 13. XII. 1929 nach langem Leiden gestorben.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Der gegenwärtige Stand der Blitzschutzfrage.

Zu meinem in ETZ 1929, S. 1469 abgedruckten Vortrag über dieses Thema habe ich von Herrn ED. BECK, Spezialingenieur für Blitzschutzfragen bei der Westinghouse Electric & Mfg. Co., eine zustimmende Äußerung erhalten, die ich gemäß dem Wunsche des Absenders gern dem Leserkreis der ETZ zur Kenntnis gebe. Es freut mich sehr, daraus zu ersehen, daß die umfangreichen Forschungsarbeiten der Westinghouse Co. im allgemeinen zu den gleichen Ergebnissen führen.

Auch die schweizerischen Arbeiten, über welche demnächst im Bull. SEV berichtet werden wird, haben praktisch dieselben Schlußfolgerungen ergeben.

Berlin, 13. I. 1930. A. Matthias.

Der Brief des Herrn Ed. Beck lautet:

Herrn Professor A. Matthias,
Techn. Hochschule Charlottenburg
bei Berlin, Germany.

Sehr geehrter Herr Professor!

Im Frühjahr 1928 habe ich die Ehre und das Vergnügen gehabt, mit Ihnen über die Blitzschutzfrage zu sprechen, insbesondere das Studium der Blitzstörungen in Leitungen betreffend. Ihr Vortrag, „Der gegenwärtige Stand der Blitzschutzfrage", erschienen in der ETZ 1929, S. 1469, ist mir und anderen Ingenieuren der Westinghouse Company von großem Interesse, besonders weil Ihr Vortrag in sehr klarer Weise Schlußfolgerungen zieht, die mit unseren im allgemeinen übereinstimmen.

Seit einigen Jahren betreiben wir emsig die Blitzforschung. Theoretische Betrachtungen und die Ergebnisse der Klydonographen und Kathodenstrahloszillographen haben uns überzeugt, daß gefährliche Überspannungen in Hochspannungsleitungen nur durch Blitzschläge in die Leitung entstehen, und daß indirekte Einwirkungen keine Rolle als Störungsquelle spielen, höchstens in Leitungen von mäßiger Spannung. Wie Sie sagen, geht die Entladung einer Gewitterwolke so langsam vor sich, daß es nicht wahrscheinlich ist, daß durch die Feldänderung, die durch einen Blitzschlag hervorgerufen wird, sehr hohe Spannungen induziert werden. Die Blitzschläge, welche die Leitung treffen, sind natürlich von verschiedener Heftigkeit und bei weitem nicht alle unzähmbar. Im Gegenteil, obwohl man früher dachte, daß es unmöglich ist, eine Leitung oder Apparate gegen direkte Einschläge in die Leitung zu schützen, finden wir durch unsere Blitzforschungen, daß die gebräuchlichen Schutzapparate, zum Beispiel Blitzventile, zum größten Teil gegen Überspannungen, die aus Schlägen in die Leitungen hervorgehen, gewirkt haben. Wir sind jedoch der Meinung, daß eine Leitung niedriger Spannung durch indirekte Einwirkung gefährdet werden kann.

Die bisherigen Resultate unserer Forschungen mittels des Kathodenstrahloszillographen geben an, daß die Wellenköpfe der Blitzstörungen nicht so steil sind, wie man früher erwartete. Wellenköpfe von 2 bis 10 µs und Wellenlängen von 10 bis über 75 µs sind gemessen. Es scheint, daß Wellen, die hohe Spannung haben, auch lange dauern, woraus auch hervorgeht, daß diese hohen Wellen von direkten Einschlägen herstammen und nicht induziert sind.

Daß Isolatorenüberschläge von Blitzschlägen auf Eisenmaste, die nicht gut geerdet sind, entstehen, haben wir auch beobachtet. Ein typischer Fall, in dem mehrere Isolatorenketten an demselben Mast überschlugen, zeigte an der Mastspitze und der oberen Seite des Erdseils Narben, die vom Blitzschlag hinterlassen waren. Um solche Überschläge zu verhüten und um im allgemeinen den Schutzwert des Erdseils möglichst auszunutzen, ist es notwendig, daß die Erdwiderstände der Masten gering seien. Wenn wir das Verhalten verschiedener Leitungen mit Erdseilen betrachten, finden wir, daß die Leitungen, deren Masterdwiderstände hoch sind, viel mehr von Isolatorenüberschlägen leiden als die, deren Erdwiderstände gering sind.

Hinsichtlich der Installierung von Blitzschutzapparaten in der Station ist es unsere Ansicht, daß sie so nahe wie möglich bei den Transformatoren angebracht werden sollen. Oftmals ist der Transformator selbst, wegen Reflektierungen, eine Quelle von gefährlichen Überspannungen, und darum ist es empfehlenswert, die Ableiter möglichst nahe zu installieren. Wir sind der Meinung, daß andere Apparate, z. B. Schalter, die dann zwischen der Leitung und dem Blitzschutz liegen, gegen Beschädigung durch die antreffende Welle geschützt sind wegen der Überschlagverzögerung der Isolation und weil die Wellenköpfe nicht schroff ansteigen. Darum ist es in den V. S. Amerika die Praxis, die Ableiter in die Nähe der Transformatoren zu legen.

Ich nehme mir die Freiheit, Ihnen zu schreiben, weil es uns von großem Interesse ist, daß zwei Forschungen, von zwei gänzlich verschiedenen Gesellschaften in weit getrennten Ländern betrieben, zu Schlußfolgerungen führen, die im großen und ganzen übereinstimmen, und weil ein Austausch von Meinungen vielleicht gegenseitig von Nutzen ist.

Ich möchte Sie bitten, diesen Brief der ETZ zu überreichen als nachträgliche Besprechung Ihres Vortrages.

Als ich Sie in Berlin besuchte, fingen wir gerade an, Oszillographen der Norindertype zu konstruieren, zum Gebrauch im Studium von Blitzwirkungen auf elektrische Leitungen im Feld. Diese fünf Oszillographen, die im Gebrauch sind, haben viel und Interessantes geleistet. Die bisherigen Resultate werden im Januar 1930 in dem Kongreß des Am. Inst. El. Engs. bekanntgegeben.

Mit verbindlichem Gruß und den besten Wünschen für das Neue Jahr bin ich Ihr ergebener

Edward Beck
Lightning Arrester Engineer,
Westinghouse Electric & Mfg. Co.

Pittsburg (V. S. Amerika), 16. XII. 1929.

Digitized by Google

LITERATUR.

Besprechungen.

Undersökningar angaende elektrisk ensilering. Von H. Edholm u. H. Edin. Mit 1 Zusammenfass. in deutscher Sprache, mehreren Abb. u. 145 S. in gr. 8°. Tekniska meddelanden fran kungl. Vattenfallsstyrelsen, Ser. E, Nr. 15, v. 15. IV. 1928.) Stockholm.

Ausgehend von der Wahrnehmung, daß die amerikanische Futtersilierung selten ganz zuverlässige Ergebnisse gibt, wird die Frage der Elfu-Silierung als aktuell bezeichnet und als Anstoß, um neue Methoden der Silierung zu finden. Bei der Elfu-Methode ist die Hauptaufgabe, die Temperatur des Futters in möglichst kurzer Zeit auf etwa 50° zu bringen. Die schwedische Landwirtschaft hat ebenso wie die deutsche das größte Interesse daran, die verschiedenen Methoden zu prüfen. Immerhin ist dies eine schwierige Arbeit, die je nach dem Standpunkt der beteiligten Persönlichkeiten verschieden ausfallen wird. Die Verfasser haben u. a. angegeben, daß die Elfu-Grubenmethode weder technisch noch ökonomisch eine zufriedenstellende Lösung darstelle. Dagegen kann die Elektrowärme in den gewöhnlichen Silos überall — auch in der amerikanischen Ausführung — angewandt und nach Ausführung der Verfasser von Bedeutung werden, wenn es gilt, das Futter unter ungünstigen Verhältnissen zu konservieren und somit zur Entwicklung und Förderung der Allgemeinheit beizutragen; darin liegt ohne Zweifel ein gewisses Zugeständnis zugunsten der Elfumethode.

Wenn auch bis heute ein wesentlicher Fortschritt in der Elektrofutterkonservierung nicht verzeichnet werden kann, so geht doch heute die Ansicht dahin, daß von allen Futterkonservierungsverfahren das Elfuverfahren dasjenige ist, welches wirklich bei ungünstigen Witterungsverhältnissen noch die besten Resultate erzielt hat. Ungünstige Witterungsverhältnisse haben wir aber in den letzten Jahren fast ständig gehabt. Für die Entwicklung des Elektrofutterverfahrens wird das Buch wohl kaum eine wesentliche Rolle spielen; es ist möglich, daß es dagegen für einzelne Wissenschaftler von Wert ist.

Osten.

Chemisch-technisches Taschenlexikon. Von Dr. techn. G. Schluck. Mit 224 S. in kl. 8°. Tagblatt-Bibliothek, Steyrermühl-Verlag, Wien I, 1928. Preis geh. 2 S.

Für einen vorbildlich niedrigen Preis wird ein recht brauchbares Nachschlagebüchlein geboten, das auch dem Elektrotechniker auf allerlei chemische Fragen eine brauchbare kurze Auskunft gibt, z. B. auf die Fragen: Was ist Glimmer, wie wird Kautschuck vulkanisiert? Hie und da finden sich kleine Fehler, z. B. daß auf S. 96 die Zusammensetzung der Luft zu 23,1 % Sauerstoff und 75,5 % Stickstoff angegeben ist, während in Wirklichkeit der Sauerstoffgehalt der Luft unter den verschiedensten Umständen nur sehr wenig von 21 % abweicht.

K. Arndt.

Einführung in die Wellenmechanik. Von Prof. Dr. J. Frenkel. Mit 10 Abb., VIII und 317 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 26 RM, geb. 27,60 RM.

Das Buch bringt eine recht vollständige Einführung in die Probleme der Wellenmechanik. Dabei werden Fragen behandelt, die auch beim heutigen Stande der Theorie von Interesse sind, wie der Zusammenhang der Diracschen Gleichungen mit den (erweiterten) Gleichungen der klassischen Elektrodynamik oder die durch das Pauli-Verbot bedingten Symmetrie- und Gruppeneigenschaften der Wellenfunktionen komplizierterer Systeme. Die Darstellung ist überall eigenartig und fesselnd, wenn auch nicht immer ganz leicht. Der mathematische Apparat ist auf ein Minimum beschränkt, so daß die großen Zusammenhänge nicht im Rechenformalismus ersticken. Diese Zusammenhänge sucht der Verfasser immer im Auge zu behalten, insbesondere gibt er jeder Gleichung sowohl eine wellen- als auch eine korpuskulartheoretische Deutung. Die Rolle des Wahrscheinlichkeitsbegriffs in der Theorie wird ausführlich erörtert; doch ist der Verfasser mit der Born-Jordanschen Auffassung nicht ganz einverstanden und wünscht den Wahrscheinlichkeitswellen eine mehr als formale (etwa eine „feldmäßige") Bedeutung zuzuschreiben.

Im ersten Abschnitt werden die Grundvorstellungen der Theorie und ihre Entwicklung skizziert und insbesondere die heuristische Bedeutung der Relativitätstheorie (de Broglie) erörtert. Der zweite Abschnitt behandelt die Grundgleichungen: Schrödingersche und Diracsche Gleichungen, Zusammenhang mit der Elektrodynamik, Kreiselelektron, Fragen der Interpretation. Im dritten werden die Terme in den Vordergrund gestellt. Er enthält: Entartung, Störungstheorie, Lichtausstrahlung und die Mehrelektronensysteme (Pauli-Verbot und Symmetrien). Dabei wird vom Matrizenkalkül und von gruppentheoretischen Gesichtspunkten Gebrauch gemacht. Im letzten Abschnitt werden spezielle Probleme rechnerisch behandelt, unter anderem die Heitler-Londonsche Theorie der homöopolaren und heteropolaren Bindungen. Leider enthält das Buch eine Reihe von Druck- und Rechenfehlern, die besonders im zweiten Abschnitt recht störend wirken. Seinem Inhalt nach möchten wir dieses Buch eines russischen Physikers als eine der besten Darstellungen der modernen Quantenmechanik ansehen.

H. Reichenbach.

Atti del Congresso Internazionale dei Fisici. 11. ... 20. IX. 1927 in Como, Pavia u. Rom. (Onoranze ad Alessandro Volta nel primo centenario della morte.) Bd. 2. Mit 650 S. in 8°. Verlag Nicola Zanichelli. Bologna 1928. Preis geh. 90 Lire.

Über den Internationalen Physikerkongreß, der anläßlich des 100. Todestages von Volta in Como stattfand, wurde in dieser Zeitschrift bereits berichtet[1]. Über die Verhandlungen des Kongresses liegt jetzt der zweite abschließende Band vor. Er enthält die Vorträge der drei letzten Verhandlungstage zur Elektrizitätslehre, physikalischen Optik und Struktur von Materie und Strahlung sowie die Berichte über die Schlußsitzungen in Pavia und Campidoglio. Es sollen hier nur die Vorträge des vierten Tages zur Elektrizitätslehre angeführt werden. H. A. Lorentz sprach über die Rotation eines Elektrons, das um einen Kern kreist, M. Planck über die Potentialdifferenz verdünnter Lösungen, O. M. Corbino über die Elektronentheorie des Voltaeffekts, J. Frenkel über neuere Entwickelungen der Elektronentheorie der Metalle, E. Grüneisen über Elektrizitäts- und Wärmeleitung von Metallen in tiefer Temperatur, M. Cantone über den Magnetismus des Nickels, F. Ehrenhaft zur Physik submikroskopischer Materie, E. H. Hall über eine moderne Interpretation von Voltas Theorie des Voltaeffekts, E. Perucca über Reibungselektrizität und Voltaeffekt, P. Lasareff über eine photoelektrische Theorie der Gesichtsempfindung, L. Amaduzzi über neue photoelektrische Untersuchungen und P. W. Bridgman über die elektrischen Eigenschaften von Metall-Einkristallen. Auch die folgenden Tage brachten noch manche interessanten Vorträge, die das Gebiet der Elektrizitätslehre berühren, so einen Vortrag von A. Sommerfeld über die Elektronentheorie der Metalle und des Voltaeffekts und von P. Debye über elektrische Momente. Besonderes aktuelles Interesse beanspruchen aber die Vorträge des letzten Tages, die sich mit der letzten Entwicklung der Quantenmechanik und Atomtheorie befaßten, und die in einem zusammenfassenden Vortrag von N. Bohr gipfelten, an den sich eine ausgedehnte Diskussion anschloß. Der Kongreß hat in augenfälliger Weise den Wert persönlicher Fühlungnahme zwischen den Physikern aller Länder gezeigt. Er schloß daher folgerichtig mit dem Antrage, daß diese internationale Tagung nicht ein vereinzeltes Ereignis bleiben möge, sondern daß ihm weitere internationale Physikertagungen in regelmäßigen Abständen folgen möchten.

Bauer.

Der Vorrichtungsbau. II. Bearbeitungsbeispiele mit Reihen planmäßig konstruierter Vorrichtungen. Typische Einzelvorrichtungen. (H. 35 der Werkstattbücher von E. Simon.) Mit 124 Fig. i. Text u. 52 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis kart. 2 RM.

Auch hier wird wie in Heft I[2] vom Allgemeinen, von den Gemeinvorrichtungen ausgegangen, worunter diejenigen für allgemeinen Gebrauch bestimmten zu verstehen sind, die mit den Maschinen mitbezogen werden können, wie Futter, Schraubstöcke usw. Erst dann bringt der Verfasser vollständige Bearbeitungsbeispiele mit Vorrichtungen für häufiger vorkommende Teile wie Motorkolben, Riemenscheiben usw., weiter Beispiele für Spannvorrichtungen für die verschiedensten Bearbeitungen und Arbeitsverrichtungen für Werkzeuge und Werkstücke. Die Beispiele sind aber nicht etwa so zu verstehen, daß der, eine Vorrichtung für einen bestimmten Zweck brauchende Leser sich diese einfach nur aus dem Heft heraussuchen soll; die Beispiele sollen vielmehr dem Benutzer des Heftes beim

[1] ETZ 1927, S. 1185.
[2] ETZ 1928, S. 1063.

Digitized by Google

Entwerfen einer neuen Vorrichtung Anregung und Anleitung geben, wie er beim Entwurf vorzugehen hat. Sehr wertvolle Fingerzeige gibt hierzu der letzte, etwa ein Viertel des ganzen Heftes ausfüllende Abschnitt, in dem Fehler und ihre Ursachen durch Gegenüberstellung von Beispiel und Gegenbeispiel kritisch behandelt werden. Man kann nach dem Studium dieses Heftes wohl sagen, daß es vollauf die Erwartungen erfüllt, die beim Lesen des ersten Heftes erweckt werden. Witt.

Das Holz. Gemeinfaßl. Darstellung seiner Erzeugung, Gewinnung u. Verwendung. Herausg. i. Auftrage d. Vereins dt. Ingenieure in Gemeinschaft m. d. Dt. Forstverein v. Dr. J. A. v. Monroy. Mit 288 Abb. u. 20 Taf., XII u. 318 S. in gr. 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis geb. 19.50 RM, f. VDI-Mitgl. 17.50 RM.

Der Abschnitt „Die Gewinnung des Holzes" bringt zum ersten Male eine vollständige Übersicht über die in Deutschland benutzten Werkzeuge und Maschinen. Wir lernen auch den Stand der Elektrizitätsanwendung und die gegenwärtigen Grenzen ihrer Ausgestaltung kennen. Traktoren, Seilbahnen und Waldbahnen werden gewürdigt. Der Abschnitt „Holzschutz" läßt nochmals den Satz auf S. 89 unterstreichen, daß man doch der Holzkonservierung im allgemeinen Bauwesen mehr Beachtung schenken möge als bisher. Sehr gut behandelt ist die Übersicht und Beschreibung der bewährten Konstruktionen von Holzbearbeitungsmaschinen. Die Abschnitte „Grubenbau", „Mastenbau und „Eisenbahnoberbau" haben den besonderen Wert des Holzes in sehr sachlicher Weise für diese Gebiete der Technik hervor. „Das Holz im Fahrzeugbau" trifft ein Gebiet, auf dem gegenwärtig auch wieder einmal alles im Fluß ist. Wir sehen aber, daß auch hier die Tage des Holzes noch keineswegs gezählt sind. Die „Verpackung", die durch verschiedene Beispiele aus der Elektroindustrie wirkungsvoll erläutert wird, hat in dem Herausgeber, Dr. v. Monroy, einen guten Bearbeiter gefunden. Als Ganzes betrachtet kann man nur seine Freude darüber ausdrücken, daß es dem Verein Deutscher Ingenieure geglückt ist, ein derartig fein durchgeführtes Werk herauszubringen. Fr. Moll.

Eingegangene Doktordissertationen.

Kurt Kettler, Der Öltriebwagen mit mechanischer Kraftübertragung, seine Wirtschaftlichkeit im allgemeinen sowie seine Anwendbarkeit durch einen Neuentwurf für Gebirgsbahnstrecken. T. H. Hannover 1928.

Willi Krug, Die Verwendung des Kathodenstrahl-Oszillographen zur Aufnahme raschest verlaufender Vorgänge. T. H. Dresden 1929.

Max Fink, Neue Ergebnisse auf dem Gebiet der Verschleißforschung. T. H. Berlin 1929. (Sonderabdruck aus „Organ Fortschr. Eisenbahnwes.", H. 20, 1929.)

Werner Kennes, Der Berliner Zukunftsverkehr. Eine Untersuch. über seine Größe u. ein Vorschlag z. Bewältigung unter bes. Berücks. d. Eisenbahn-Personenverkehrs. T. H. Berlin 1929.

Kurt Radler, Eignungsprüfung von Acetylenschweißern nebst technologischer Erfolgskontrolle. T. H. Berlin 1929. (Sonderdruck aus „Industrielle Psychotechnik", 6. Jahrg., H. 6, 1929.)

Doktordissertationen.

Günther Krawinkel, Zur Theorie des Kunstkabels und des homogenen Kabels mit konzentrierten Induktivitäten. T. H. Berlin 1929.

Wilhelm Maevert, Kritische Erörterung der Verwendung von Stangen- und Kettenschrämmaschinen im Steinkohlenbergbau. T. H. Berlin 1929.

Neue Zeitschriften.

Das Kraftwerk. Herausgegeben von der Allgemeinen Elektricitätsgesellschaft. Berlin 1930. Heft 1.

[Um die große bei der Projektierung von Elektrizitätswerken auf die verschiedenen Varianten der Lösung verwandte Arbeit nicht verloren gehen zu lassen, sammelt die AEG jetzt das Material und wird es in einer den AEG-Mitteilungen gelegentlich beigehefteten Anlage „Das Kraftwerk" veröffentlichen. Wie der Inhalt des vorliegenden 1. Heftes erkennen läßt, enthält diese Beilage nicht nur Abhandlungen über Kraftwerke, sondern es werden dort auch mit dem Kraftwerksbau und -betrieb zusammenhängende Neuerungen besprochen. Die Neuerscheinung ist im Interesse des allgemeinen Fortschritts und der dringend notwendigen Gemeinschaftsarbeit zu begrüßen.] *y*

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Metallpreise im 4. Vierteljahr 1929[1]. — Im Zusammenhang mit dem Konsumrückgang haben die Metallpreise auch im 4. Vierteljahr 1929 durchweg Abschwächungen erfahren. Überblickt man die Bewegung der Hauptmetallpreise im vergangenen Jahr, so zeigt sich die allgemeine Erscheinung, daß die höchsten Preise im März (lediglich bei Zinn im Februar) erreicht wurden, während der Dezember die niedrigsten Kurse aufweist. Eine Gegenüberstellung der amtlichen Londoner Monatsdurchschnittspreise in £/ton für 1929 liefert das folgende Bild:

Monat	Kupfer	Blei	Zink	Zinn
Jahresdurchschnitt 1928	63. 14. 9 8/17	21. 1. 2 3/16	25. 5. 8 3/22	227. 4. 8 6/13
1929				
Januar ..	75. 11. 11 19/22	22. 2. 2 13/20	26. 3. 11 1/22	222. 16. 3.
Februar ..	78. 5. 10 1/8	23. 2. 6 3/4	26. 4. 11 1/4	223. 4. 8 1/4
März	89. 4. 4 1/8	25. 8. 2 1/4	27. 1. 0.	220. 17. 4 1/2
April	81. 2. 7 11/14	24. 15. 7 6/7	26. 15. 2 1/7	206. 19. 7 5/7
Mai	75. 2. 6.	23. 18. 11 8/11	26. 14. 6 6/11	197. 12. 8 8/11
Juni.....	74. 7. 9.	23. 13. 10 1/2	26. 4. 3 3/4	200. 5. 9 3/4
Juli	72. 3. 11 13/16	22. 16. 2 8/23	25. 6. 7 13/23	209. 11. 6 6/23
August ..	73. 16. 8 5/7	23. 3. 8 2/7	24. 17. 11.	209. 17. 11 5/7
Sept.	75. 6. 9 11/14	23. 11. 1 4/7	24. 4. 2.	204. 18. 9.
Oktober..	72. 17. 2 17/23	23. 4. 6 3/23	22. 18. 6 9/23	190. 17. 7 7/23
Nov.	69. 8. 4 5/14	21. 12. 5 2/7	20. 17. 0 2/7	180. 13. 7 4/7
Dez.....	68. 7. 3 3/8	21. 9. 5 1/4	20. 1. 5 1/4	179. 10. 2 1/4

Vergleicht man die im Dezember 1929 erreichten niedrigsten Monatsdurchschnittspreise mit den Jahresdurchschnittspreisen von 1928, so ergibt sich, daß der Kupfer- und Bleipreis einen Kursgewinn behaupten konnten, während bei Zink und Zinn der Durchschnittspreis des Vorjahres wesentlich unterschritten wurde. Auf die Rolle der Kartellmaßnahmen bzw. der Stützungspläne durch Kartellbildung ist in den verschiedenen Vierteljahresberichten wiederholt hingewiesen worden. Die Ziehung einer Jahrespreisbilanz zeigt von neuem die Wirkungen dieser Gedankengänge. Das festgefügte Kupferkartell hat den Preis nach dem Preiszusammenbruch im April 1929 am wirksamsten stützen können, der offizielle Kartellpreis konnte unverändert auf 18.30 cts/lb gehalten werden, u. zw. trotz der in den vorstehenden Londoner Kupfernotierungen zum Ausdruck kommenden Schwäche des Marktes. Wenn auch ein Bleikartell trotz der wiederholten Bemühungen im Jahr 1929 nicht zustande kam, so bewirkten doch die im August getroffenen Vereinbarungen einer Reihe großer Produzenten in Australien, Indien, Nordamerika und Mexiko über Verkaufsorganisation am europäischen Markt eine gewisse Stabilisierung. Freilich konnte ein Rückgang der Bleipreise im letzten Vierteljahr 1929 nicht aufgehalten werden; der Erfolg der Bemühungen geht jedoch aus der Ende September erfolgten Verschiebung des Verhältnisses zwischen Blei- und Zinkpreis hervor. Seit dieser Zeit liegt der Bleipreis über dem Zinkpreise. Die Auflösung des Zinkkartells zu Ende des Jahres 1929 findet ihren Ausdruck in dem besonders starken Abgleiten des Preises für dieses Metall. Die Reaktion auf das Hinauftreiben des Zinnkurses durch immer wiederkehrende Mitteilungen über Preisregulierung durch Kartellbildung spiegelt sich in dem ebenfalls beträchtlichen Fallen dieser Notierung wider. Die Einzelbewegungen im 4. Vierteljahr 1929 ersieht man aus Abb. 1. Die deutsche Preisindexziffer stellte sich folgendermaßen:

Preisindexziffer der Metallwirtschaft.

1909/13 = 100 Gesamtindexziffer	30. X. 121.5	27. XI. 119.6	27. XII. 119.0
Kupfer	127,3	127,3	127,2
Blei	145,3	132,8	134,4
Zink	88,3	84,2	82,1
Zinn	99,8	100,6	95,9
Aluminium	132,0	132,0	132,0
Nickel	107,7	107,7	107,7
Antimon	95,7	101,6	97,2

Die Weltproduktion von Kupfer hat sich in den beiden Monaten des 4. Vierteljahres 1929, für die Ziffern des American Bureau of Metal Statistics vorliegen, ungefähr auf dem Stande der Vormonate gehalten. Sie betrug im Oktober rd. 175 500 tons und im November rd. 170 600 tons, im Tagesdurchschnitt also rd. 5700 tons. Diese Tagesleistung liegt rd. 200 tons unter der Durchschnittsgewinnung in den ersten elf Monaten von 1929 und rd. 500 tons über den Durchschnitt des Jahres 1928. Die Raffinadekupfervorräte in Nord- und

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1644.

Digitized by Google

Südamerika erfuhren im November im Zusamenhang mit dem starken Rückgang des Absatzes nach dem Inland sowohl als auch nach dem Ausland eine erhebliche Zunahme. Am 1. XII. waren die ausgewiesenen Raffinadekupfervorräte mit rd. 126 900 tons etwa doppelt so groß wie anfangs 1929, als sie 65 466 tons betrugen. Die gesamten Kupfervorräte in Großbritannien (Raffinade- und anderes Kupfer) haben seit dem 1. IX. (rd. 10 900 tons) ständig abgenommen und umfaßten am Jahresschluß nur noch rd. 6500 tons. — Die Zinkgewinnung der Welt stellte sich im Oktober auf rd. 135 900 tons und im November auf rd. 130 900 tons; damit hielt sich die Tagesdurchschnittsgewinnung ungefähr auf dem Stande des 3. Vierteljahres bzw. des Durchschnitts für die ersten elf Monate 1929 (rd. 4400 tons); 1928 hatte die Tagesproduktion rd. 4300 tons betragen. Die Zinkvorräte in den V. S. Amerika erreichten am 1. XII. 1929 mit rd. 63 100 tons

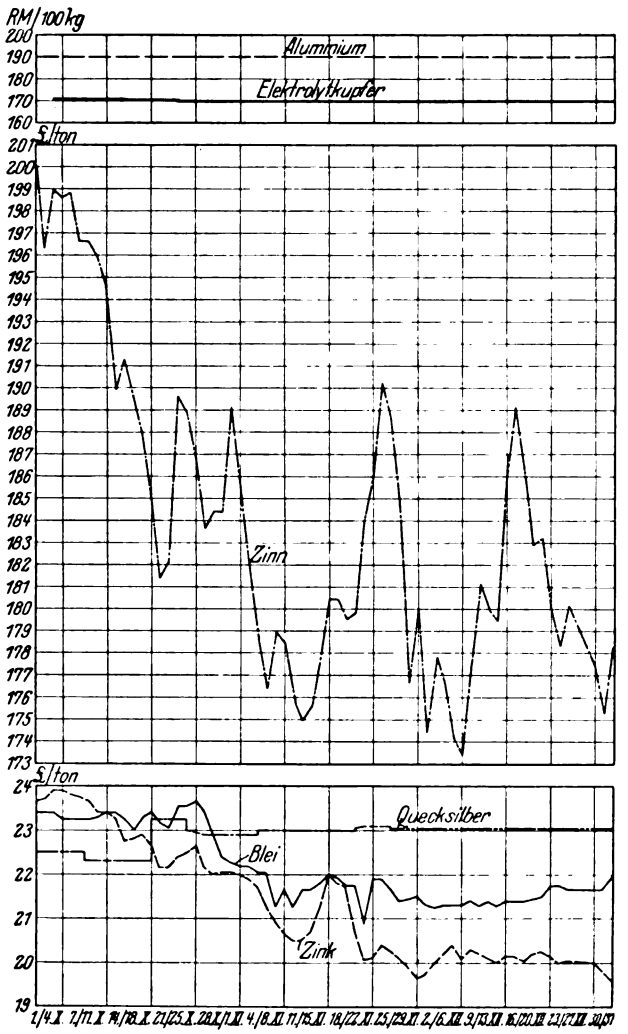


Abb. 1. Metallpreise im 4. Vierteljahr 1929.
Aluminium: 98/99 %, Blöcke und Barren — Elektrolytkupfer: Delnotiz Berlin — Zinn: per Kasse — Zink: nahe Sichten — Blei: nahe Sichten — Quecksilber: in £/Flasche zu 70/80 lbs.

einen Höchststand; am Jahresbeginn wurden sie zu rd. 45 400 tons angegeben. Die gleiche Entwicklung ist bei den Vorräten in Großbritannien festzustellen; hier stiegen diese von rd. 2000 tons am 1. I. auf rd. 4000 tons am 1. XII. — Die Weltbleierzeugung ist in den Monaten Oktober und November mit rd. 170 300 bzw. 163 400 tons gewachsen. Als Tagesdurchschnitt sind im Oktober rd. 5500 tons und im November rd. 5400 tons gewonnen worden gegen rd. 5300 im 2. Vierteljahr 1929, rd. 5300 in den ersten elf Monaten von 1929 und rd. 5000 tons im Durchschnitt des Jahres 1928. Im Gegensatz hierzu zeigen die Vorräte an raffiniertem Blei in den V. S. Amerika und Mexiko einen Rückgang von rd. 72 600 tons am 1. X. auf rd. 68 000 tons am 1. XII. — Die Zinnablieferungen betrugen nach Ricard u. Freiwald im Jahr 1929 rd. 141 071 tons, davon im Oktober rd. 10 868, im November rd. 12 200 und im Dezember rd. 10 900 tons. Die sichtbare Zinnversorgung stellte sich am Ende des abgelaufenen Jahres auf rd. 27 700 tons gegen 23 700 tons am 31. XII. 1928. *Hg.*

Die deutsche Elektroindustrie im 4. Vierteljahr 1929[1]. — Nach dem Bericht der Industrie- und Handelskammer zu Berlin ist die für die Wintersaison erhoffte Geschäftsbelebung, soweit überhaupt, in viel geringerem als dem erwarteten Umfang eingetreten. Im ganzen war ein leichter Rückgang in der Beschäftigung zu verzeichnen. Der Grund liegt in der Unsicherheit der gesamten wirtschaftlichen Verhältnisse. Entscheidend war nach wie vor die kaum gebesserte Knappheit an Betriebsmitteln. Obgleich die milde Witterung die Fortsetzung der Bautätigkeit und damit das Installationsgeschäft sowie die Kabelverlegung in diesem Jahr in besonderem Maß begünstigte, erfolgte keineswegs ein entsprechender Eingang von Bestellungen auf das erforderliche elektrotechnische Material. Die Reichsbahn hielt mit Aufträgen weiter sehr zurück; daher war auf dem Gebiet der elektrischen Vollbahnen wie auch des elektrischen Eisenbahnsignal- und -sicherungswesen die Beschäftigung unbefriedigend. Etwas besser gestaltete sie sich für die Reichspost. Hier wurden die Abrufe für den Ausbau der Ämter und die Umwandlung in Selbstanschlußbetrieb in mäßigen Grenzen fortgesetzt. Sehr fühlbar waren die Auswirkungen der schlechten Finanzlage der Gemeinden. Obgleich bei zahlreichen Elektrizitätswerken und Straßenbahnbetrieben Erneuerungen und Erweiterungen dringend notwendig wären, war wegen der fehlenden Gelder der Eingang von Bestellungen von dieser Seite auf Maschinen, Kabel, Leitungen und Schaltmaterial nur schleppend und viel geringer, als es den tatsächlichen Bedürfnissen entsprochen hätte. Auch für Feuermelder, Polizeiruf- und Uhrenanlagen der Städte, so wünschenswert deren Anschaffung vielfach wäre, fehlte es an den nötigen Mitteln. Die Schwerindustrie hielt mit Bestellungen weiter zurück. Immerhin führte das Bestreben, den Abbau unter Tage durch elektrische Einrichtungen zu verbessern und wirtschaftlicher zu gestalten, zu Geschäftsabschlüssen auf Förderanlagen, Schrämmaschinen und Grubensignaleinrichtungen. Die i. a. noch keineswegs gebesserte Lage der Textilindustrie ließ, wenn auch in einzelnen ihrer Zweige der Rückgang zum Stillstand gekommen zu sein scheint, die Neigung zur Fortsetzung des elektrischen Ausbaues bisher noch nicht aufkommen. Ebenso blieb die Nachfrage aus anderen Industrien mit Rücksicht auf die finanziellen Schwierigkeiten verhältnismäßig gering. Das Rundfunkgeschäft hat sich in der neuen Saison bisher keineswegs in der erwarteten Weise belebt. Das Glühlampengeschäft war im allgemeinen unverändert, ebenso der Umsatz in elektromedizinischen Einrichtungen und Apparaten. Der Absatz nach dem Auslande gestaltete sich, wenn er auch auf Grund der bekannten Hemmungen an sich viel zu wünschen übrig ließ, im Berichtsvierteljahr in manchen Zweigen günstiger als der Inlandsumsatz. Hier wie dort waren aber die Preise infolge der großen Vorbelastung Deutschlands mit Löhnen, öffentlichen Abgaben und Zinsen äußerst gedrückt.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1539.

Berichtigung.

Die Überschrift des Referats „Carboloy — ein neuer Werkzeugstoff" (ETZ 1929, S. 1595) kann in Verbindung mit der Fußnote den Eindruck erwecken, als ob Carboloy und Widia zwei verschiedene Materialien seien. Demgegenüber sei darauf hingewiesen, daß Carboloy mit dem von der Firma Friedrich Krupp AG., Essen, seit 1927 hergestellten Metall Widia identisch ist.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 3: Wer baut Wechselstrommotoren für etwa 1 PS und 110 und 220 V mit veränderlicher Drehzahl?

Frage 4: Wer fertigt Taschenlampenhülsen mit Schalter an, der gegen unabsichtliche Betätigung gesichert ist.

Frage 5: Wer baut den Staubsauger „Elite"?

Abschluß des Heftes: 25. Januar 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrokarren in der Textilindustrie.

Mitteilung der AEG.

In den Werken der Textilindustrie sind in den meisten Fällen große Mengen auf den verschiedensten Wegen zu befördern, und es ist verständlich, daß man hier schon frühzeitig begann, sich moderner Förder-

Abb. 1. AEG-Elektrokarren EK 752 in einem Textilwerk.

mittel zu bedienen. Der Elektrokarren hat in verschiedenen Ausführungsformen Eingang gefunden, und zwar als Elektrokarren mit fester Plattform (Abb. 1) sowie auch als Elektrohubkarren mit Ladebank (Abb. 2). Über die Bewährung der Elektrokarren berichtet eine Jutespinnerei wie folgt:

Abb. 2. AEG-Elektrohubkarren EH 1504 mit Ladebank i. einem Textilwerk.

„Der AEG-Elektrokarren für 750 kg Tragkraft ist bisher ununterbrochen im Betriebe gewesen und nur während zweier Arbeitstage infolge Reparaturen ausgefallen. Der Karren hat seit seiner Inbetriebnahme bewiesen, daß er in der Lage ist, die Gesamtproduktion unseres Betriebes an sämtlichen Verkaufsgarnen, teilweise auch an denjenigen an Kreuzspulen für die Schlichterei zu bewältigen, so daß heute gegenüber früher drei Garnfahrer eingespart werden. Außerdem erledigte er bei der Umstellung der Vorbereitung infolge Einführung des Einkardenverfahrens den Abtransport aller Teile der abgebrochenen 17 Vorkarden, soweit ihr Transport mit dem Karren möglich war. Bei dieser Umstellung wurde gleichzeitig die teilweise Neupflasterung des Fußbodens der Vorbereitung erforderlich, wobei der Karren ebenfalls den Abtransport des Bauschuttes und die Anfuhr der neuen Bodenbelagsplatten besorgte. Diese letztgenannten Arbeiten leistete der Karren neben seinem täglichen Verwendungszweck, so daß man auch hier mindestens mit der Ersparnis von zwei weiteren Transportarbeitern rechnen kann. Kurz zusammengefaßt läßt sich sagen, daß sich der Karren schon innerhalb des ersten Dreiviertel-Jahres seit seiner Inbetriebnahme mehr als bezahlt gemacht hat.

Über die Organisation des Betriebes ist zu sagen, daß die Fahrer stets ein Fahrbuch bei sich führen. Dieses gibt im einzelnen Aufschluß über Tag und Arbeitszeit, Anzahl der Fahrten, Art des beförderten Gutes, Gewicht desselben und über den Ort, woher und wohin transportiert wurde. Gleichzeitig enthält es die Quittungen derjenigen Aufseher, die den Transport veranlassen. Das Fahrbuch wird im Spinnereikontor kurz vor Feierabend vorgelegt, wo der Schreiber, der die Löhnung besorgt, sofort die am Tage beför-

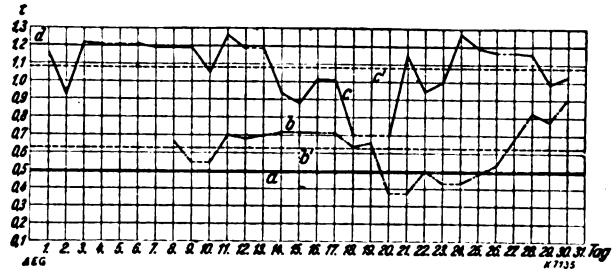


Abb. 3. Vergleichsdiagramm der Elektrokarren-Leistungen in einem Textilwerk.

a = Durchschnittsleistung im Handbetrieb.
b = Elektrokarren-Leistung im Monat Mai vor Einführung der Organisation des Förderwesens.
b' = mittlere Elektrokarren-Leistung im Monat Mai vor Einführung der Organisation des Förderwesens.
c = Elektrokarren-Leistung im Monat September nach Einführung der Organisation des Förderwesens.
c' = mittlere Elektrokarren-Leistung im Monat September nach Einführung der Organisation des Förderwesens.
d = Soll-Leistung beim Elektrokarren-Betrieb.

derte Gesamtkilogrammzahl feststellt. Vorn im Buche befindet sich eine Prämientabelle, die Aufschluß über den verdienten Lohn plus Prämien für die Fahrten gibt und ein psychologisches Moment darstellt. Es wird hierdurch auch erreicht, daß die Fahrer selbst aufpassen, ob und wo es etwas zu fahren gibt, und daß sie sich selbst überlegen, wie sie ihre Fahrten am günstigsten einrichten, damit sie einen möglichst hohen Tagesverdienst haben.

Zu dieser ersten Kontrolle durch das Fahrbuch kommt die zweite durch die Errechnung der sogenannten Nutzlasttonnen-Kilometerzahl, als Kontrolle des Karrens auf seine Wirtschaftlichkeit durch den Betriebsleiter. Hierzu wurde die überhaupt unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse zu erreichende höchste Nutzlasttonnen-Kilometerzahl errechnet und mit der tatsächlich erreichten verglichen.

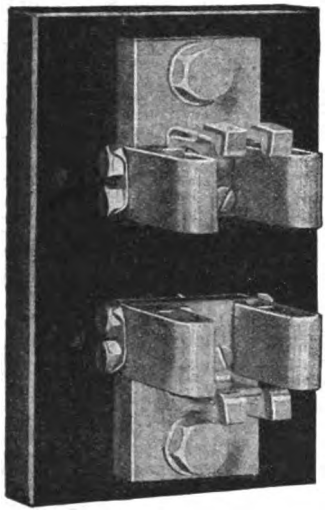
Der Aufbau des Prämiensystems erfolgte auf Grund der unter den örtlichen Verhältnissen zu erreichenden höchsten Umschlagszahl = 1,2 in Tonnen je Mann und Stunde."

Die Durchführung der Organisation und die Einführung des Prämiensystems haben die Leistung des Elektrokarrens ganz wesentlich gesteigert, wie das Diagramm (Abb. 3) erkennen läßt. Während die Leistung im Mai je Elektrokarren und Mann in einer Stunde im Durchschnitt 0,63 t betrug, ist diese im Monat September bereits auf 1,08 t gestiegen. Wesentlich war auch, daß die Betriebsleitung eine Soll-Leistung je Elektrokarren und Mann festgesetzt hatte, die, wie das Diagramm erkennen läßt, im September schon fast erreicht ist."

Digitized by Google

Eine wichtige Neuerung für Verteilungsstationen

ist die **geschlossene Griffsicherung**



Sockel mit Kontakten

Schmelzpatrone

Isoliergriff

Bis 400 Amp. 500 Volt.

Kein Abschaltfeuer,
daher auch bei gedrängtem Einbau in gekapselte Verteilungen **keine Überschläge!**

Wiederherstellung der durchgebrannten Patrone zur Hälfte des Anschaffungspreises.

Abnehmbarer Griff, daher bei Zusammenbau mehrerer Sicherungen in die Verteilung zum Auswechseln nur **ein Griff** erforderlich.

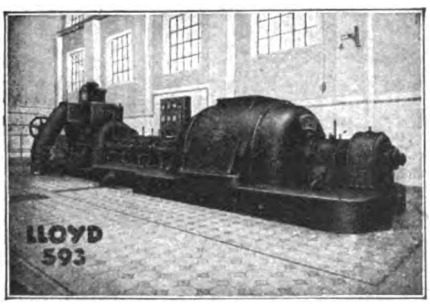
Kennvorrichtung, die das Durchbrennen des Schmelzeinsatzes anzeigt.

Kleine Abmessungen.

Fordern Sie Drucksachen von

VOIGT & HAEFFNER · AG
FRANKFURT a. M.

LLOYD



TURBOGENERATOR
2500 kVA, 550 Volt, 3000 U. p. M.

Turbogeneratoren
bis zu den größten Leistungen

LLOYD DYNAMOWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BREMEN,

Digitized by Google

Engineering Library
FEB 24 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Über die Vorausbestimmung der Kurzschlußströme in elektr. Starkstromnetzen. Von R. Rüdenberg. 193

Praktische Methode zur Berechnung des Dauerkurzschlußstroms einfach gespeister Netze. Von F. Ollendorff. 194

Über die Verwertung von Klärschlamm zur Elektrizitätserzeugung im rheinisch-westfälischen Industriegebiet. Von M. Prüß. 199

Der gegenwärtige Stand der Technik und der Betriebsorganisation des deutschen Flugfunkwesens. Von F. Eisner u. H. Faßbender. 201

Drei Vorträge über die deutsche Elektrowirtschaft. 206

Bau neuzeitlicher Großkraftwerke. Von A. Bannwarth. 209

Rundschau:

Westinghouse-Großtransform. 213
Selbsttät. Spannungsregler. 213
Mess. d. diel. Verluste v. Hochspannungskabeln. 214
Neue Anwend. d. el. Mikrometers. 214
Strahlungsmess. an Wolframlampen. 215
Aufnahmebehälter für Soffittenkabel. 215
Neue Triebwagen d. Elberfelder Bahnen. 216
Amerikan. Schrappertechnik. 216
Indukt. Zugbeeinfluss. u. bestehende Streckensignal-Einricht. 217
Die Signaleinricht. des Hoosac-Tunnels. 217
Formeln f. Zylinderkapazitäten. 218
Ein Verfahren, v. Kappenisolat. zu Untersuchungszwecken die Eisenkappen zu entfernen. 218
Beförder. v. Transformat. auf Eisenbahnen. 219
10 Jahre Reichsverband der Elektrizitätsabnehmer (Rea), Berlin. 219
Energiewirtschaft. 219
Vereinsnachrichten. 220 **Bekanntmachung des VDE.** 226
Sitzungskalender. 221
Literatur. L. Dreyfus, H. Pauling, O. Tietjens, E. Nesper u. W. Kunze, F. Bode, Verein dt. Eisenhüttenleute, H. R. Müller, P. O. Pedersen, A. Rühl u. O. Ulrichs. Eingegang. Doktordiss. Neue Zeitschriften. 221
Geschäftl. Mitteilungen. 223
Berichtigung. 224.

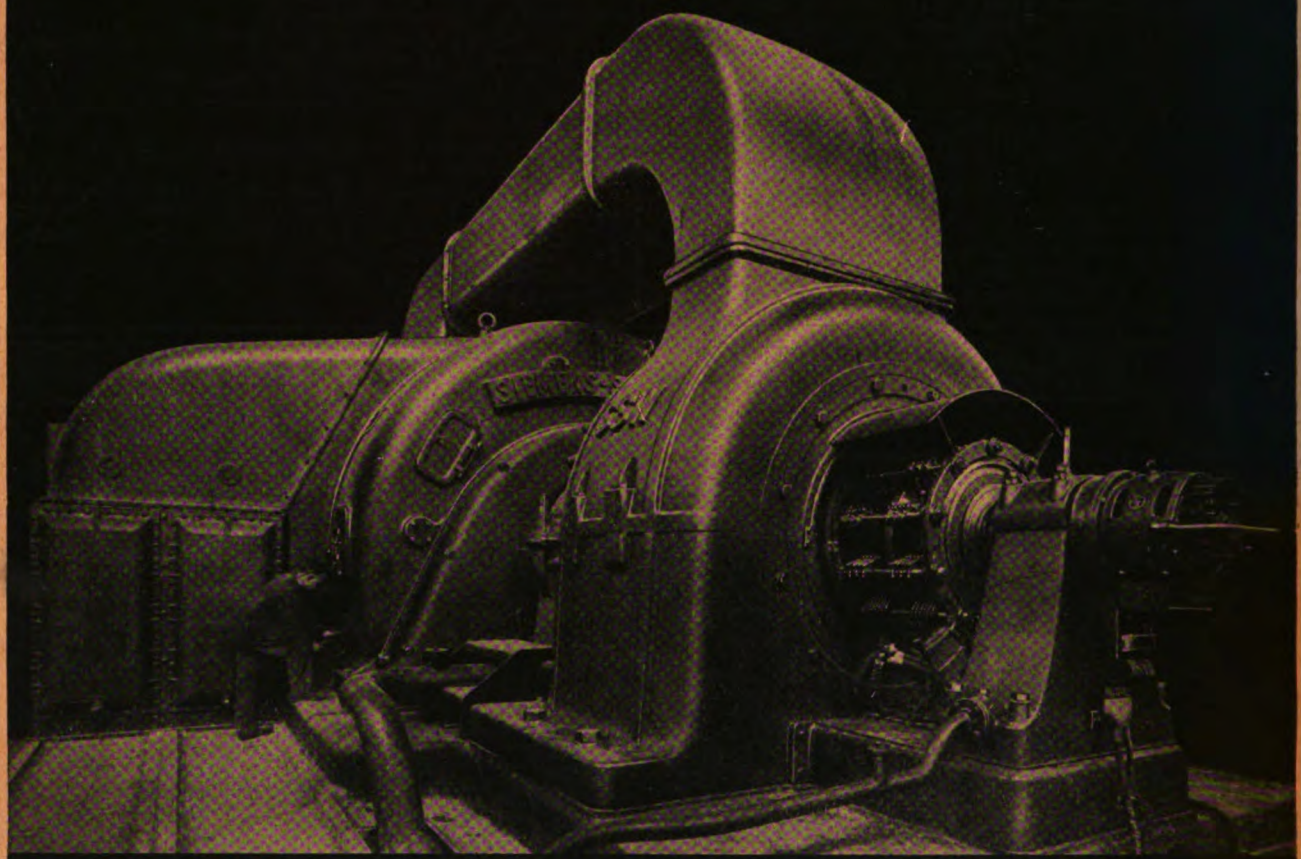
Zur Leipziger Frühjahrsmesse:
Haus der Elektrotechnik, Stand 207

6. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(193-224) 6. FEBRUAR 1930

Digitized by Google

Das ETZ-MESSEHEFT erscheint am 27. Februar 1930

100000 kVA



Generator im Großkraftwerk Zschornewitz der Elektrowerke A.-G.

SIEMENS-SCHUCKERT

Digitized by Google

ETZ-MESSEHEFT

Anzeigenschluß: 11. Februar

Eintragungen im Branchen-Register erfolgen für Inserenten kostenlos. Anfragen werden umgehend erledigt.

Anzeigen-Abteilung der ETZ,
Berlin W9, Linkstraße 23-24

Digitized by Google

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 6. Februar 1930** **Heft 6**

Über die Vorausbestimmung der Kurzschlußströme in elektrischen Starkstromnetzen.

Von **Reinhold Rüdenberg**, Berlin.

Im Laufe der letzten Zeitabschnitte hat sich aus mehreren Gründen die Notwendigkeit ergeben, eine gute Methode zur Berechnung von Kurzschlußströmen in Wechselstromnetzen zu entwickeln: Sowohl die thermische als auch die mechanische Festigkeit aller Leitungen, Kabel und Schaltanlagen werden durch die Kurzschlußströme mitbestimmt, die Beanspruchung der Luft- und Ölschalter beim Ein- und Ausschalten hängt in erster Linie von ihrem Verhalten unter den Kurzschlußwirkungen ab, die Arbeitsweise und die Einstellung von Relais für Schutzeinrichtungen wird ebenfalls durch diese Ströme bestimmt, und schließlich sind die bei Kurzschlüssen auftretenden Spannungsenkungen an den verschiedensten Teilen des Netzes wichtig für die Aufrechterhaltung des Betriebes oder das Außertrittfallen von Motoren, Generatoren oder ganzen Kraftwerken.

Die elektrotechnischen Verhältnisse, durch die die Entwicklung der Kurzschlußströme bestimmt wird, sind sowohl in den umlaufenden Maschinen, die die Kurzschlußströme erzeugen, als auch in den verzweigten Netzen mit ihren Transformatoren und Umformern, in denen sie verlaufen, so kompliziert, daß man bei der Vorausberechnung von jeher eine Reihe von vereinfachenden Annahmen gemacht hat. Je nach der Art derselben sind von den verschiedenen Seiten für den gleichen Betriebsfall sehr unterschiedliche Werte für die Höhe der Kurzschlußströme errechnet worden, die wieder mit den Ergebnissen von Versuchen zum Teil nur schlecht übereinstimmen.

Da die Stärke der Kurzschlußströme und ihr zeitlicher Verlauf nach alledem heute ein maßgebendes Bestimmungstück für den Entwurf und die Konstruktion sowohl der Kabel und Freileitungen als auch der Schaltanlagen mit allem Zubehör und der Transformatoren und Maschinen geworden sind, so sah sich der Verband Deutscher Elektrotechniker im Jahre 1926 veranlaßt, einen Unterausschuß mit der Festlegung einer einheitlichen Berechnungsmethode für die Kurzschlußströme zu beauftragen, die einerseits einfach und durchsichtig genug sein sollte, um für den praktischen Gebrauch verwendbar zu sein, anderseits ausreichend genau sein mußte, um für die obengenannten praktischen Fragen zuverlässige Werte zu ergeben. Die Mitglieder dieses Ausschusses sind außer dem Verfasser als Obmann die Herren Dr. Biermanns, Prof. Matthias, Dr. Estorff.

Prinzipiell ist es auf Grund der klassischen Theorie der Synchronmaschine mit äußerer Belastung natürlich jederzeit möglich, einen bestimmt gegebenen Kurzschlußfall nachzurechnen. Man braucht sich nur Widerstand und Selbstinduktion der Bahn des Kurzschlußstromes im Netz auszurechnen und hiermit in die äußere Charakteristik des Generators für den gegebenen Leistungsfaktor einzugehen. Nun handelt es sich aber in der Praxis nicht um die Vorausberechnung eines einzigen Falles, sondern es müssen für jedes größere Netz oft Hunderte von Fällen in kurzer Zeit durchgerechnet werden. Kann doch ein Kurzschluß an jeder beliebigen Netzstelle eintreten unter den verschiedenartigsten Konstellationen des Leitungsnetzes und der speisenden Kraftwerke mit ihren zahlreichen Generatoren. Viele der vereinfachten und Näherungsmethoden, die aus diesen Gründen in den letzten Jahren und Jahrzehnten entwickelt sind, erscheinen für mehr oder weniger rohe Abschätzungen wohl geeignet, sie führen aber in einzelnen Fällen zu groben Fehlberechnungen, die in Anbetracht der Wichtigkeit der Kurzschlußerscheinungen für die obengenannten Fragen recht gefährliche praktische Folgen haben können. Insbesondere muß man bedenken, daß man für alle Festigkeitsrechnungen den maximal möglichen Wert der Kurzschlußströme kennen muß, während für die meisten Relaiswirkungen ihr möglicher Minimalwert maßgebend ist. Es wurde daher eine neue Berechnungsmethode entwickelt, für die eine möglichst große Genauigkeit bei einer für Massenrechnungen erträglichen Einfachheit ausschlaggebend war. Insbesondere nimmt die neue Berechnungsart auf folgende wichtigen Punkte Rücksicht:

Stoßkurzschlußstrom und Dauerkurzschlußstrom,
Gleichstrom- und Wechselstromanteil und ihr zeitlicher Verlauf,
Ankerrückwirkung und Streuung der Generatoren und Transformatoren,
dreipoliger und zweipoliger Kurzschluß,
Sättigungs- und Erregungszustand der Generatoren,
magnetische Normalcharakteristik von Generatoren,
Abstand des Kurzschlusses vom Kraftwerk, numerische Entfernung,
Vorbelastung der Generatoren durch den Betrieb,
Restspannung am Generator beim Kurzschluß,
Einfluß von Induktanz und Widerstand der Netzbahnen,
vermaschte und mehrfach gespeiste Netze,
Wirkung von Asynchronmaschinen und Umformern,
Ausschaltleistung von Schaltern,
mechanische Kurzschlußkräfte,
Leitererwärmung und Zuschlagzeit für Stoßströme.

Außerdem ist die neue Methode so aufgebaut, daß ihre Anwendung auch möglich bleibt, wenn man die Bestimmung der Kurzschlußströme nicht durch numerische Berechnung, sondern durch Messung an einem elektrischen Netzmodell durchführen will.

Der Hauptwert wurde darauf gelegt, durch die neue Berechnungsmethode zuverlässige Zahlenwerte der Kurzschlußströme für jeden beliebigen Kurzschlußfall zu erhalten. Jedoch sind auch einige weitere Ausarbeitungen erfolgt, um die Wirkung der Kurzschlußströme auf die eingangs genannten Fragen der mechanischen und thermischen Festigkeit, der Leistungsfähigkeit von Schaltern, der Arbeitsweise von Schutzeinrichtungen und der Restspannungen im Netz festzulegen. Da die feinere theoretische und experimentelle Erkenntnis dieser Zusammenhänge aber mitten im Fluß ist, so sind die diesbezüglichen Arbeiten nur als ein erster Schritt zu betrachten.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat die Arbeiten des Unterausschusses als Anhang zu den R.E.H.[1] (Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten für Schaltanlagen) herausgegeben, in dem die einheitliche Kurzschluß-Berechnungsmethode als Extrakt niedergelegt ist. Es erschien wünschenswert, auch eine ausführliche Herleitung dieser Berechnungsmethode zu veröffentlichen, und daher werden in den folgenden Heften der ETZ mehrere Aufsätze meiner Mitarbeiter erscheinen, in denen die Grundlegung dieses R.E.H.-Anhanges gegeben wird. Es werden veröffentlichen:

1. F. Ollendorff: Die Bestimmung der Dauerkurzschlußströme für beliebige Netzstellen bei zwei- und dreipoligem Kurzschluß auf Grund von Normalcharakteristiken ausgeführter Generatoren mit ihren praktisch üblichen Erregungsverhältnissen.

[1] ETZ 1929, S. 242 u. 279.

Digitized by Google

2. F. Ollendorff und P. Jacottet: Die Bestimmung der Stoßkurzschlußströme von Synchron- und Asynchronmaschinen für beliebige Netzstellen, ihre Abklingzeiten und ihre Wirkung auf die Erwärmung von Leitungen.

3. M. Tunkel: Die Berechnung der Kurzschlußleistung an den gestörten Netzstellen, vor allem in den Ölschaltern, die sich sowohl aus den Strömen als auch aus den Spannungen im Stromkreise vor, während und unmittelbar nach dem Kurzschluß ergibt.

4. F. Ollendorff: Die Entwicklung der Kurzschlußströme in komplizierteren Netzgebilden, z. B. Ring- und Maschennetzen mit mehreren durch die Leitungen zusammengeschlossenen Kraftwerken.

Denjenigen Berechnern, die sich nicht nur für das Schema des Rechnungsganges interessieren, wird hierdurch die Möglichkeit gegeben, in die physikalischen und technischen Zusammenhänge etwas tiefer einzudringen.

Praktische Methode zur Berechnung des Dauerkurzschlußstroms einfach gespeister Netze.

Von **Franz Ollendorff**, Berlin.

Übersicht. Für die Projektierung neuzeitlicher Netze ist die Vorausbestimmung der Kurzschlußströme unumgänglich; selbst bei mäßigen Genauigkeitsansprüchen muß hierbei die Generatorsättigung beachtet werden. An Hand der Gleichungen einer ungesättigten Maschine werden einheitliche Gesetze für den zwei- und dreipoligen Kurzschluß im Netz entwickelt; die magnetische Sättigung der Generatoren wird durch Einführung einer „Normalcharakteristik" erfaßt. Aus dieser Kennlinie kann die Erregung vor Kurzschlußeintritt vorausbestimmt werden. Der Kurzschlußstrom wird aus dem ideellen Strom der ungesättigten Maschine mittels eines „Sättigungsfaktors" errechnet, welcher eine einheitliche Funktion der Erregung und der (numerischen) Kurzschlußentfernung ist. Es wird gezeigt, daß hierdurch außer dem Kurzschlußstrom selbst die Restspannungen am Generator angegeben werden können; dabei läßt sich das Verfahren auch auf den Kurzschluß des vorbelasteten Netzes und auf den Ohmisch-induktiven Kurzschluß in Kabelnetzen übertragen. Die Ergebnisse der Rechnung werden an einem Zahlenbeispiel erläutert, welches die praktischen Vorzüge des Verfahrens zeigt.

I. Ziel der Arbeit.

Bei der Projektierung großer Netze fällt der Vorausbestimmung der Dauerkurzschlußströme eine überaus wichtige Rolle zu: Durch sie ist einerseits die Abschaltleistung der einzelnen Netzpunkte bestimmt, welche für die Auswahl der Schalter maßgebend ist; anderseits gründet sich auf die Kenntnis der Dauerkurzschlußströme die Bemessung und Einstellung der Relais, welche die Abschaltung fehlerhafter Netzteile einleiten.

Infolge dieser hohen Bedeutung der Kurzschlußberechnung ist bereits eine große Zahl von Methoden zur Vorausbestimmung der Dauerkurzschlußströme bekannt geworden[1]; soweit diese Verfahren sich auf analytische Hilfsmittel beschränken, ist ihnen die Vernachlässigung der Generatorensättigung gemeinsam. Hierdurch können jedoch unter Umständen so große Fehler entstehen, daß die Rechnung auch mäßigen Genauigkeitsansprüchen nicht genügt. Die Berücksichtigung der Generatorsättigung ist deshalb für ein praktisch brauchbares Rechenverfahren unumgänglich; sie verleiht der Aufgabe ihre eigentümlichen Schwierigkeiten.

Die strenge Berücksichtigung aller für einen bestimmten Generator maßgebenden magnetischen Verhältnisse muß auf seine magnetische Charakteristik zurückgehen. Hieran knüpft die von R. Rüdenberg[2] ausgearbeitete graphische Methode zur Vorausbestimmung von Dauerkurzschlußströmen; sie gilt für den rein induktiven Kurzschluß streng und stellt auch für den Kurzschluß über Streckenwiderstände eine gute Näherung dar[3]. Die Rüdenbergsche Methode kann, falls die Generatoren mit Dämpferwicklung versehen sind, auf die Berechnung des zwei- und einpoligen Dauerkurzschlußstromes erweitert werden[4]; dabei ergibt sich, daß das Verhältnis der drei Kurzschlußströme nicht konstant ist, sondern sich mit dem Erregungszustand der Generatoren und der Lage des Kurzschlußortes relativ zu den Generatorklemmen ändert.

Obwohl das graphische Verfahren von diesen Gesetzen Rechenschaft ablegt und überdies sehr anschaulich den Zusammenhang aller maßgebenden physikalischen Größen vermittelt, ist es doch für praktische Kurzschlußberechnungen großen Umfanges recht umständlich, sobald mehrere Generatoren in den Kurzschluß hineinspeisen; denn dann müssen die Charakteristiken sämtlicher beteiligten Einzelmaschinen bekannt sein und in richtiger Weise zusammengesetzt werden. Hierzu ist jedoch sehr viel Zeit aufzuwenden, die in der Regel für derartige Projektierungsarbeiten nicht zur Verfügung steht, ganz abgesehen von den Umständen, sich alle notwendigen Unterlagen wirklich zu beschaffen.

Diese Schwierigkeiten lassen es für ein praktisch brauchbares Rechenverfahren angezeigt erscheinen, nicht auf die Einzelcharakteristiken zurückzugreifen. Hieraus folgt sogleich, daß das Verfahren keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit machen kann. Vielmehr werden wir den zu erwartenden Dauerkurzschlußstrom bis auf etwa ± 10 % genau angeben; eine derartige Genauigkeit genügt indes praktisch allen Ansprüchen, weil in den seltensten Fällen die zahlenmäßigen Grundlagen der Rechnung genauer bekannt sind. Das Verfahren ist deshalb in den „Anhang zu den R.E.H."[5] als allgemeine Methode zur Berechnung der Dauerkurzschlußströme aufgenommen worden.

II. Eingrenzung des Verfahrens.

Um die Abhängigkeit des Dauerkurzschlußstromes von der Größe des Generatorerregerstromes und von der Lage des Kurzschlußortes in möglichst reiner Form zu erkennen, behandeln wir im folgenden lediglich den einfachsten Fall eines durch einen einzigen Synchrongenerator gespeisten Netzes; in späteren Arbeiten wird die Anwendung der gefundenen Beziehungen auf verwickeltere Netze gezeigt werden. Man erkennt indes, daß die hier abzuleitenden Regeln in gleicher Weise bereits auf den Kurzschluß eines ganzen Kraftwerkes angewandt werden können, welches aus mehreren unter sich gleichen kurzgekuppelten Generatoren besteht; denn dann können die Einzelgeneratoren in einem „Ersatzgenerator" zusammengefaßt werden, der die Summenleistung aller Einzelgeneratoren führt.

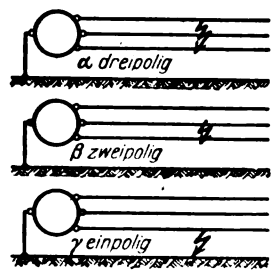


Abb. 1. Arten der Kurzschlußströme.

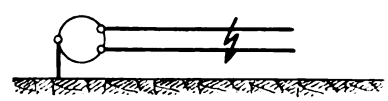


Abb. 2. Zweipoliger Kurzschluß eines Einphasengenerators.

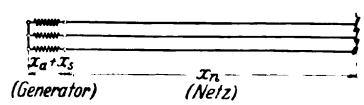


Abb. 3. Definition der Generator- und Netzreaktanzen.

Der einpolige Dauerkurzschlußstrom nach Abb. 1 kann sich nur in einem Netz entwickeln, in welchem entweder der Generatorsternpunkt oder mindestens ein Transformatorsternpunkt geerdet ist, wobei der einpolige Kurzschluß zum Erdkurzschluß wird; Systeme mit geerdetem Nulleiter schließen wir von der Untersuchung aus, weil Anlagen mit geerdetem Sternpunkt z. Z. in Deutschland nur von geringer Bedeutung sind. Es besteht deshalb für ein Verfahren zur Ermittlung einpoliger Dauerkurzschlußströme kein großes Bedürfnis, so daß wir der Einfachheit halber uns auf den zwei- und dreipoligen Kurzschluß nach Abb. 1 α, β beschränken. Um fernerhin den Anschluß an die exakten graphischen Methoden beizubehalten, behandeln wir zuerst Netze mit vorwiegender Induktanz der gesamten Kurzschlußbahn. In der weiteren Durchführung wird sich dann das Verfahren auf Ohmisch-induktive Kurzschlüsse er-

[1] Vgl. z. B. den frühesten R.E.H.-Entwurf: ETZ 1923, S. 987.
[2] R. Rüdenberg, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 3, S. 197, und „Kurzschlußströme beim Betrieb von Großkraftwerken", Berlin 1925, Verlag Julius Springer.
[3] R. Rüdenberg, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, S. 50.
[4] F. Ollendorff, ETZ 1925, S. 761.
[5] ETZ 1929, S. 242 u. 279.

Digitized by Google

weitern lassen, so daß die Berechnungsmethode auch auf Kabelnetze angewandt werden kann[6]. Diesen Einschränkungen gegenüber soll jedoch ausdrücklich hervorgehoben werden, daß die folgende Rechnungsmethode durchaus nicht auf Drehstromnetze beschränkt ist; vielmehr können in gleicher Weise Einphasennetze behandelt werden, wobei aus naheliegenden Gründen der „zweipolige" Kurzschluß des Einphasennetzes nach Abb. 2 dem dreipoligen Kurzschluß im Drehstromnetz als äquivalent gilt. Der Erdkurzschluß eines Einphasennetzes mit geerdetem Mittelpunkt soll indes außer Betracht bleiben.

III. Die Kurzschlußgleichungen der ungesättigten Maschine.

Ehe wir die Sättigung der Generatoren in die Kurzschlußrechnung einführen, ist es zweckmäßig, die grundlegenden Kurzschlußgleichungen an ungesättigten Maschinen zu untersuchen. Ein solcher Generator besitzt also eine geradlinige Charakteristik, die wir mit Rücksicht auf spätere Entwicklungen durch den Leerlaufpunkt der wahren Generatorkennlinie legen wollen.

Infolge der Beschränkung auf den vorwiegend induktiven Kurzschluß dürfen wir alle Generatorverluste außer acht lassen. Ferner setzen wir voraus, daß der Läufer mit einer kräftigen Dämpferwicklung versehen sei, so daß sich nur ein synchron mit dem Läufer umlaufendes Hauptfeld auszubilden vermag. In einer solchen Maschine tritt bei Belastung ein rein induktiver Spannungsabfall auf, den wir, wie bekannt, in die Streuspannung und den Spannungsabfall durch Ankerrückwirkung zerlegen. Ihre zahlenmäßigen Werte werden für Drehstrommaschinen definiert, indem wir für symmetrische dreipolige Belastung den gesamten Spannungsabfall ΔU der ungesättigten Maschine dem Belastungstrom I streng proportional setzen dürfen:

$$\Delta U = I(x_a + x_s). \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Die Größen x_a und x_s sind Reaktanzen, die wir nach ihrer physikalischen Bedeutung als Ankerreaktanz und Streureaktanz bezeichnen. Die Bestimmung der Streureaktanz ist bekannt; dagegen werden wir weiter unten eine Methode zur zahlenmäßigen Ermittlung der Ankerreaktanz zu entwickeln haben. Der Einheitlichkeit halber wollen wir die Definition (1) stets auf eine Phasenwicklung beziehen, indem wir unter ΔU den Phasenspannungsabfall, unter I den Phasenstrom verstehen. Für Einphasengeneratoren dagegen soll die Definition auf die zweipolige Belastung bezogen werden.

Wir berechnen zuerst den dreipoligen Kurzschlußstrom der ungesättigten Maschine nach Abb. 3. Es sei x_n die für 1 Phase berechnete Reaktanz des Netzes zwischen den Generatorklemmen und dem Kurzschlußort nach Abb. 3; dabei sind sowohl die Reaktanzen der Leitungen und Drosselspulen als auch der Transformatoren zusammenzuzählen, nachdem sie mittels bekannter Regeln auf eine gemeinsame Bezugspannung umgerechnet sind. Die Gesamtreaktanz der Kurzschlußbahn folgt zu

$$x = x_a + x_s + x_n. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Sei nun U die zwischen zwei Leitern gemessene verkettete Spannung oder Nennspannung des Generators, die bei Leerlauf an seinen Klemmen beobachtet werden kann, so ergibt sich der dreipolige Dauerkurzschlußstrom der ungesättigten Maschine bei Leerlauferregung

$$\overline{I}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}(x_a + x_s + x_n)} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Nun liegt die Generatornennspannung aus Gründen der Spannungsregelung stets 5% über der Netzspannung U_n, sofern man das ganze Netz auf eine einheitliche Spannung bezieht. Daher schreibt man zweckmäßig an Stelle von Gl. (3)

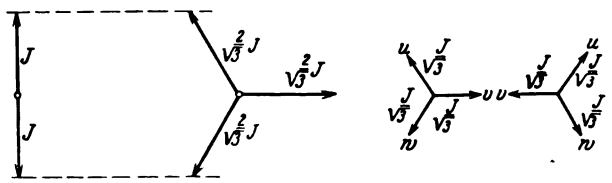
$$\overline{I}^{(3)} = \frac{1{,}05\,U_n}{\sqrt{3}(x_a + x_s + x_n)} \quad \ldots\ldots \quad (3a)$$

In ganz ähnlicher Weise läßt sich der zweipolige Kurzschluß des Einphasengenerators behandeln. Man bezieht hier am besten die Netzreaktanz sogleich auf die gesamte Kurzschlußschleife, denn dann wird einfach

$$\overline{I} = \frac{U}{x_a + x_s + x_n} = \frac{1{,}05\,U_n}{x_a + x_s + x_n}. \quad \ldots \quad (4)$$

[6] Siehe Fußnote 3.

Der zweipolige Kurzschluß der Drehstrommaschine läßt sich am leichtesten für den Fall des sternegeschalteten Generators bei YY- oder ΔΔ-Schaltung sämtlicher Tranformatoren übersehen. Zunächst erkennt man, daß die Wirkungsweise der Transformatoren hierbei ungeändert bleibt, so daß die Berechnung der Netzreaktanz einer Phase vom dreipoligen Kurzschluß her beibehalten werden kann; das gleiche gilt für die Streureaktanz des Generators. Da aber beim zweipoligen Kurzschluß die Ströme der betroffenen Phasenleiter einander entgegenfließen, also nicht mehr, wie bei Drehstrom, einen Winkel von 120° bilden, so addieren sich ihre Spannungsabfälle algebraisch zu $I \cdot 2(x_s + x_n)$.



a gegebenes zweipoliges Stromsystem
b äquivalentes Drehstromsystem (Augenblicksbild)
c Zerlegung in mitlaufendes und gegenlaufendes Drehfeld

Abb. 4. Ankerrückwirkung des zweipoligen Kurzschlußstromes.

Etwas schwieriger ist die Größe der wirksamen Ankerreaktanz zu bestimmen. Nach Abb. 4 ist das synchron mit dem Läufer umlaufende Feld des zweipoligen Belastungstromes I ebenso groß wie das Drehfeld eines dreipoligen symmetrischen Stromes $I' = \frac{I}{\sqrt{3}}$; weiterhin hat man aber zu beachten, daß sich die Spannungsabfälle der betroffenen Phasen als Drehfeldkomponenten geometrisch zusammensetzen, so daß ihre Summe das $\sqrt{3}$fache des Spannungsabfalles in einer Wicklungsphase beträgt. Aus diesen Überlegungen folgt somit die Größe des zweipoligen Dauerkurzschlußstromes[7] zu

$$\overline{I}^{(2)} = \frac{U}{\sqrt{3}\,\frac{x_a}{\sqrt{3}} + 2(x_s + x_n)} = \frac{1{,}05\,U_n}{x_a + 2(x_s + x_n)}. \quad (5)$$

Falls zwischen dem Generator und dem zweipolig kurzgeschlossenen Netz ein Transformator in Stern-Dreieck-Schaltung nach Abb. 5 liegt, treten etwas andere Verhältnisse ein. Wir beziehen uns auf einen Transformator mit einem Übersetzungsverhältnis $\sqrt{3} : 1$ der Schenkelwindungszahlen, also 1 : 1 der übertragenen Drehfeldspannungen. Aus Abb. 5 erkennt man, daß dem Kurzschlußstrom I auf der Generatorseite die Ströme $\frac{2}{\sqrt{3}} I$, $-\frac{1}{\sqrt{3}} I$, $-\frac{1}{\sqrt{3}} I$ entsprechen. Das Ankerfeld dieses Stromsystems ist nach Abb. 6 dem Feld eines symmetrischen Stromes der Stärke $\frac{1}{\sqrt{3}} I$ äquivalent, so daß der Spannungsabfall auf der Netzseite, wie früher, $\frac{1}{\sqrt{3}} I\, x_a \sqrt{3} = I\, x_a$ beträgt. Die Streuspannung, welche über jeden der stromdurchflossenen Transformatorenschenkel übertragen wird, besitzt die Größe

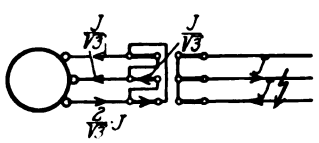


Abb. 5. Zweipoliger Kurzschluß am Stern-Dreieck-Transformator.

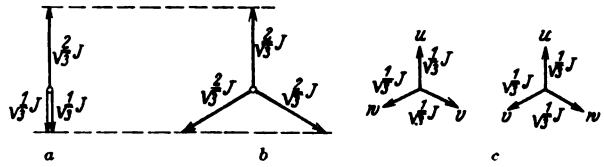
$$\left(\frac{2}{\sqrt{3}} I + \frac{1}{\sqrt{3}} I\right) x_s = \sqrt{3}\, I\, x_s;$$

da indes beide Streuspannungen in Phase sind, wird auf die Netzseite ihre arithmetische Summe, multipliziert mit dem Windungszahlverhältnis $1/\sqrt{3}$ übertragen, so daß auf der Netzseite der gesamte Streuspannungsabfall $2\,I\,x_s$ erscheint. Wenn man also alle Größen von vornherein auf die Spannung des kurzgeschlossenen Netzes oder des Generators bezieht, gilt stets Gl. (5) für den zweipoligen Dauerkurzschlußstrom, unabhängig von der Schaltung der Transformatoren. Obwohl dieses Resultat hier zunächst nur für Y/Δ-Transformatoren abgeleitet wurde, gilt es doch in gleicher Weise für die um-

[7] Siehe Fußnote 2 u. 4.

Digitized by Google

gekehrte Transformatorschaltung nach Abb. 7. Man überzeugt sich hiervon leicht ohne neue Rechnungen, indem man den zweipoligen Dauerkurzschlußstrom in zwei gegenläufige Stromsysteme zerlegt, da offenbar für die Entwicklung dieser Stromsysteme die Transformatorschaltung belanglos ist.



a gegebenes Stromsystem im Generator
b äquivalentes Drehstromsystem (Augenblicksbild)
c Zerlegung in mitlaufendes und gegenlaufendes Drehfeld

Abb. 6. Ankerrückwirkung des zweipoligen Kurzschlusses über Dreieck-Stern-Transformator.

Durch die gleiche Methode lassen sich die Verhältnisse beim zweipoligen Kurzschluß einer Maschine mit Dreieckschaltung nach Abb. 8 übersehen. Man findet, daß in der unmittelbar kurzgeschlossenen Wicklung $^2/_3$ des Kurzschlußstromes I fließen, während die anderen beiden Wicklungen je $^1/_3$ des Kurzschlußstromes führen. Die Ankerrückwirkung kann daher aus dem Felde eines symmetrischen Drehstromes vom Betrage $^1/_3$ I berechnet werden (vgl. Abb. 6), während die Streuspannung zu $^2/_3 I x_s$ folgt. Der zweipolige Dauerkurzschlußstrom der Maschine mit Dreieckswicklung ergibt sich also aus

$$\overline{I}^{(2)} = \frac{1{,}05\, U_n}{\frac{1}{3} x_a + \frac{2}{3} x_s + 2 x_n} \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Nun ist $^1/_3 x_a$ gleich der Ankerreaktanz x_a' einer äquivalenten Maschine mit Sternschaltung und ebenso $^1/_3 x_s$ die Streureaktanz x_s' eines solchen Vergleichsgenerators, so daß

$$\overline{I}^{(2)} = \frac{1{,}05\, U_n}{x_a' + 2\,(x_s' + x_n)} \quad \ldots\ldots \quad (6a)$$

Hiermit ist die Allgemeingültigkeit der Gl. (5) in vollem Umfange erwiesen, und es ist zugleich gezeigt, wie die Generatorströme aus dem Kurzschlußstrom zu errechnen sind. Da bei der Herleitung aller dieser Gesetze x_a nicht als konstant vorausgesetzt zu werden braucht, gelten die gefundenen Beziehungen der Stromverteilung in gleicher Weise für gesättigte Maschinen. Es ist deshalb fortan nicht mehr notwendig, die hier unterschiedenen Schaltungen einzeln zu untersuchen; vielmehr dürfen wir uns auf die Untersuchung sterngeschalteter Maschinen und Transformatoren beschränken, welche in jedem Falle den richtigen Wert des Dauerkurzschlußstromes in den Netzleitungen liefert.

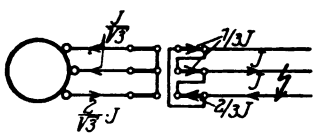


Abb. 7. Zweipoliger Kurzschluß am Dreieck-Stern-Transformator.

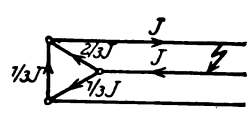


Abb. 8. Verteilung des zweipoligen Kurzschlußstromes in einer Maschine mit Dreieckschaltung.

IV. Die Normalcharakteristik.

Um aus den berechneten Dauerkurzschlußströmen der ungesättigten Maschine die wahren Ströme der gesättigten Maschine zu finden, muß die magnetische Generatorcharakteristik eingeführt werden. Man kann hierbei nur dadurch von den individuellen Eigenschaften einer bestimmten Maschine unabhängig werden, daß man über die Charakteristiken verschiedener ausgeführter Maschinen mittelt. Die so gewonnene Grundlage darf natürlich nur für die heute üblichen Generatorkonstruktionen Gültigkeit beanspruchen. Wir wollen — in dieser Einschränkung — die gemittelte Charakteristik als Normalcharakteristik bezeichnen.

Zur Konstruktion der Normalcharakteristik müssen zunächst alle Generatorkennlinien, über welche gemittelt werden soll, in einheitlicher Form dargestellt werden. Dies geschieht durch Wahl eines bestimmten Kennlinienpunktes als Normalpunkt, indem Spannung und Erregerstrom im Verhältnis zur Normalspannung und zum Normalerregerstrom als neue Variabeln im Charakteristikenschaubild benutzt werden. Die Festsetzung des Normalpunktes selbst ist nicht zwangläufig, muß vielmehr nach Zweckmäßigkeitsgründen getroffen werden.

Für die Kurzschlußberechnung ist es hierbei vorteilhaft, Spannung U und Erregerstrom I_e als Vielfaches ihrer Leerlaufwerte U_0, I_{e0} auszudrücken, denn im Mittel aller Kurzschlußfälle besitzt die Maschine im Dauerkurzschluß-Zustand ein resultierendes Feld, welches die Größenordnung des Leerlauffeldes aufweist. Wir nennen das Verhältnis des Erregerstromes zu seinem Leerlaufwert den relativen Erregerstrom

$$v = \frac{I_e}{I_{e0}} \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

Ähnlich heiße das Verhältnis der Generator-EMK U_g zur Leerlauf-EMK die relative Spannung

$$u = \frac{U_g}{U_0}, \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

so daß die Charakteristik für alle Generatoren in der gleichen Form geschrieben werden kann

$$u = f(v) \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

Die besonderen Merkmale des einzelnen Generators erscheinen jetzt nur noch in den Zahlenwerten der Funktion f, welche durch Bezugnahme auf ausgeführte Generatoren bequem ermittelt werden kann.

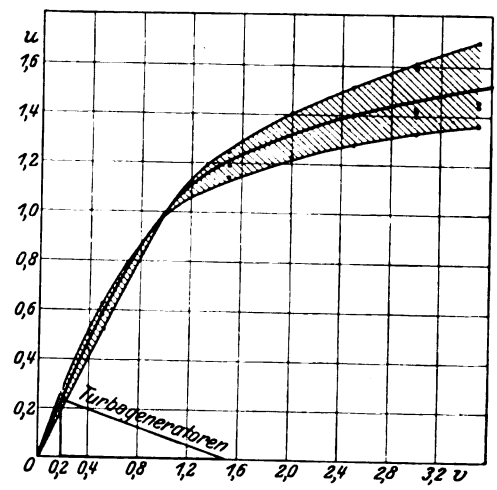


Abb. 9. Toleranzen und mittlere Charakteristik für Turbogeneratoren.

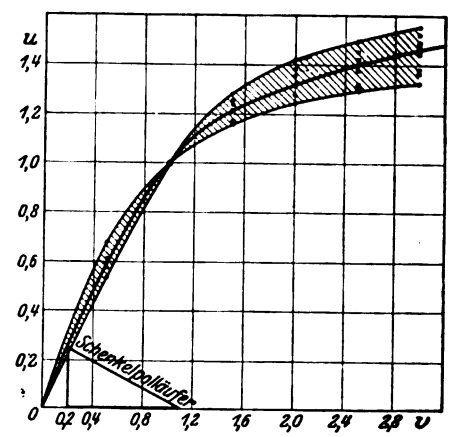


Abb. 10. Toleranzen und mittlere Charakteristik für Schenkelpolläufer.

Eine solche Rechnung ist an 19 neuzeitlichen Generatoren der Firmen AEG, BBC und SSW durchgeführt worden. Es wurde hierfür ungefähr die gleiche Zahl von Schenkelpolläufern und Turbogeneratoren benutzt, deren Leistung etwa zwischen den Grenzen 5000 kVA und 32 000 kVA liegt. Die meisten dieser Maschinen sind Drehstromgeneratoren für eine Betriebsfrequenz von 50 Hz; es erwies sich aber, daß Bahngeneratoren für 16⅔ Hz oder Drehstrommaschinen für anormale Betriebsfrequenzen in Hinsicht auf die Charakteristik kein Ausnahmeverhalten zeigen. Das Ergebnis der Rechnung ist in den Kurven der Abb. 9 und 10 zusammengestellt.

Digitized by Google

Man erkennt, daß die Funktionen $f(v)$ gemäß Gl. (9) sich in einen nicht allzubreiten Funktionsstreifen zusammendrängen, welcher von der Mittelkennlinie im äußersten Falle um etwa ± 10 % abweicht. Innerhalb dieser Grenzen ist die Genauigkeit der mittleren Kennlinie bei Schenkelpolläufern etwas größer als bei Turbogeneratoren, weil im allgemeinen Schenkelpolläufer die vergleichsweise kleinere Ankerrückwirkung besitzen und daher nicht so hoch erregt werden wie Turbogeneratoren. In den Schaubildern kommt dieser Sachverhalt darin zum Ausdruck, daß die Charakteristik von Schenkelpolläufern nur bis zum Werte $v = 3$ angegeben werden kann, während für Turbogeneratoren die Kurve bis $v = 3{,}5$ geführt werden konnte.

Die gefundenen Mittelwerte sind mit Angabe der größten vorkommenden Abweichungen in nachfolgender Zahlentafel zusammengestellt:

Zahlentafel 1. Mittlere Magnetisierungscharakteristiken.

Turbogeneratoren	relativer Erregerstrom v	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
	relative Spannung u	0,580	1,00	1,20	1,32	1,395	1,46	1,51
	größte Abweichung in %	9,5		6	8	9	10	12
Schenkelpolläufer	relativer Erregerstrom v	0,5	1	1,5	2	2,5	3	—
	relative Spannung u	0,582	1,00	1,22	1,33	1,40	1,45	—
	größte Abweichung in %	10		6	7,5	8	8,5	—

Man erkennt hieraus, daß man ohne weitere Einbuße an Genauigkeit zwischen den Kennlinien beider Maschinentypen mitteln darf. Auf diesem Wege folgt die gesuchte Normalcharakteristik gemäß der folgenden Zahlentafel 2:

Zahlentafel 2. Normalcharakteristik für große Synchrongeneratoren.

Relativer Erregerstrom v	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Relative Spannung u	0,58	1,00	1,21	1,33	1,40	1,46	1,51

Dieser Zusammenhang wird durch Zeichnung der Normalcharakteristik für große Synchrongeneratoren nach Abb. 11 veranschaulicht.

Neben der hier gegebenen Normalcharakteristik sind auch von anderer Seite[8] Einheitskennlinien für Synchrongeneratoren entwickelt worden; sie stimmen innerhalb der oben genannten Abweichungen mit unseren Angaben überein. Die Zahlenwerte unserer Kennlinie dürften jedoch, da die Mittelung sich auf Maschinen der drei größten deutschen Baufirmen erstreckt, für den Durchschnitt etwas genauer sein als die von anderer Seite angegebenen Zahlen.

Von der Normalcharakteristik nach Zahlentafel 2, an welcher wir deshalb fortan festhalten wollen, kann leicht eine gemittelte Charakteristik für einen bestimmten Generator zurückgerechnet werden: Man hat hierzu nur die relative Spannung u mit der Nennspannung U_n zu multiplizieren und ebenso den relativen Erregerstrom v mit dem Leerlauf-Erregerstrom I_{e0}. Diese Bemerkung erlaubt es, die graphische Berechnung des Kurzschlußstromes auch dann näherungsweise durchzuführen, wenn die Generatorcharakteristik nicht vorliegt.

V. Vorausbestimmung der Generatorerregung.

Während wir die früher entwickelten Gleichungen der ungesättigten Maschine auf den Leerlaufzustand bezogen hatten, ist die Maschine vor Kurzschlußeintritt in der Regel belastet. Nicht so sehr die Klemmenspannung vor Kurzschlußeintritt als vielmehr die wahre Größe der Erregung ist von maßgebendem Einfluß auf den wirklich im Dauerzustand entstehenden Kurzschlußstrom. Es ist daher eine der wichtigsten Teilfragen unserer Aufgabe, ein Verfahren zur Vorausbestimmung der Generatorerregung vor dem Kurzschluß anzugeben.

Die Kurzschlußberechnungen sollen im allgemeinen zu zwei völlig voneinander getrennten Zwecken benutzt werden. Zunächst ergibt sich mit Rücksicht auf die Kurzschlußfestigkeit der Anlage die Frage nach den im ungünstigsten Falle eintretenden größtmöglichen Kurzschlußströmen. Hierzu muß angenommen werden, daß die Generatoren vor Kurzschlußeintritt voll vorbelastet waren, wobei dann ihre Erregung weit über den Leerlaufzustand hinausgeht.

Neben der Kurzschlußsicherheit der Anlage soll die Vorausberechnung der Kurzschlußströme die richtige Einstellung der Relais gewährleisten. Hierbei muß man beachten, daß die Relais nicht nur die kranken Strecken bei vollem Tagesbetrieb mit seinen hohen Kurzschlußströmen abschalten müssen, sondern auch in der Nacht bei praktisch unbelastetem Netz richtig arbeiten sollen. Daher ist hierfür die Vorausberechnung der kleinstmöglichen Kurzschlußströme wesentlich.

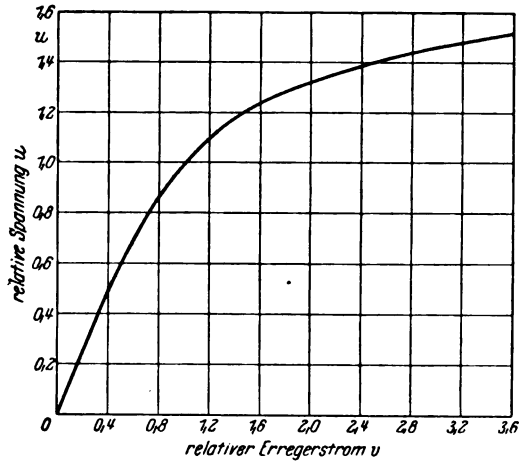


Abb. 11. Normalcharakteristik für große Synchronmaschinen.

Nach diesen Überlegungen entspricht die kleinste Erregung, für welche die Kurzschlußströme zu berechnen sind, einer Spannung der Generatoren, welche 5 % unterhalb der Generator-Nennspannung liegt; denn dann gleicht die Generatorspannung gerade der Betriebspannung des Netzes. Aus der Normalcharakteristik entnimmt man zu $u = 0{,}95$ einen relativen Erregerstrom $v = 0{,}93$. Wir definieren diese Erregung als Erregung für Nachtbetrieb; sie ist natürlich von speziellen Annahmen über die Generatoren völlig unabhängig.

Um die Erregung entsprechend einer Vorbelastung zu bestimmen, betrachten wir zuerst den einfachsten Fall der rein induktiven Belastung mit dem Generator-Nennstrom. Die hierfür notwendige Erregung läßt sich, wie bekannt, graphisch leicht mittels des Potierschen Dreieckes nach Abb. 12 bestimmen.

Die Kenngrößen des Potier-Dreiecks lassen sich in einfachen Maschinenkonstanten ausdrücken, welche der Messung zugänglich sind. Es sei I_k der dreipolige Dauerkurzschlußstrom bei Klemmenkurzschluß und Leerlauferregung ($v = 1$); da in diesem Bereich schwacher Sättigung der Kurzschlußstrom noch merklich proportional der Erregung ansteigt, hat man somit zum Treiben des Nennstromes I_n durch den gleichen Kurzschlußstromkreis den relativen Erregerstrom aufzubringen

$$v_n = \frac{I_n}{I_k} = \frac{1}{I_k/I_n} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Das hier eingehende Stromverhältnis I_k/I_n heißt das Kurzschlußverhältnis für Leerlauf des Generators, welches für jede Maschine als bekannt anzusehen ist. Von der Erregung v_n nach Gl. (10) ist nun, um die Ankerrückwirkung des Nennstromes im Maße des relativen Erregerstromes auszudrücken, nach Abb. 12 die relative Erregung v_s zum Erzeugen der Streuspannung abzuziehen. Wir ersetzen die Normalcharakteristik in der Umgebung des Ursprunges durch die Gerade (Abb. 12)

$$u = 1{,}23\,v; \qquad v = 0{,}815\,u \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

Die relative Streuspannung ε_s wird also durch den relativen Erregerstrom erzeugt

[8] Z. B. Weber, Arch. El. Bd. 19, S. 201.

Digitized by Google

$$v_s = 0{,}815\,\varepsilon_s. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

Somit ergibt sich die relative Erregungschwächung durch den Ankerstrom

$$v_a = v_n - v_s = \frac{1}{I_k/I_n} - 0{,}815\,\varepsilon_s. \quad \ldots\ldots \quad (13)$$

Mit Rücksicht auf den Spannungsabfall im Netz liegt die Generatorspannung bei Belastung um 10 % höher als die Betriebspannung des Netzes, also um 5 % höher als die Generator-Nennspannung. Die Gerade, welche nach Abb. 12 im Abstand $u = \frac{1{,}10}{1{,}05} = 1{,}048$ parallel zur Erregerstromachse verläuft, bildet deshalb die Grundlinie für die Konstruktion des Potier-Dreiecks der belasteten Maschine. Die relative Spannung, welche der Spitze des Potier-Dreiecks entspricht, folgt somit zu

$$u = 1{,}048 + \varepsilon_s. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

Wir machen nun davon Gebrauch, daß sich die Streuung ausgeführter Maschinen stets zwischen 12 % und etwa 40 % bewegt. Die untere Grenze nämlich darf nach den R.E.M. mit Rücksicht auf den Höchstwert des Stoßkurzschlußstromes nicht unterschritten werden, während die obere Grenze aus Gründen einer guten Spannungsregelung meist innegahlten werden dürfte. Man erkennt also, daß sich die Spitze des Potier-Dreiecks stets zwischen $u_{min} = 1{,}05 + 0{,}12 = 1{,}17$ und $u_{max} = 1{,}05 + 0{,}40 = 1{,}45$ bewegt. In dem genannten Bereich kann die Normalcharakteristik mit nur kleinem Fehler durch eine „Streugerade" ersetzt werden, deren Gleichung lautet (vgl. Abb. 12):

$$u = 0{,}92 + 0{,}19\,v; \quad v = 5{,}26\,u - 4{,}85. \quad \ldots \quad (15)$$

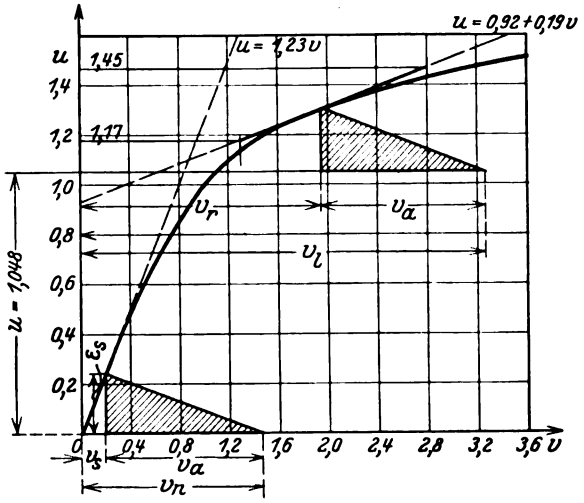


Abb. 12. Konstruktion der Erregung für Nennlast cos φ = 0.

Für die Generator-EMK nach Gl. (14) folgt die notwendige resultierende Erregung v_r aus Gl. (15)

$$v_r = 5{,}26\,(1{,}048 + \varepsilon_s) - 4{,}85 = 1{,}08 + (5{,}26\,\varepsilon_s - 0{,}43). \quad (16)$$

Hierin ist nach der Normalcharakteristik der Anteil 1,08 das Erregungsverhältnis des unbelasteten Generators, falls seine Klemmenspannung das 1,1fache der Netzbetriebsspannung beträgt.

Die resultierende Erregung v_r nach Gl. (16) entsteht als Differenz der Läufererregung v_l und der Rückwirkung v_a des Nennstromes nach Gl. (13). Somit muß der Läufer bei Belastung des Generators mit rein induktivem Nennstrom (cos φ = 0) den relativen Erregerstrom führen

$$\left.\begin{aligned} v_l &= 1{,}08 + (5{,}26\,\varepsilon_s - 0{,}43) - 0{,}815\,\varepsilon_s + \frac{1}{I_k/I_n} \\ &= 1{,}08 + \left(4{,}45\,\varepsilon_s + \frac{1}{I_k/I_n} - 0{,}43\right) \end{aligned}\right\}. \quad (17)$$

Ersichtlich stellt in dieser Formulierung das in Klammern eingeschlossene Glied die Zusatzerregung dar, welche durch Streuung und Ankerrückwirkung erzwungen wird; hiermit ist der analytische Ausdruck für die graphische Konstruktion der Gesamterregung gewonnen.

In der überwiegenden Zahl der Fälle liegt indes der cos φ der Vorbelastung zwischen 0,7 und 1 und es ist notwendig, auch hierfür die Läufererregung zu kennen; jedoch bleiben wir der Einfachheit halber weiterhin bei der Annahme einer Belastung mit dem Generator-Nennstrom. Diese Aufgabe läßt sich grundsätzlich lösen, indem man für den jeweils vorliegenden Leistungsfaktor das Vektordiagramm der Synchronmaschine konstruiert und hieraus die Läufererregung entnimmt. Die Erfahrung hat indes gezeigt, daß dieses an sich nicht ganz mühelose Verfahren überdies nicht sehr genau ist, weil die Konstruktion des Potierschen Dreiecks, auf welche das Vektordiagramm sich stützt, nur eine rohe Näherung darstellt. Wir ziehen es deshalb vor, Mittelwerte aus zahlreichen Rechnungen und Versuchsresultaten zur Bestimmung der bei einem Leistungsfaktor cos φ ≠ 0 notwendigen Teilerregung heranzuziehen; solche Kontrollmessungen sind im Prüffeld der Siemens-Schuckertwerke ausgeführt worden. Auf Grund ihrer Ergebnisse kann man in guter Näherung schreiben

$$v_l = 1{,}08 + \left(4{,}15\,\varepsilon_s + \frac{1}{I_k/I_n} - 0{,}43\right).\,F(\cos\varphi), \quad (18)$$

wo die relative Zusatzerregung $F(\cos\varphi)$ in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor der Vorbelastung der folgenden Zahlentafel 3 zu entnehmen ist:

Zahlentafel 3. Relative Zusatzerregung als Funktion des Leistungsfaktors der Vorbelastung.

cos φ	0,0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$F(\cos\varphi)$ . .	1,00	0,91	0,86	0,80	0,72	0,60	0,30

Selbstverständlich ist hierbei stets ein nacheilender Belastungstrom angenommen worden.

Die Berechnung der Erregung nach Gl. (18) ist nur möglich, wenn das Kurzschlußverhältnis und die Streuung der Generatoren bekannt sind; diese beiden Maschinenkonstanten sollten deshalb bei allen Kurzschlußberechnungen vorliegen. Ist es unmöglich, sich diese Unterlagen zu beschaffen, so können notfalls Mittelwerte eingesetzt werden, wobei allerdings unter Umständen beträchtliche Fehler entstehen. Solche Mittelwerte wurden an Hand der oben zur Berechnung der Normalcharakteristik angeführten 19 Generatoren berechnet. Das Ergebnis enthält Zahlentafel 4:

Zahlentafel 4. Mittlere Maschinenkonstanten.

Maschinentyp	Kurzschlußverhältnis I_k/I_n bei Leerlauf	relative Streuspannung ε_s	relative Ankerrückwirkung v_a
Turbogeneratoren . . .	0,68 ± 34%	0,24 ± 27%	1,28
Schenkelpolläufer . . .	0,92 ± 23%	0,24 ± 26%	0,90

Indem man diese Zahlenwerte in Gl. (18) einführt, erhält man einen Anhaltspunkt für die ungefähre Größe der Erregung bei verschiedenartiger Vorbelastung. Das Ergebnis ist in die folgende Zahlentafel 5 eingetragen:

Zahlentafel 5. Relativer Erregerstrom v für mittlere Maschinen als Funktion des Leistungsfaktors der Vorbelastung.

Turbogeneratoren .	cos φ	0,0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	v	3,2	3,0	2,9	2,8	2,6	2,35	1,7
Schenkelpolläufer .	cos φ	0,0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	v	2,8	2,65	2,6	2,5	2,3	2,1	1,6

Die Angabe einer bestimmten Erregung verliert ihren Sinn, falls ein Schnellregler vorgesehen ist, der beim Niederbruch der Generatorspannung die Erregung hochtreibt. Eine solche Einrichtung sollte mit Rücksicht auf die Kurzschlußströme ausgeschlossen sein; sie ist aber in vielen Fällen aus Gründen eines stabilen Durchlaufens der Generatoren im Kurzschluß unvermeidlich. Für eine Überschlagsrechnung wird es in der Regel ausreichen, den Einfluß eines Schnellreglers durch die Annahme von mindestens $v = 3{,}5$ für Turbogeneratoren, $v = 3$ für Schenkelpolläufer summarisch zu berücksichtigen; doch können u. U. noch erheblich größere Erregungen bis etwa $v = 5$ auftreten. Im folgenden gehen wir jedoch auf derartige Verhältnisse nicht näher ein, sondern rechnen stets mit einer Erregung entsprechend Gl. (18).

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Über die Verwertung von Klärschlamm zur Elektrizitätserzeugung im rheinisch-westfälischen Industriegebiet.

Von Dr.-Ing. M. Prüss, Marinebaurat a. D., Vorstand des Abwasseramtes der Emschergenossenschaft, Essen.

Übersicht. Es werden die Abwasserverhältnisse des rheinisch-westfälischen Industriegebietes besprochen, insbesondere die Reinigung des Wassers der Emscher, des Hauptabwassersammlers des Gebietes. Nach vorheriger Reinigung schädlicher Abwässer der Kokereien werden in einer Zentralkläranlage jährlich 250 000 t Schlamm aus dem Emscherfluß abgeschieden, die, thermisch getrocknet und vermahlen, zur Erzeugung von jährlich 100 Mill kWh benutzt werden sollen.

Der Emscherfluß stellt den Abwassersammler des weitaus größten Teiles des rheinisch-westfälischen Industriegebietes dar. Er wurde samt den Nebenbächen durch die Emschergenossenschaft — einer zur Vorflutbeschaffung und Abwasserreinigung im Emschergebiet 1904 gegründeten und vom Baudirektor Dr.-Ing. E. h. Helbing geleiteten Körperschaft des öffentlichen Rechtes — so ausgebaut, daß er ungereinigtes Abwasser ohne die Gefahr der Schlammablagerung ableiten und dem Rhein zuführen kann. Neben den städtischen Abwässern einer Bevölkerung von 2,5 Mill muß die Emscher die Abwässer der Zechen und Kokereien mit einer Jahreserzeugung von 80 ... 90 Mill t Kohlen, dazu die der gewaltigen Eisenindustrie dieses Gebietes aufnehmen. Die städtischen Abwässer werden zum großen Teil vor Einleitung in die Emscher in genossenschaftlichen Kläranlagen vom Schlamm befreit, der durch Ausfaulen unschädlich gemacht wird. Von den Zechen und Kokereien gelangen jedoch noch große Mengen an Kohlenschlamm, ferner Öle und bedeutende Mengen von giftigen Kohlenwasserstoffen in die Emscher. Alle diese Stoffe gelangen auf dem Wege über die Emscher in wenigen Stunden nach ihrem Anfall in den Rhein. Trotz der sehr großen Wasserführung des Rheinstromes von 2000 m³/s bei M.W. haben sich durch die Einleitung dieser Stoffe erhebliche Mißstände im Rhein ergeben, die sich bis nach Holland hinein bemerkbar machten. Die Mißstände hatten ihre Ursache besonders in dem Gehalt des Emscherwassers an wasserlöslichen giftigen Phenolen, die aus den Ammoniakfabriken der Kokereien in die Emscher und dann in den Rhein gelangen, zum wesentlichen Teil aber auch in der Abführung der erheblichen Schlammengen, die einen verhältnismäßig hohen Prozentsatz wasserunlöslicher schädlicher Teerbestandteile enthalten. Langjährige Versuche zeigten, daß die Beseitigung der Phenole aus dem Abwasser der Ammoniakfabriken mit wirtschaftlich tragbaren Kosten nicht möglich war. Die Emschergenossenschaft strebte daher an, diese Phenole — etwa 10 000 t/Jahr — schon in der Ammoniakfabrik, d. h. bevor sie ins Abwasser gelangen, abzufangen und zu gewinnen. Diese Versuche führten zu der erfolgreichen Ausbildung eines Verfahrens zur Auswaschung der Phenole aus dem Ammoniakwasser der Kokereien, das sich durch Verwendung der gewonnenen Phenolöle wirtschaftlich selbst trägt. Mit der Einführung dieses Verfahrens auf den Kokereien wird die Schädigung des Vorfluters durch die Phenole ganz wesentlich eingeschränkt.

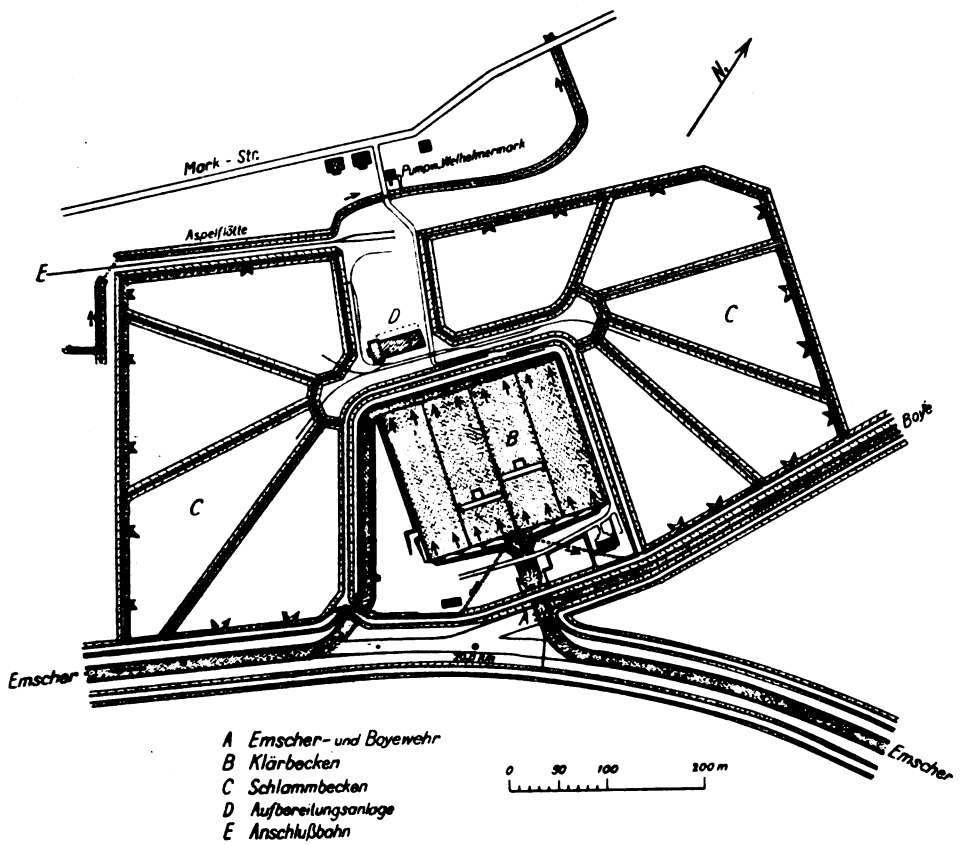


Abb. 1. Lageplan der Emscherfluß-Kläranlage.

Für die Abscheidung der wasserunlöslichen Bestandteile des Emscherwassers, der zweiten Quelle der Schwierigkeiten im Rhein, lagen bei der Emschergenossenschaft bereits weitgehende Erfahrungen an mehreren kleineren Bachkläranlagen vor. Technisch erschien die Klärung des Emscherwassers in einer Zentralkläranlage durchführbar. Entscheidend für die Ausführbarkeit einer Kläranlage für das ganze Emscherwasser war es, daß ein Weg gefunden wurde, die zu erwartenden großen Schlammmengen auf wirtschaftlich tragbare Weise zu beseitigen.

Es mußte mit einem jährlichen Schlammanfall von rd. 250 000 t mit einem Wassergehalt von 50 % gerechnet werden, eine Zahl, die durch die bisherigen Betriebsergebnisse der Emscherfluß-Kläranlage bestätigt wurde. Dieser Schlamm kommt weder als Düngemittel noch als Bergeversatz in Frage. Seine Ablagerung für viele Jahre würde sehr große Flächen in Anspruch nehmen, die nicht zur Verfügung stehen. Da der Schlamm der Emscher einen Heizwert von 4500 bis 4750 kcal/kg, bezogen auf Trockensubstanz hat, so erschien seine thermische Verwertung naheliegend. Unveredelt ist ein Brennstoff mit 50 % Wassergehalt und hohem Aschegehalt im Steinkohlenbezirk mit Rücksicht auf die hohen Transportkosten nur am Orte seiner Gewinnung verwertbar. Auch die Verbrennung dieses Materials auf den besten Spezialrosten befriedigte weder technisch noch wirtschaftlich.

Man mußte den Schlamm also unter allen Umständen durch Trocknen und Aufbereiten brennfähig machen. In praktischen Versuchen sind alle nur denkbaren Wege erprobt worden. Weder ließ sich eine Brikettierung noch eine Verschwelung oder Vergasung auf irgendeine wirtschaftliche Weise durchführen. Nach vergeblichen Versuchen mit Vakuumtrocknern und Dampftrocknern und Vorversuchen zum Zentrifugieren erwies sich die thermische Trocknung mit Feuergas als der einzig gangbare Weg. In einer größeren Versuchsanlage mit einem stündlichen Durchsatz von rd. 5 t/h Naßschlamm wurde die Feuergastrocknung in 1½jährigem Betriebe mit durchaus befriedigendem Ergebnis durchgeführt. Die Trockentrommel mit Kreuzeinbau von Büttner wurde durch Brennstoff geheizt, der aus dem verarbeiteten Schlamm auf der Versuchsanlage selbst erzeugt wurde. Der hohe Wassergehalt des Schlammes ermöglichte es, mit Eingangstemperaturen von 850 ... 900 ° zu fahren, ohne daß das Material in der Trommel anbackte oder die Trommel beschädigt wurde. Allerdings wurde ein verstärkter Einbau ver-

Digitized by Google

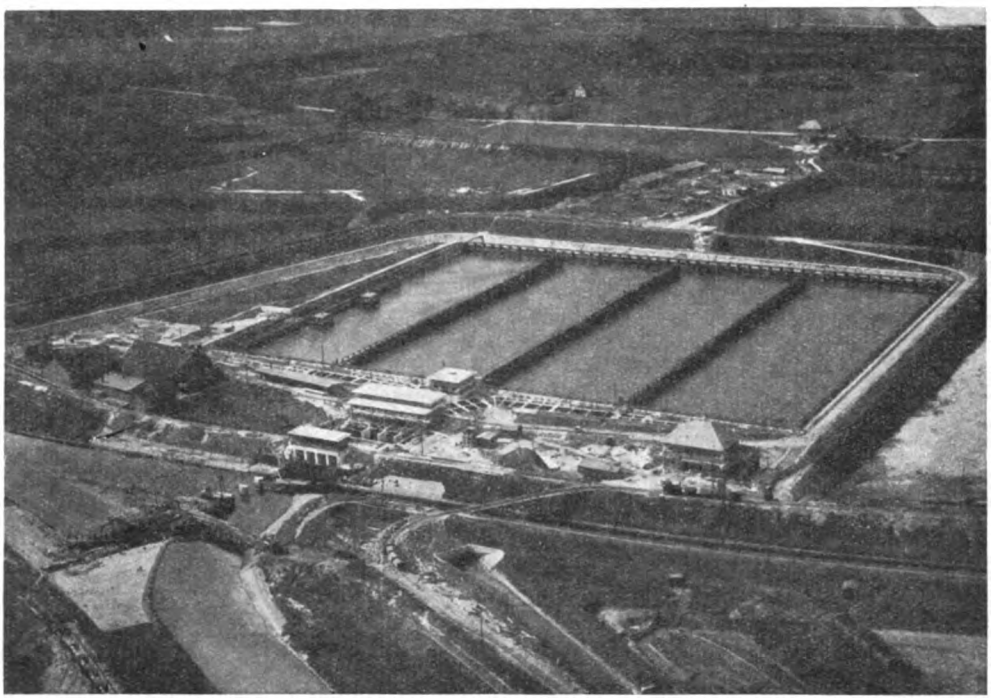


Abb. 2. Luftbild der Emscherfluß-Kläranlage kurz vor der Vollendung der Bauarbeiten. Hinter dem Klärbecken die Schlammtrockenfelder.

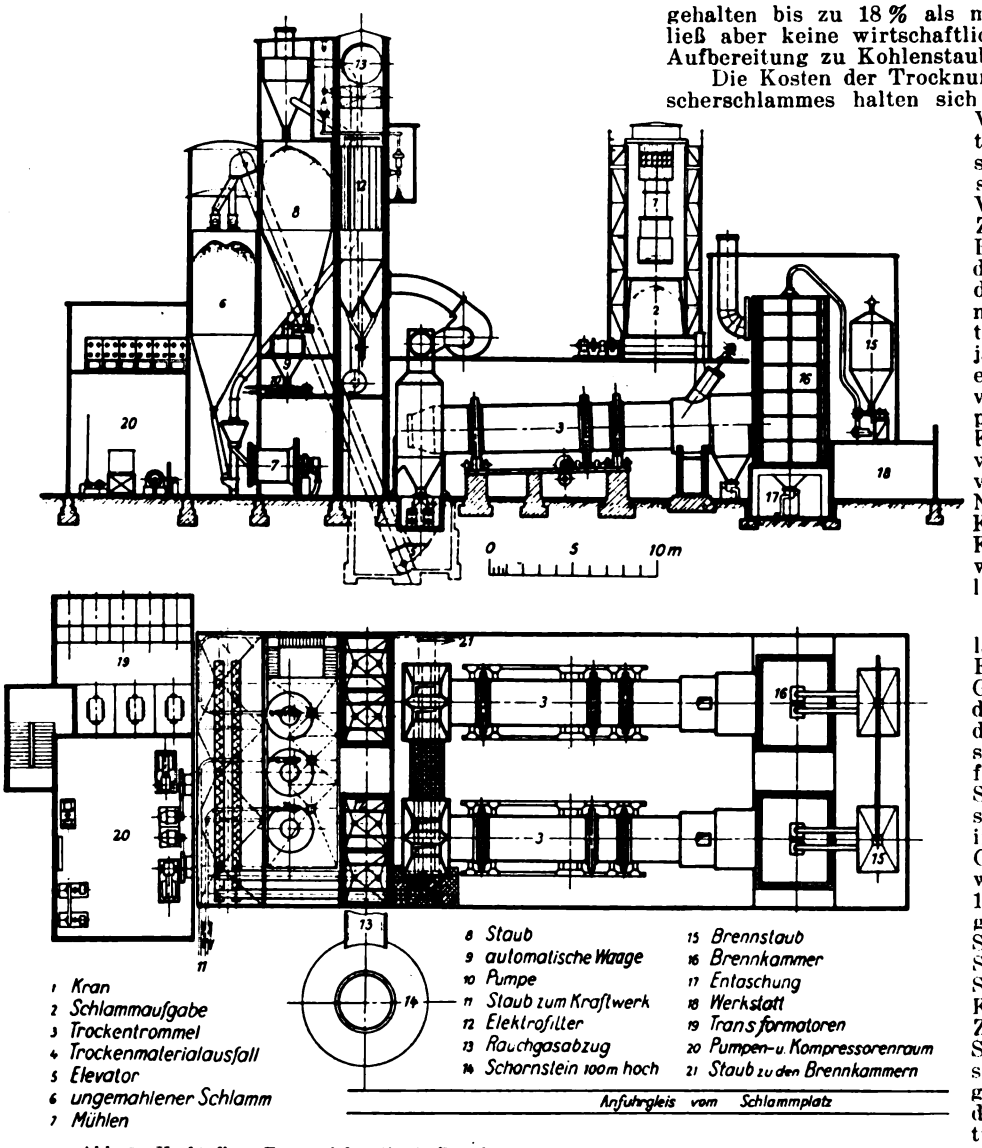


Abb. 3. Vorläufiger Entwurf für die Aufbereitungsanlage zur Trocknung des Schlammes.

wandt. Der Wärmebedarf beträgt rd. 950 kcal für 1 kg verdampftes Wasser entsprechend einem Wirkungsgrad von rd. 65 % im Dauerbetriebe. Die Endfeuchtigkeit kann auf jede gewünschte Höhe eingestellt werden. Der außerordentlich hohe Gehalt des getrockneten Schlammes an brennfähigem Feinstaub legte seine Verwertung als Brennstaub für Staubfeuerungen nahe. Die Versuche in dieser Richtung ergaben infolge des hohen Gasgehaltes von 20 ... 25 % sehr gute Brenneigenschaften und eine harmlose Schlacke. Auch die zahlreichen Mahlversuche befriedigten. Um jedoch die immerhin bedeutenden Kosten für die Vermahlung zu sparen, wurden auf Spezialrosten Verfeuerungsversuche mit vorgetrocknetem Schlamm bei verschiedenem Wassergehalt durchgeführt. Die Verbrennung erwies sich auch bei Wassergehalten bis zu 18 % als möglich; das Gesamtergebnis ließ aber keine wirtschaftliche Überlegenheit über die Aufbereitung zu Kohlenstaub erkennen.

Die Kosten der Trocknung und Vermahlung des Emscherschlammes halten sich nach unseren praktischen Versuchen in wirtschaftlich tragbaren Grenzen. Nach diesem Ergebnis konnte die Emschergenossenschaft ihrem Vorstand die Ausführung der Zentralkläranlage für die Emscher vorschlagen. Aus dem gewonnenen Brennstoff, dessen Abnehmer das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk sein wird, können jährlich etwa 100 Mill kWh erzeugt werden. Um den stark verteuernden Zwischentransport des Brennstaubes in Kohlenstaub-Spezialwagen zu vermeiden, wird das RWE voraussichtlich in möglichster Nähe der Kläranlage ein Kraftwerk am Rhein-Herne-Kanal errichten, der das Kühlwasser für die Kondensatoren liefern kann.

Die Emscherfluß-Kläranlage liegt in der Nähe von Essen. Aus verschiedenen Gründen konnte sie nicht an die Mündung der Emscher in den Rhein gelegt werden, sondern mußte etwa 20 km flußaufwärts gebaut werden. Sie ist inzwischen fertiggestellt und seit November 1928 in Betrieb. Abb. 1 zeigt die Gesamtanlage. Die Emscher wird durch die etwa 200 mal 160 m großen Klärbecken *B* geführt, in denen sich der Schlamm absetzt. Fahrbare Schwimmbagger fördern den Schlamm von der Sohle des Klärbeckens zu den ortsfesten Zentrifugalpumpen, die den Schlamm mit etwa 80 % Wassergehalt auf die rd. 80 Morgen großen Schlammbecken *C* drücken. In diesen Becken trocknet der Schlamm auf etwa 45 ... 50 % Wassergehalt

Digitized by Google

ein. Abb. 2 zeigt ein Luftbild der Kläranlage, von der Zulaufseite der Emscher her kurz vor der Fertigstellung aufgenommen. Die Karnaper Anlage dürfte z. Z. die größte Kläranlage sein, die zur Entschlammung von Abwasser bisher irgendwo in Betrieb genommen wurde.

Die nach den Erfahrungen der Versuchsanlage noch zu erbauende Trocknungs- und Mahlanlage ist in Abb. 1 mit *D* bezeichnet. Sie soll jährlich rd. 250 000 t stichfesten Schlamm zu Brennstaub aufbereiten. Nach Abzug des Eigenverbrauchs und der Staubverluste entstehen rd. 100 000 t verkaufsfähiger Brennstaub mit 4750 kcal/kg. Abb. 3 zeigt einen schematischen Schnitt und Grundriß der projektierten Anlage nach den bisherigen Vorarbeiten. Der stichfeste Schlamm von lehmartiger Beschaffenheit wird kleinen Bunkern (*2*) zugeführt und gelangt von dort über Doppel- und Bandschnecke in die Trockentrommeln (*3*) von je rd. 3 m Dmr. und 15 m Länge. Mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 1 ... 2 % wird das Trockenmaterial ausgetragen und über Stahlbänder, Elevator und Schnecken dem Trockenschlammbunker (*6*) zugeführt, aus denen es den Kohlenstaubmühlen (*7*) zuläuft. Die wirtschaftliche Mahlung dieses feinen Brennstoffes ist in hohem Maße eine Frage der Sichterbauart. Die vorgenommenen Mahlversuche haben bei Mühlen verschiedener Bauart einen Arbeitsaufwand von 10 ... 15 kWh/t ergeben. Der gemahlene Brennstaub gelangt über Zyklone in den Staubbunker (*8*) und von dort über selbsttätige Waagen zu den Kohlenstaubpumpen (*9*), die den Staub zu dem in Aussicht genommenen Kraftwerk und zu den Brennkammern (*16*) der Trockentrommeln fördern sollen. Ganz besondere Aufmerksamkeit wird der Entstaubung und Abführung der Brüden gewidmet. Der Staubgehalt der Brüden ist zu etwa 10 g/m³, bezogen auf eine Temperatur von 100 ° ermittelt worden. Dazu kommt noch der Staub der Mühlenabluft und der Bunker- und Innenentstaubung, so daß mit etwa 6 % des Durchsatzes an Staubanfall gerechnet werden muß.

Mechanische Trockenentstaubungen, die genügende Reinheit, d. h. 0,2 g Staub/m³ Abgase erzielen, sind in geeigneter Bauweise nicht zu erhalten. Nasse Entstaubung kam mit Rücksicht auf die Staubverluste und hohen Betriebskosten nicht in Frage. Dazu kommt noch, daß die Trocknerbrüden einen wenig angenehmen Geruch, herrührend aus den beigemischten Fäkalien und Ölen, haben und deshalb durch einen möglichst hohen Schornstein abgeführt werden müssen, um eine entsprechende Verdünnung zu erreichen. Bei Naßentstaubung würde die Temperatur der Brüden zu stark herabgesetzt werden, so daß starke Kondensation mit sehr unangenehmen Folgen im Schornstein sicher zu erwarten wäre. Es muß daher voraussichtlich die teure, aber wirksame elektrische Entstaubung gewählt werden, die ebenfalls vorher in der oben erwähnten Versuchsanlage erprobt worden ist. Zur weiteren Beeinflussung des unangenehmen Geruches der Brüden ist eine Behandlung mit Chlorgas bei ungünstigen atmosphärischen Verhältnissen vorgesehen, die im Schornstein vorgenommen werden soll. Zur Durchführung der geschilderten Vorarbeiten für die Schlammtrocknung und Verfeuerung hat die Emschergenossenschaft den beratenden Ingenieur Theo Schmidt der Westdeutschen Wärmeberatungstelle in Düsseldorf hinzugezogen.

Die gestellte große Aufgabe dürfte keine Parallele finden, sie ist aus der Zusammenballung großer Menschenmengen auf engem Raum mit einer gewaltigen Industrie der großen Massen erwachsen. Ihre wirtschaftliche Lösung ist für das rheinisch-westfälische Industriegebiet von großer Bedeutung.

Der gegenwärtige Stand der Technik und der Betriebsorganisation des deutschen Flugfunkwesens.

(150. Bericht der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof, Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik.)

Von **F. Eisner** und **H. Faßbender**, Berlin.

(Schluß von S. 163.)

4. Die Verwendung der ultrakurzen Wellen.

Die ultrakurzen Wellen sind seither im deutschen Luftfunkdienst noch nicht erprobt worden, jedoch sind unter Verwendung von Flugzeugen Versuche[9, 10] mit diesen Wellen ausgeführt worden. Hierdurch sollte experimentell festgestellt werden, ob die Vorstellung der sog. optischen Ausbreitung dieser Wellen den Tatsachen entspricht, u. zw. sollte diese Frage durch Messungen der Reichweite in Abhängigkeit von der Höhe des Flugzeuges über dem Erdboden entschieden werden. Vom Ergebnis solcher Untersuchungen wird es abhängen, in welchem Umfang die ultrakurzen Wellen in der Luftfahrt Anwendung finden werden.

Es wurde ein kleiner von der Telefunken G. m. b. H. gebauter Sender für eine Wellenlänge von 3,7 m in ein Holzflugzeug, Muster Albatros L 74, eingebaut. Die mit dem Flugzeug während der Versuche erreichte maximale Höhe betrug 2700 m. Als Antenne diente ein aus Kupferrohren bestehender Dipol von 170 cm Länge, der unterhalb des Flugzeugrumpfes senkrecht zur Flugzeugachse angebracht war[11]. Die Verbindung vom Sender zum Dipol bildete eine durch einen Metallzylinder abgeschirmte Energieleitung.

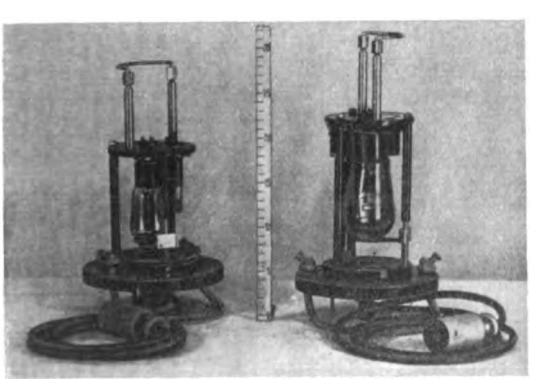


Abb. 16. Lorenz-Sender für ultrakurze Wellen; Hochfrequenzteil des Senders und Empfängers.

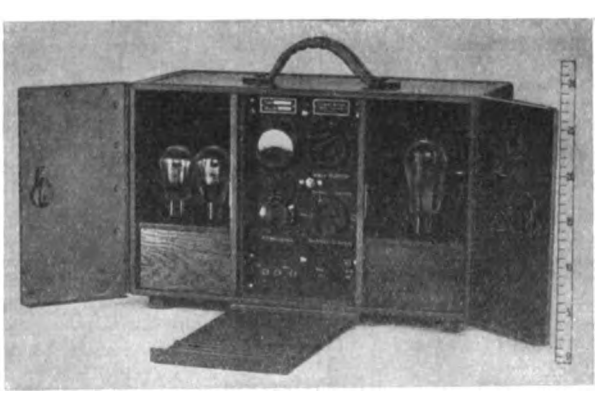


Abb. 17. Lorenz-Sender für ultrakurze Wellen; Niederfrequenzteil.

Bei den seitherigen Versuchen wurde ein Sender der Firma Telefunken benutzt[12]. Abb. 16 zeigt den Hochfrequenzteil des Senders und Empfängers des Lorenz-Gerätes. Als Antenne dient der oberhalb der Röhre sichtbare kleine Bügel. Dieser Teil muß im Flugzeug so angeordnet werden, daß die elektromagnetischen Wellen auf ihrem Wege zur Gegenstation nicht durch Teile des Flugzeugkörpers gehindert werden. Abb. 17 zeigt den zu dem Gerät gehörigen Niederfrequenzteil (Modulations- und Superregenerativ-Anordnung). In der Zahlentafel 3 und Abb. 18 sind die Grenzen für den Telegraphie-Empfang in

[9] H. Faßbender u. G. Kurlbaum, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33. S. 52.

[10] F. Gerth u. W. Scheppmann, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33. S. 23.

[11] Vgl. Abb. 1 auf S. 1390 der ETZ 1929.

[12] Vgl. Abb. 2 auf S. 1390 der ETZ 1929.

Digitized by Google

Zahlentafel 3. Grenzen des Telegraphie-Empfanges bei $\lambda = 3{,}7$ m in Abhängigkeit von der Flughöhe (Flugzeug fliegt vom Empfänger fort).

Flughöhe m	Grenzen des Telegraphie-Empfanges km	Flughöhe m	Grenzen des Telegraphie-Empfanges km
190	36	510	54
200	34	680	67
220	36	890	65
450	54	2620	130

Abhängigkeit von der Flughöhe für Empfang am Boden und im Flugzeug zusammengestellt. Die Ergebnisse sind mit einem Superregenerativ-Empfänger[13] gewonnen worden. Nach der Vorstellung, daß bei diesen Wellen zwischen Sender und Empfänger optische Sicht bestehen muß, wird ein Empfang so lange möglich sein, als das Flugzeug sich oberhalb der im Empfangsort an die Erdoberfläche gelegten Tangentialebene befindet. Bezeichnet man (Abb. 19) die Flughöhe mit h, die Reichweite mit a, den Erdradius mit r, so ergibt sich

$$\cos\varphi = \frac{r}{r+h} \quad \text{und} \quad \varphi = \frac{a}{r}.$$

Für $a \ll r$ erhält man $a = \sqrt{2\,r\,h}$. Für den Erdradius $r = 6370$ km wird die theoretische Reichweite $a_{km} = 3{,}55\sqrt{h_m}$. Die so ausgerechneten Werte sind in Abb. 18 als gestrichelte Kurve eingezeichnet, während die ausgezogene Kurve die wirklich ermittelte Reichweite angibt.

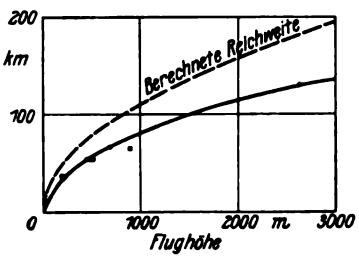


Abb. 18. Grenzen des Telegraphie-Empfanges in Abhängigkeit von der Flughöhe beim Hinflug.

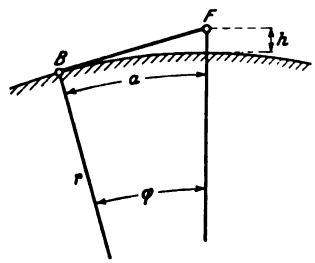


Abb. 19. Berechnung der theoretischen Reichweite.

Die ultrakurzen Wellen scheinen für den Nahverkehr zwischen zwei Flugzeugen besonders berufen zu sein. Eine gewisse Konkurrenz innerhalb dieses Anwendungsgebietes haben die ultrakurzen Wellen allerdings in den Wellen zwischen 100 und 150 m zu erwarten. Auch für diese Wellen ist die Strahlung schon außerordentlich groß. Die Reichweite kann wegen der immerhin geringen Raumstrahlung als definiert angesehen werden. Schwunderscheinungen sind zwar vorhanden, jedoch noch erträglich. Ein Verkehr mit fernen Bodenstationen bei diesen Wellen ist nicht möglich, da die an der Erdoberfläche entlanglaufenden Wellen schon außerordentlich starke räumliche Dämpfung aufweisen. Sonst aber steht der Anwendung auch dieser Wellen für den Nahverkehr zwischen zwei Flugzeugen nichts im Wege. Ob also für dieses Anwendungsgebiet die Wellen unter 10 m oder zwischen 100 und 150 m sich als die geeignetsten erweisen, kann z. Z. noch nicht entschieden werden und hängt auch stark von der Entwicklung der Empfänger für diese beiden Wellenbereiche ab. Als wesentlicher Vorteil der 3 m-Welle muß aber hervorgehoben werden, daß schon in relativ geringen Flughöhen die räumliche Dämpfung durch den Erdboden vernachlässigt werden kann.

5. Peilgeräte.

Um einen regelmäßigen Luftverkehr aufrecht zu erhalten, muß der Pilot in jedem Augenblick genaue Kenntnis seines jeweiligen Ortes oder wenigstens des einzuschlagenden Kurses haben. Ein wichtiges Hilfsmittel für die Orientierung im Flugzeug ist die Funkpeilung. Sämtliche Funkpeilverfahren lassen sich in die beiden großen Gruppen der Fremd- und Eigenpeilung einteilen. Der deutsche Luftverkehr besitzt eine Anzahl von Bodenpeilstationen, die nach dem Verfahren der Fremdpeilung auf Anforderung den Ort eines Flugzeuges durch Peilung feststellen und ihn alsdann nach dem Flugzeug funktelegraphisch übermitteln. Als Peilsender dient der für den Nachrichtenverkehr vorhandene Langwellen-Flugzeugsender. Die Bodenpeilstationen besitzen sämtlich Rahmenpeiler der Firma Telefunken, u. zw. kommen die für die deutsche Schiffahrt seit langem entwickelten Geräte zur Anwendung. Die Bodenanlage besteht aus dem Peilempfänger, einem Achtröhrengerät mit vierfacher Hochfrequenzverstärkung, einem Audion und dreifacher Niederfrequenzverstärkung, dem drehbaren Rahmen, dessen Azimut bis auf ½ ° an der Peilscheibe abzulesen ist, und der Hilfsantenne. Die Hilfsantenne ist erforderlich, um den sog. Antenneneffekt des Peilrahmens zu kompensieren, der darin besteht, daß in dem Rahmen nicht nur durch das magnetische Feld die Empfangs-Wechselspannungen erzeugt werden, sondern auch durch das gleichzeitig vorhandene elektrische Feld eine Spannung hervorgerufen wird[14]. Wenn

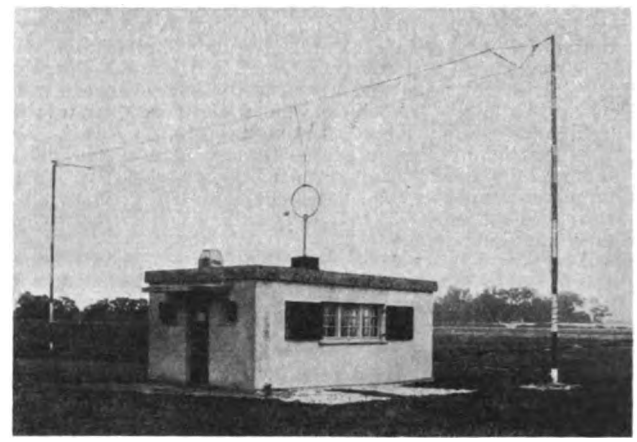


Abb. 20. Bodenpeilstelle München.

der Rahmen zur Richtungsbestimmung in das Minimum des Empfanges gedreht wird, so bleibt die durch den Antenneneffekt hervorgerufene Spannung bestehen und erzeugt eine manchmal beträchtliche Unschärfe in der Einstellung des Minimums. Dieser Fehler wird dadurch kompensiert, daß durch die Hilfsantenne eine dem Antenneneffekt

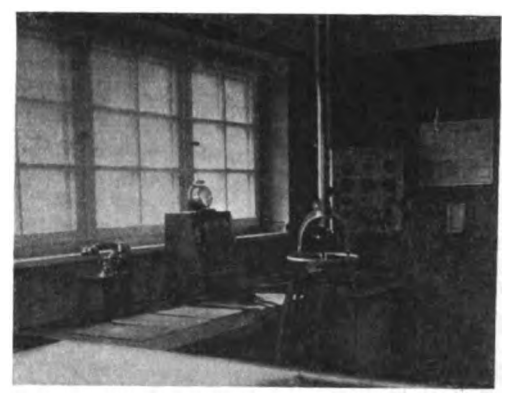


Abb. 21. Bodenpeilstelle München; Innenansicht.

gleiche, aber um 180 ° phasenverschobene Spannung in den Rahmenkreis induziert wird. Man erhält durch richtige Einstellung dieses Hilfsantennenbedarfs und des Rahmens außerordentlich scharfe Minima. Da die Charakteristik des Peilrahmens zwei Minima aufweist, die um 180 ° gegeneinander versetzt sind, ist es erforderlich, für die Feststellung des Flugzeugortes auch eine Seitenbestimmung vorzunehmen. Hierzu dient wieder die Hilfsantenne, deren Charakteristik kreisförmig ist. Eine Überlagerung dieser Charakteristik mit der des Rahmens gibt bei richtiger Abgleichung eine einseitige Charakteristik mit nur einem Minimum, aus dessen Lage erkannt werden kann, auf welcher Seite des Rahmens sich das Flugzeug befindet.

Das Fremdpeilverfahren hat den Vorteil, daß im Flugzeug keine zusätzlichen Geräte erforderlich sind und daß die Flugzeugbesatzung nicht mit schwierigen Auswertungsaufgaben belastet wird; es hat sich in Deutschland in zunehmendem Maße bewährt. Sein Nachteil ist, daß eine solche Peilung eine gewisse Zeit erfordert, so daß insbesondere bei schlechtem Wetter, wenn häufige Standortsbestimmungen erforderlich sind und ein Flugzeug auf das

[13] E. Busse, L'Onde Electrique Bd. 7, S. 217. Ausführliches Selbstreferat: Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33, S. 153.

[14] Vgl. a. Maurer u. Fischer, ETZ 1925, S. 1901; 1926, S. 1475. — Fischer, ETZ 1928, S. 1043.

Digitized by Google

andere warten muß, der Wert einer solchen Fremdpeilung unter Umständen stark herabgesetzt werden kann.

Die Bodenpeilstationen sind in kleinen Steinhäuschen eingebaut, die an solchen Stellen des Flugplatzes stehen, wo die störenden Einflüsse benachbarter Leitergebilde möglichst gering sind. Eine Ansicht der Bodenpeilstelle München zeigen die Abb. 20 und 21, auf denen der drehbare Rahmen und die Hilfsantenne gut zu erkennen sind.

Bei der Eigenpeilung wird die Ortsbestimmung im Flugzeug vorgenommen. Zu diesem Zweck muß an Bord ein richtungsempfindlicher Empfänger sein. Der von der Schiffahrt seit langem benutzte und in verbesserter Form in den Flughafen-Bodenpeilstationen verwendete Rahmenpeiler, der auch in etwas leichterer Ausführung in den Zeppelin-Luftschiffen Anwendung fand, ist neuerdings in Zusammenarbeit der DVL und der Firma Telefunken zu dem Flugzeug-Bordpeiler[15] entwickelt worden, der für Langstreckenflüge ein unentbehrliches Navigationsgerät zu werden verspricht. Er hat in zahlreichen Flügen der DVL und der Luft-Hansa schon seine Eignung für diesen Zweck bewiesen.

Der neue Bordpeiler besitzt einen drehbaren Rahmen von geringem Gewicht, dessen Konstruktion mit besonderer Berücksichtigung der erheblichen Windkräfte ausgeführt worden ist. Der Bordpeilempfänger, der, wenn nicht gepeilt wird, die Dienste eines gewöhnlichen Flugzeugempfängers übernimmt, besitzt 9 Röhren, u. zw. wird der Hilfsantennenbedarf einer fest am Flugzeug verspannten Antenne entnommen, deren elektromotorische Kraft durch eine besondere Röhre verstärkt werden muß. Die beiden abgestimmten Kreise haben Einknopfbedienung. Die Seitenbestimmung ist gegenüber dem Bodenpeiler vereinfacht. Da die Peilung vom Bordfunker genommen werden muß, ist ein Anzeigegerät entwickelt worden, durch das der Pilot in einfacher Weise schnell über den jeweiligen Kurs informiert werden kann. Der Energiebedarf des Peilempfängers wird aus dem Windflügelgenerator der Bordfunkstation entnommen, der zu diesem Zweck besondere Stromreinigungsmittel erhält. Abb. 22 zeigt einen solchen Bordpeiler, dessen Abmessungen so gewählt sind, daß er wie der Empfänger der Telefunken-Station 262 F über dem Sender angebracht werden kann.

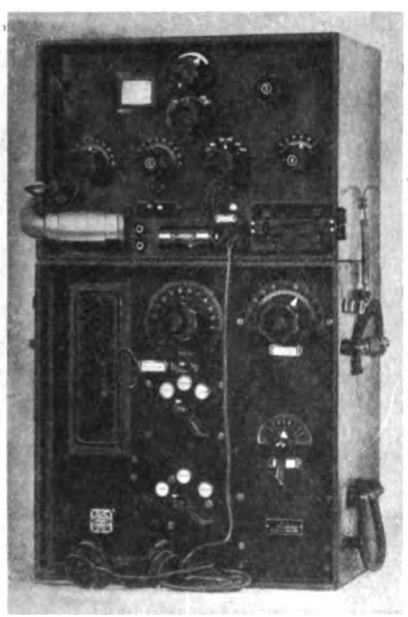


Abb 22. Flugzeugsender, Muster 262 F, mit Bordpeiler.

In Abb. 23 erkennt man den Peilrahmen, der an einem Dornier-Wal montiert ist. Die große Nähe der benachbarten Metallmassen bedingt Fehler bei der Peilung, die durch Aufnahme der Funkbeschickungskurve berücksichtigt werden. Auf dem abgebildeten Wal ist der Notsendermast ausgekurbelt, der zur Aufrechterhaltung des drahtlosen Verkehrs nach dem Niedergehen auf See dient. In diesem Fall wird die Energie einem benzinelektrischen Notsendeaggregat entnommen.

Zur Zeit ist der Rahmenpeiler der Firma Telefunken der einzige, der als Boden- oder Bordpeiler in der deutschen Luftfahrt ausgedehnte Anwendung findet. Es wird aber an der Entwicklung anderer Peilmethoden gearbeitet. Hier seien zwei zur Eigenpeilung gehörige Verfahren erwähnt. Es ist ein alter Wunsch, in der Luftfahrt für Zielflüge ein direkt zeigendes Peilgerät zu haben, das gestattet, bei einmaliger Einstellung an dem Zeiger eines im Führersitz eingebauten Instrumentes abzulesen, wann das Flugzeug von der Richtung zu einem Zielsender hin abweicht. Versuche in dieser Richtung sind von Dieckmann und Hell[16] angestellt worden. Außerdem werden auch in Deutschland von der Firma Lorenz mit dem Richtsendeverfahren Versuche angestellt. Die praktische Brauchbarkeit dieses Verfahrens wird zur Zeit von der DVL geprüft. Dieses von Scheller[17] und Kiebitz[18] angegebene Verfahren ist in Amerika weiter ausgearbeitet worden. Es hat den Vorteil, daß an Bord des Flugzeuges ein relativ einfaches Empfangsgerät ausreicht, mit dessen Hilfe jederzeit die Richtung nach dem Zielsender hin oder von ihm weg eingehalten werden kann. Sein Nachteil ist, daß ein besonderer Sender erforderlich ist.

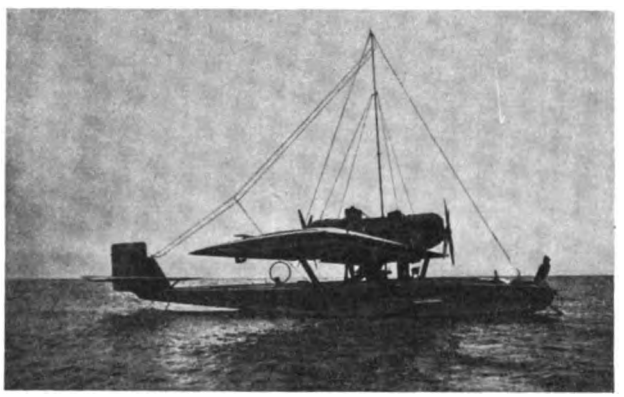


Abb. 23. Dornier-Wal mit Notantenne und Peilrahmen.

An dieser Stelle mögen auch die Peilverfahren zur Nahpeilung erwähnt werden, die dem Piloten die Möglichkeit geben, bei unsichtigem Wetter den Flugplatz und die Landebahn zu finden, wenn er durch eines der Fernpeilverfahren in die Nähe des Flughafens geführt worden ist. Die Funktechnik bietet eine ganze Anzahl von Wegen, die auch beschritten werden, die aber infolge der Schwierigkeiten dieses Gebietes bis jetzt noch kein endgültiges Ergebnis gezeitigt haben. Hier seien z. B. die Methoden des nieder- oder hochfrequent beschickten Leitkabels erwähnt, das in der Schiffahrt Anwendung gefunden hat, sowie auch die der ultrakurzen Wellen, die sich leicht bündeln lassen und deren Reichweite begrenzt ist.

6. Luftschiffgeräte.

Die besonderen technischen Forderungen, die an den FT-Verkehr mit Luftschiffen gestellt werden, sind die folgenden:

1. Die FT-Anlage muß dem Luftschiff die Möglichkeit geben, mit den auf der Strecke befindlichen Land- und Küstenstationen sowie mit den Schiffen in Verbindung zu treten.
2. Die FT-Anlage soll es dem Luftschiff ermöglichen, mit dem Heimathafen möglichst in ständiger direkter Verbindung zu bleiben.

Die erste Aufgabe kann heute nur durch lange Wellen erfüllt werden. Für die Ausbreitung über See gilt die bekannte Austinsche Formel, die wir auch für den Verkehr zwischen Luftschiffen und Boden anwenden können:

$$\mathfrak{E} = \frac{0{,}12\,\pi\, I\, h_{\mathrm{eff}}}{d\,\lambda}\, e^{\frac{-\alpha d}{\sqrt{\lambda}}} \quad [\mathrm{V/m}].$$

$\mathfrak{E}$ Empfangsfeldstärke in V/m,
I Sendestrom in A,
h_{eff} effektive Höhe der Sendeantenne in km,
d Abstand Sender—Empfänger in km,
λ Wellenlänge in km,
α Konstante der Ausbreitungsdämpfung (über See = 0,0015).

In Abb. 24 sind nach Austin die Feldstärken für verschiedene Entfernungen in Abhängigkeit von der Wellenlänge für eine Stromstärke in der Sendeantenne von 1 A

[15] M. H. Gloeckner, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33, S. 92.

[16] R. Hell, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33, S. 138.
[17] O. Scheller, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 2, S. 341; ETZ 1929, S. 191.
[18] F. Kiebitz, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 15, S. 209.

Digitized by Google

und für eine effektive Höhe der Sendeantenne von 1 m aufgetragen. In Abb. 25 sind die Empfangsfeldstärken in Abhängigkeit von der Entfernung für verschiedene Wellenlängen ebenfalls für 1 Meter-Amp. eingezeichnet. Das Luftschiff „Graf Zeppelin" hat zwei übereinanderliegende Schleppantennen von je 120 m Länge. Die Antennengewichte haben windschnittige Form. Die effektive Höhe der Antennen wurde von der DVL durch Feldstärkenmessungen mit dem Andersschen Gerät am Rande der Nahwirkungszone bestimmt; sie ergab sich zu rd. 29 m. Das ist ein besonders günstiger Wert, wenn man bedenkt, daß die 70 m

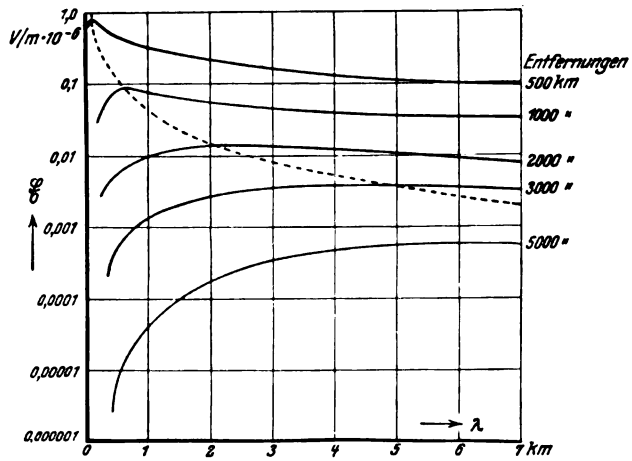


Abb. 24. Berechnete Feldstärken über See für 1 Meter-Amp., abhängig von der Wellenlänge.

lange Flugzeugantenne, wie sie heute allgemein gebraucht wird, eine effektive Höhe von nur 7 m hat. Die Antennenstromstärke der Zeppelin-Langwellenstation ist etwa 5 A. Man kann also mit rd. 145 Meter-Amp. in der Sendeantenne rechnen. Die sich hierfür ergebenden Feldstärken sind in Abb. 26 graphisch aufgetragen. Die Kurven Abb. 24 und 26 lassen erkennen, daß es für jede Entfernung

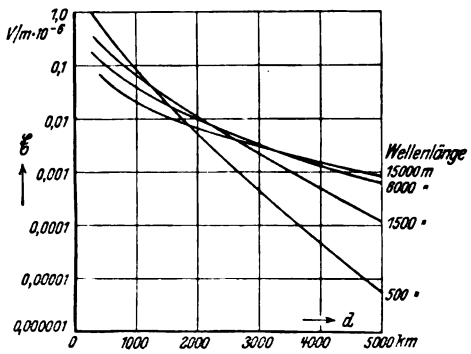


Abb. 25. Berechnete Feldstärken über See für 1 Meter-Amp., abhängig von der Entfernung.

eine günstigste Wellenlänge gibt. Diese Werte sind in der Abb. 24 durch eine gestrichelte Kurve miteinander verbunden. Wenn man also besonders günstige Reichweiten erzielen will, so muß man für die verschiedenen Entfernungszonen verschiedene Betriebswellen festsetzen. Für einen Empfang am Boden reicht eine elektromagnetische Feldstärke von 2 μV/m gerade noch aus. Aus der Abb. 26 folgt, daß man mit einer größeren Reichweite als 2000 km bei Tag nicht sicher rechnen kann. Diese Mindestreichweite kann unter besonders guten Verhältnissen und bei Nacht wesentlich überschritten werden. Ebenso ist damit zu rechnen, daß bei starken atmosphärischen Störungen nur wesentlich kleinere Entfernungen überbrückt werden können.

Die seitherigen Überlegungen gelten für Verkehr über See. Für lange Wellen und Entfernungen bis zu einigen hundert Kilometern über Land ist bei der DVL eine Untersuchung[19] abgeschlossen, die für den Verkehr zwischen Flugzeug und Boden die Abnahme der Empfangsfeldstärke mit der Entfernung für den Wellenbereich 200 bis 2000 m feststellt. Abhängig von der Wellenlänge ergaben sich die in Abb. 27 dargestellten Werte für die Konstante α der Ausbreitungsdämpfung. Mit diesen Werten

[19] Wie Fußnote 2.

ergaben sich auch für die Zeppelin-Antenne sehr kleine elektromagnetische Empfangsfeldstärken. Diese Überlegungen gelten nicht allein für Luftschiff-FT-Verkehr, sondern auch für den zu erwartenden Langstreckenverkehr mit Großflugzeugen. Eine Vergrößerung der Reichweite bei den langen Wellen wäre natürlich zu erzielen durch Vergrößerung der effektiven Höhe der Sendeantenne und der Antennenstromstärke. Die Anwendung dieser Mittel scheitert an der dadurch verursachten Mehrbelastung des Luftschiffes.

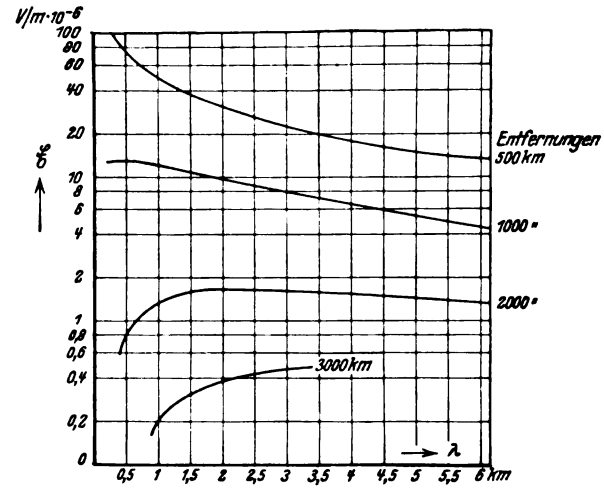


Abb. 26. Berechnete Feldstärken für die Zeppelin-Langwellenstation.

Aus diesem Grund wurden von der DVL während der ersten Fahrt des Luftschiffes „Graf Zeppelin" nach Amerika Kurzwellenversuche angestellt[20], deren Ergebnisse die DEBEG veranlaßt haben, neben der Langwellenanlage eine Kurzwellenanlage in das Luftschiff einzubauen.

Die augenblickliche gesamte FT-Anlage des Luftschiffes setzt sich aus folgenden Apparaten zusammen:

a) Langwellengeräte.

1. Fremdgesteuerter Sender der Firma Telefunken. Muster spez 188 S mit einer Leistung von 140 W und einem kontinuierlich einstellbaren Wellenbereich von 500 ... 3000 m, der im übrigen grundsätzlich ebenso gebaut ist, wie der auf S. 158 ausführlich beschriebene Flugzeugsender 262 F;
2. fremdgesteuerter 70 W-Sender der Firma Telefunken, Flugzeug-Langwellensender Muster 262 F mit einem Wellenbereich von 300 ... 1300 m als Notsender.

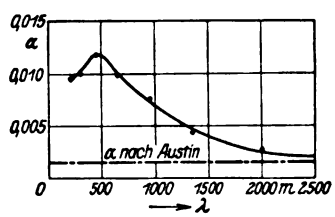


Abb. 27. Konstante der Ausbreitungsdämpfung α über Land (nach Eisner, Faßbender, Kurlbaum).

In Abb. 28, die die Funkkabine des LZ 127 zeigt, sind diese beiden Sender rechts auf dem Tisch zu erkennen. Zur Energieversorgung der Anlage dient normalerweise ein einschwenkbarer Generator mit selbstregelndem Propeller, der durch den Fahrwind angetrieben wird. Um die Möglichkeit zu haben, auch beim Stillstand des Propellers senden zu können, ist ein zweiter Generator vorgesehen, der von einer für Beleuchtungszwecke vorhandenen Akkumulatorenbatterie gespeist wird. Die Ladung dieser Batterie geschieht normalerweise durch einen vom Fahrwind angetriebenen Propellergenerator, im Notfall durch ein besonderes Benzinaggregat.

Die Langwellenanlage wird durch eine Empfangsanlage ergänzt, die aus drei Telefunken-Empfängern Muster E 363 S, E 364 S und E 365 S mit dreikreisiger Abstimmung und einem Wellenbereich von 125 ... 25 000 m besteht. Zwei dieser Empfänger sind in Abb. 29, die die gegenüberliegende Wand der Luftschiffkabine zeigt, zu sehen.

b) Kurzwellengeräte.

Der erste Kurzwellensender wurde, wie schon oben gesagt, von der DVL in das Luftschiff eingebaut und war

[20] ETZ 1929, S. 16.

Digitized by Google

auf der ersten Amerikafahrt im Oktober 1928 in Betrieb[21]. Der Sender arbeitet mit Quarzsteuerung und einfacher bzw. zweifacher Frequenzverdoppelung und hat einen Wellenbereich von 15 ... 60 m. Während der späteren Fahrten wurde der Versuchsender durch einen Kurzwellensender der Telefunken G. m. b. H. ersetzt. In Abb. 29 ist der Kurzwellensender in der Mitte oben zu sehen. Er hat eine Antennenleistung von rd. 50 W, einen Wellenbereich von 16 ... 80 m und arbeitet ebenso wie die beiden Langwellensender mit Fremdsteuerung. Zur Energieversorgung dienen die gleichen Generatoren wie für die Langwellenanlage.

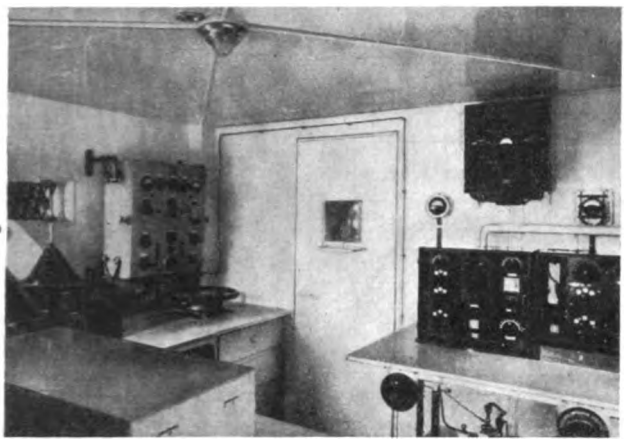


Abb. 28. Funkkabine des LZ 127, Ansicht 1.

Die DVL-Kurzwellenanlage arbeitete mit einer Dipolantenne[22]. Während die Gestalt eines Flugzeuges im allgemeinen der Anbringung eines festverspannten Dipols keine großen Schwierigkeiten bietet, sind die Formen des Luftschiffes ungünstig für die Verspannung des Dipols. Die Telefunken-Kurzwellenanlage verwendet eine 15 m lange Schleppantenne.

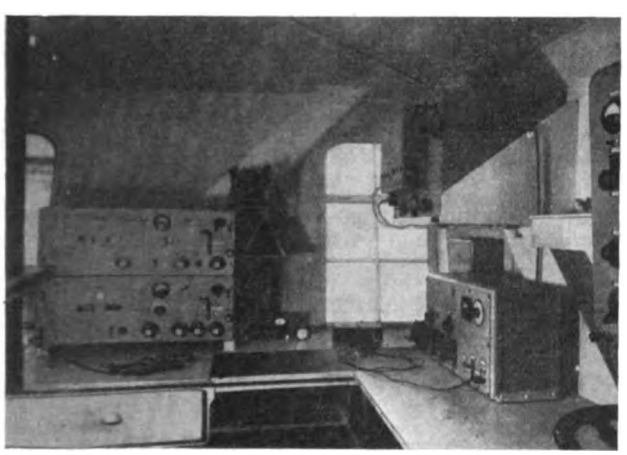


Abb. 29. Funkkabine des LZ 127, Ansicht 2.

Der Kurzwellenempfänger, der in Abb. 29 unter dem Kurzwellensender auf dem Tisch zu sehen ist, besteht aus einem Fünfröhrengerät, das ein rückgekoppeltes Audion in Gegentaktschaltung und zwei Stufen Niederfrequenzverstärkung enthält. Für Empfang ungedämpfter Telegraphie ist er mit einem besonderen Überlagererkreis ausgestattet. Der Wellenbereich dieses Empfängers ist 10 bis 150 m.

c) Peilanlage.

Der im Luftschiff eingebaute Peilempfänger, der im wesentlichen dem auf S. 202 beschriebenen Bodenpeiler ähnlich ist, hat einen Wellenbereich von 300 ... 4000 m. Er ist in Abb. 28 links neben der Tür zu erkennen. Vor dem Peiler auf dem Tisch erkennt man den Antrieb der Peilscheibe. Der Drehrahmen befindet sich unterhalb der Gondel in dem sog. Landungspuffer.

[21] Wie Fußnote 20. — Abb. 2 auf S. 17 der ETZ 1929 zeigt den Sender.

[22] Abb. 1 auf S. 17 der ETZ 1929.

7. Betriebsorganisation.

Der Betrieb der deutschen Flugfunkstationen und seine Organisation ist in einer besonderen Behörde, die dem Reichsverkehrsministerium untersteht, der „Zentralstelle für Flugsicherung" (ZfF), zusammengefaßt. In fast allen Flughäfen sind Bodenfunkstationen aufgestellt. Nähere Angaben hierüber finden sich in Zahlentafel 4. In einzelnen Flughäfen sind außer diesen Sende- und Empfangsanlagen Peilstationen für Fremdpeilung aufgestellt. Der Funkbetrieb ist durch die „Betriebsordnung für den internationalen Flugfunkdienst nebst Ausführungsbestimmungen für den deutschen Flugfernmeldedienst", beschlossen auf der 27. Internationalen Luftfahrt-Konferenz im Haag im September 1928, geregelt. Von den Bestimmungen seien die folgenden allgemein wichtigen hervorgehoben:

Tafel 4. Zusammenstellung betreffend Flughafen-Funkstellen.

Nr.	Sendestation	Hersteller	Ant.-Lstg. W	Wellenbereich m	Peiler
1	Berlin, FV	Telef.-Röhren-Sd.	1500	800 ... 1800	ja
2	Breslau, FV	Lorenz-Röhren-Sd.	400	500 ... 2400	ja
3	Dortmund, FV	Lorenz-Röhren-Sd.	300	500 ... 2400	ja
4	Dresden, FV	Lorenz-Röhren-Sd.	300	500 ... 2400	ja
5	Erfurt, FV	Lorenz-Röhren-Sd.	300	500 ... 2400	ja
6	Frankfurt a. M., FV	Lorenz-Röhren-Sd.	300	500 ... 2400	ja
7	Halle-Leipzig	Lorenz-Röhren-Sd.	300	500 ... 2400	—
8	Hamburg, FV	Lorenz-Röhren-Sd.	300	500 ... 2400	ja
9	Hannover, FV	Telef.-Röhren-Sd.	1500	800 ... 1800	ja
10	Hof	Telef.-Röhren-Sd.	800	800 ... 1800	—
11	Köln	Telef.-Röhren-Sd.	800	800 ... 1800	—
12	Königsberg, FV	Telef.-Röhren-Sd.	1000	800 ... 1800	ja
13	Lindenberg	Lorenz-Hochfrequ. Masch.-Sd.	5000	800 ... 1900	—
14	München, FV	Lorenz-Hochfrequ. Masch.-Sd.	1000	800 ... 1900	ja
15	Nürnberg, FV	Lorenz-Röhren-Sd.	300	500 ... 2400	ja
16	Stettin, FV	Lorenz-Röhren-Sd.	300	500 ... 2400	—
17	Stolp, FV	Lorenz-Röhren-Sd.	300	500 ... 2400	—
18	Stuttgart, FV	Lorenz-Röhren-Sd.	300	500 ... 2400	ja

Im Flugfunkdienst finden nur ungedämpfte Wellen Verwendung, u. zw.:

rein ungedämpfte Wellen,
tonmoduliert-ungedämpfte Wellen und
sprachmoduliert-ungedämpfte Wellen.

Gedämpfte Wellen sind in keinem Falle zulässig.

Der internationale Flugfunkdienst wird auf den nachstehenden Wellen abgewickelt:

Zahlentafel 5.

	Flugwetter-Funkdienst kHz	Flugwetter-Funkdienst m	Flugstrecken-Funkdienst kHz	Flugstrecken-Funkdienst m	Flugzeug-Funkdienst kHz	Flugzeug-Funkdienst m
Lange Wellen	207,5	1 444	217,5	1 380	323	930
	228	1 316	243	1 235	333	900
	233	1 288	248	1 210	345	870
	238	1 260	273	1 100	—	—
Kurze Wellen	2 830	106	2 804	107	5 660	53
	6 977	43	5 455	55	6 593	45,5
	9 380	32	7 407	40	11 111	27
	11 494	26,1	12 000	25	16 750	17,9

Im Flugzeug-Funkdienst werden die in der Zahlentafel 5 angegebenen Wellen unter nachstehenden Bedingungen verwendet:

Anrufwelle 333 kHz (900 m) rein-ungedämpft, ton- und sprachmoduliert-ungedämpft;

Hauptverkehrs- und Peilwelle 333 kHz (900 m) rein-ungedämpft, ton- und sprachmoduliert-ungedämpft;

Ausweich- und Peilwelle 345 kHz (870 m) rein ungedämpft und tonmoduliert-ungedämpft;

Ausweich- und Peilwelle 323 kHz (930 m) sprachmoduliert-ungedämpft.

Beim Verkehr mit Funkstellen des Seefunkdienstes wird die Welle 500 kHz (600 m) tonmoduliert-ungedämpft und im Peilverkehr mit denselben Funkstellen die Welle 375 kHz (800 m) tonmoduliert-ungedämpft verwendet.

Im Dienst der Flugfunkfeuer (Funkstelle, deren Aussendungen einer Empfangstelle die Bestimmung ihres Standorts oder einer Richtung in bezug auf das Funkfeuer ermöglichen sollen) werden Wellen aus dem Frequenzbereich 285 ... 315 kHz (1050 ... 950 m) rein ungedämpft und tonmoduliert-ungedämpft verwendet.

Der Funkverkehr zwischen Flughafen-Funkstellen wird grundsätzlich telegraphisch auf ungedämpften, nicht modulierten Wellen abgewickelt. Die Funktelephonie kann in dringenden Ausnahmefällen verwendet werden.

Digitized by Google

Der Funkverkehr zwischen Flugboden- und Flugzeug-Funkstellen wird grundsätzlich wie folgt abgewickelt:

1. auf Luftfahrzeugen, deren Funkeinrichtung nicht durch einen Funker bedient wird, funkentelephonisch (Anruf und Verkehr);
2. auf Luftfahrzeugen, die einen Funker mit sich führen, funkentelegraphisch auf ungedämpften Wellen, u. zw.:
   seitens der Flugzeug-Funkstelle: Anrufwelle tonmoduliert-ungedämpft, Verkehrswelle rein ungedämpft;
   seitens der Flug-Bodenfunkstelle: Anruf- und Verkehrswelle rein ungedämpft.

Hinsichtlich der Verwendung des tonmoduliert-ungedämpften und sprachmoduliert-ungedämpften Sendens in der Praxis sei auch auf die im Abschnitt 2 gemachten Ausführungen verwiesen.

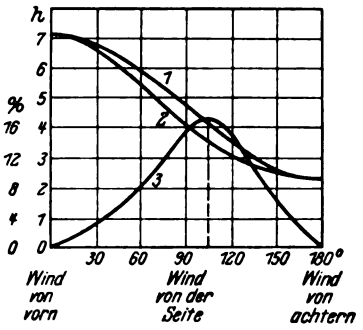
Deutschland ist für die Zwecke der Flugsicherung in 14 Funkverkehrsbezirke eingeteilt, deren Funkstationen in Zahlentafel 4 durch FV gekennzeichnet sind. Das Flugzeug soll nur mit der Funkstelle verkehren, in deren Funkverkehrsbezirk es sich befindet oder zu befinden glaubt.

Bei der Fremdpeilung werden drei Flugfunk-Peilarten unterschieden:

a) Zielpeilung, welche den Zweck hat, ein Luftfahrzeug mittels einer Flugfunk-Peilstelle von einem beliebigen Punkt zu dem Hafen dieser Flugfunk-Peilstelle zu lotsen, u. zw. durch ein- oder mehrmalige Mitteilungen des mißweisenden Zielkurses zu dem Flughafen;
b) Kurspeilung, bei welcher nach Ermittlung des Standortes durch zwei oder mehrere Funkpeilstellen von diesen aus dem Luftfahrzeug der rechtweisende Kurs zu einem anderen Ort mitgeteilt wird;
c) Standortpeilung, bei welcher der Standort des Luftfahrzeuges durch die Bodenpeilstellen ermittelt und dem Luftfahrzeug drahtlos mitgeteilt wird.

Als Flugfunk-Peilbezirke gelten die Funkverkehrsbezirke der Flughafen-Funkstellen[23]. Hauptpeilstelle ist diejenige Flug-Bodenfunkstelle, in deren Bezirk sich das Luftfahrzeug befindet oder zu befinden glaubt.

Bei der Eigenpeilung muß man unterscheiden zwischen Zielflug und Standortsbestimmung. Der Zielflug ist mit Hilfe des Bordpeilers außerordentlich einfach durchzuführen und erfordert im Flugzeug keine besonderen Auswertungsarbeiten. Es ist dagegen erforderlich, daß sich auf dem anzufliegenden Flughafen ein in Betrieb befindlicher Sender befindet. Dieser kann der ohnehin vorhandene Flughafensender oder ein besonderer Peilsender (Flugfunkfeuer) sein. Soll ein Flugzeug mittels seines Bordpeilers einen Zielflug ausführen, so stellt der Funker den Peilrahmen senkrecht zur Flugzeug-Längsachse, nachdem er vorher den einzuschlagenden Kurs durch Peilung des Zielsenders ermittelt hat. Geht dann das Flugzeug auf diesen Kurs, so braucht der Funker nur darauf zu achten, daß im Kopfhörer dauernd das Empfangsminimum vorhanden ist, dann nähert sich das Flugzeug mit Sicherheit seinem Ziel. Die Windabdrift bewirkt, daß es nicht den kürzesten Weg verfolgt, sie kann durch entsprechende Vorhaltung des Rahmens kompensiert werden. Da der Zeitverlust ohne Berücksichtigung der Abdrift nur unerheblich ist, kann auf diese Kompensation im allgemeinen verzichtet werden. In Abb. 30 ist der Zeitverlust für einen reinen Zielflug gegenüber einem Großkreisflug dargestellt. Die Standortsbestimmung an Bord eines Flugzeuges erfordert die Peilung zweier Bodensender. Aus den gemessenen Winkeln muß der Standort des Flugzeuges berechnet werden. Die Standortsbestimmung verlangt ein rasches Arbeiten und nicht unerhebliche Auswertungsarbeit an Bord des Flugzeuges, sie wird fürs erste nur dann angewandt werden, wenn, wie in den für den Überseeverkehr bestimmten Großflugzeugen, außer dem Funker noch besonders, navigatorisch ausgebildetes Personal zur Verfügung steht.



1 Flugzeit ohne Vorhaltewinkel
2 Flugzeit mit Vorhaltewinkel
3 prozentualer Zeitverlust eines Fluges ohne Vorhaltewinkel gegen einen Flug mit Vorhaltewinkel
Annahmen: Flugstrecke 500 km, Flugzeug-Geschwindigkeit 140 km/h, Windgeschwindigkeit 70 km/h

Abb. 30. Zeitverlust für einen reinen Zielflug gegenüber einem Großkreisflug.

Seither sind Eigenpeilungen besonders bei den Fahrten der Zeppeline von Bedeutung gewesen, die mit einem solchen Bordpeilgerät ausgerüstet sind.

Schluß.

Aus der vorstehenden Ausführung kann man entnehmen, daß im deutschen Flugverkehr die Funktechnik eine erhebliche Rolle spielt. Die drahtlosen Geräte werden sowohl zur Nachrichtenübermittlung als auch zur Orts- und Kursbestimmung zur Sicherung der Flüge mehr und mehr benötigt. Ein großer Teil der Flüge kann ohne die drahtlosen Hilfsmittel überhaupt nicht durchgeführt werden. Ohne Flugfunkgeräte ist ein flugplanmäßiger Verkehr kaum möglich und eine Regelmäßigkeit des Flugverkehrs kann ohne die drahtlosen Hilfsmittel nicht erreicht werden. Die Flugfunktechnik dient aber nicht nur der Fliegerei, sie kann auch für die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie in vielen Fällen Nützliches leisten. Nur mit Hilfe des Flugzeuges war es z. B. möglich, Messungen der Konstante der Ausbreitungsdämpfung schnell und zuverlässig auszuführen, und nur mit dem Flugzeug läßt sich die Charakteristik einer Kurzwellen-Richtantenne ermitteln, beides Aufgaben, die bei der DVL in Angriff genommen wurden und deren Ergebnisse von ganz allgemeiner Bedeutung für die drahtlose Telegraphie sind.

[23] Nachr. Luftfahrer 1928, H. 17, S. 223.

Drei Vorträge über die deutsche Elektrowirtschaft.

Vor wenigen Jahrzehnten erst als vielleicht einmal Bedeutung gewinnender Aufgabenkomplex von einigen weitschauenden Führern der damals noch sehr jungen Elektrotechnik erwogen, interessiert die Elektrowirtschaft heute fast alle Volkskreise, muß sie sogar auf das lebhafteste beschäftigen, denn die ganze Lebensführung des modernen Menschen wird ja von ihr beeinflußt. Bei den rapiden Fortschritten aber, die das neue Arbeitsgebiet kennzeichnen, ist es selbst für den ihm etwas ferner stehenden Fachmann nicht leicht, seine Entwicklung stetig zu verfolgen, und mit der immer wachsenden Schar der hier Belehrung Suchenden begrüßt er es daher dankbar, wenn ihm hin und wieder von autoritativer Seite ein Überblick geboten wird. Das haben am Schluß des kürzlich abgehaltenen 11. Hannoverschen Hochschultags die Herren Professor Dr.-Ing. E. h. G. Dettmar, Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. M. Krone und Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. A. Bannwarth in drei ausgezeichneten gegeneinander abgestimmten Vorträgen getan.

G. Dettmar, Hannover, sprach über die Elektrizitätsversorgung Deutschlands: Im scharfen Wettbewerb mit dem Gas siegt das elektrische Licht, der Verbrauch von Glühlampen wächst, umgekehrt wie der Gasglühkörperkonsum, außerordentlich schnell (Abb. 1, 2). Der Elektromotor folgt und reißt — nachstehende Zahlen beweisen es — in den Jahren 1907/25 den ganzen Zuwachs an gewerblicher Motorenleistung an sich:

In gewerblichen Betrieben verwendet	1907	1925
	1000 PS	
Wind-, Wasser- und Wärmekraftmaschinen	6223,5	6263,7
Elektromotoren	1522,6	11858,3

Frühzeitig nehmen die Kraftwerke auch die Stromlieferung für Wärmeerzeugung auf, doch dürfte diese erst in den nächsten Jahren zu großer Bedeutung gelan-

Digitized by Google

gen. Der städtische und Überlandverkehr erfährt durch die Elektrisierung von Straßen-, Klein- und Nebenbahnen eine vollkommene Umwälzung; heute werden deren in Deutschland bereits über 200 mit etwa 7000 km Streckenlänge und jährlich rd. 4,5 Mrd Fahrgästen elektrisch betrieben. Dazu kommen 1600 km Vollbahnen. Nach dem wohlgelungenen Versuch Lauffen-Frankfurt a. M. stellt sich die Hochspannungstechnik in den Dienst der Arbeitsübertragung auf weite Entfernungen. Die Industrie ver-

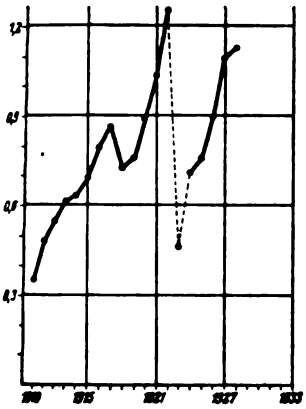


Abb. 1. Verbrauch von Glühlampen je Einwohner.

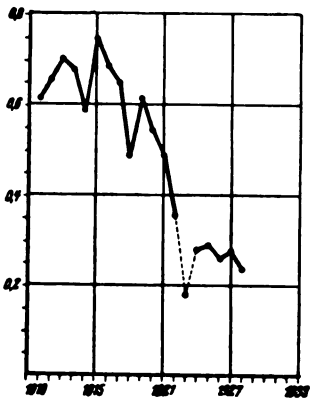


Abb. 2. Verbrauch von Gasglühkörpern je Einwohner.

schafft sich zunächst die Vorteile elektrischer Beleuchtung und Kraft durch den Bau von Einzelanlagen, deren Leistung bald ein Vielfaches derjenigen der Elektrizitätswerke beträgt, ein Verhältnis, das, wie Abb. 3 zeigt, sich indessen schnell ändert, als man den wirtschaftlichen Nutzen des Strombezugs aus öffentlichen Zentralen erkennt. Die Leistung dieser ist seit 1900 von etwa 0,2 auf rd. 7 Mill kW, ihre Jahreserzeugung von 260 auf heute etwa 16 000 Mill kWh gestiegen (Abb. 4). Je nach den Konjunkturverhältnissen liegt die jährliche Zunahme der Produktion etwa zwischen 10 und 20 %. Da die Werke 1928 schon rd. 75 000 Orte, d. s. 83 % der im Reich vorhandenen etwa 90 000 versorgten, wird, wie in Abb. 5 angedeutet, bald eine vollkommene Belieferung Deutschlands erreicht sein. Dabei tritt die Stromabgabe für Kraft (einschl. Wärmeerzeugung, Elektrochemie usw.) immer mehr in den Vordergrund; mit 20 % ist sie 1895, mit 92 % im Jahr 1920 beteiligt. Neben den städtischen Kraftstationen entstehen nun Überlandzentralen, Groß-

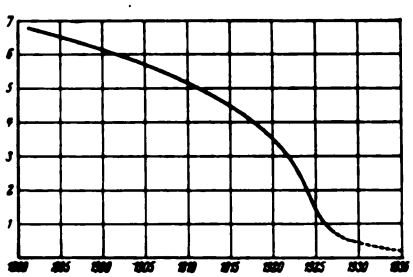


Abb. 3. Verhältnis der Leistung der Einzelanlagen zu der der öffentlichen Elektrizitätswerke.

kraftwerke. Die einheitliche Versorgung ausgedehnter Absatzgebiete gestattet eine bessere Ausnutzung der Maschinen und Netze, der Fortschritt der Hochspannungstechnik freiere Wahl des Standortes der Kraftwerke. Je mehr die Städte, Kreise und Provinzen, schließlich auch der Staat sich von der Rentabilität der Elektrizitätslieferung überzeugen, wird die anfangs starke und unentbehrliche Beteiligung des Privatkapitals zurückgedrängt; es besitzt heute nur noch etwa 15 % der Werke, während die Kommunen 25 %, der Staat und die gemischtwirtschaftlichen Unternehmungen je etwa 30 % in Händen haben. Dampf, Gas und Öl sind die Betriebsmittel, denen sich nach dem Lauffen-Frankfurter Experiment und unter dem Druck des vom Weltkrieg verursachten Kohlenmangels das Wasser gesellt. Sein Anteil an der gesamten Elektrizitätsversorgung aus Zentralen und Einzelanlagen wächst beträchtlich wie im Wärmekraftwerksbetrieb die Verwendung der Braunkohle, auf die 1928 42,8 % aller verfeuerten festen Brennstoffe entfallen. Mit ganz bedeutender Verbesserung der Wärmewirtschaft sinkt der Kalorienverbrauch der Stromgewinnung von etwa 12 000 WE in 1900 auf 3800, ja 3500 je Kilowattstunde und unter der Wirkung dieser und anderer technischer Fortschritte auch der Gestehungs- und Verkaufspreis der Arbeitseinheit (Abb. 6, 7). Maßgebend für die Bemessung des letzteren ist die Ausnutzung der Werke, die, wie ein Blick auf die Belastungsdiagramme und die Benutzungsdauern des Maximums zeigt, im allgemeinen noch viel zu wünschen läßt. Dettmar führt hier die den Lesern meist wohl bekannten Mittel an, um Spitzen und Täler des Konsums zu beseitigen, für den letztgenannten Zweck u. a. die Warmwasserspeicher, deren z. B. das Elektrizitätswerk Basel seit 1916 8500 mit dem Erfolg

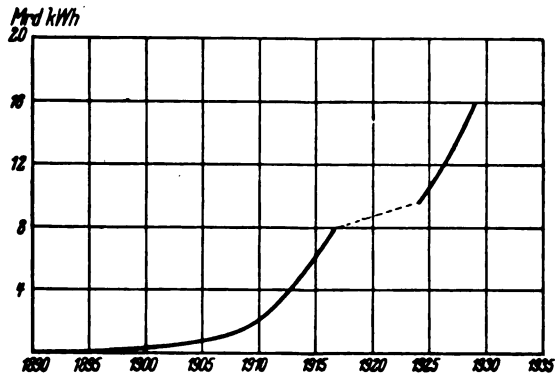


Abb. 4. Von den öffentlichen Elektrizitätswerken erzeugte Kilowattstunden.

eines fast vollständigen Belastungsausgleichs zu allen Jahreszeiten aufgestellt hat (Abb. 8). Die Benutzungsdauer der Höchstlast ist dort von 988 h in 1900 auf 5188 h im Jahr 1928 gestiegen. Nach einem kurzen Hinweis auf die Abwärmeverwertung durch Verbindung von Elektrizitätswerken mit Stadtbeheizungsanlagen, Badeanstalten,

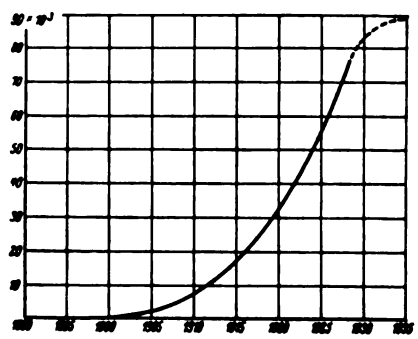


Abb. 5. Von den öffentlichen Elektrizitätswerken versorgte Orte.

Wäschereien, Gewächshaus- und Bodenbeheizungen usw. sowie auf die Dampfabgabe an Industrien wirft Dettmar einen Blick in die Zukunft:

Der Wirkungsgrad der Glühlampe — jetzt etwa 2 bis 3 %, also beträchtlich geringer als der nach dem Bau unseres Auges höchstmögliche Wert von 14,6 % — läßt sich noch steigern. Da von der höheren Ausnutzung der Anlagen ein allmähliches weiteres Sinken der Strompreise zu erwarten ist, darf man annehmen, daß der Elektromotor sich auch in der Konkurrenz mit dem Rohölmotor den Vorrang sichern wird. In den V. S. Amerika hat nach Abb. 9 die Elektrizität heute den größten Anteil an der Versorgung der Industrie; man wird damit auch in Deutschland rechnen können, zumal wenn diese Belieferung bei weiterer Senkung der Strompreise immer mehr auf die öffentlichen Werke übergeht. Weitestgehende Möglichkeiten bieten sich dem Verbrauch von Elektrowärme, und große Aufgaben sind noch im Verkehrswesen zu lösen; vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit aus gesehen, müßte da etwa das Zehnfache der bisher elektrisch betriebenen Vollbahnstreckenlänge zur Umwandlung gelangen. Die Verwertung elektrischer Arbeit im Haushalt wird bei geeigneten Maßnahmen ähnlich voranschreiten wie in Nordamerika, wo

Digitized by Google

Ende 1928 etwa 19 Mill Haushaltungen, d. h. 67 %, an die öffentlichen Elektrizitätswerke angeschlossen waren und etwa 5 Mrd kWh verbrauchten. Wenn die Leistung der Landwirtschaft erhöht, der Betrieb der Höfe noch mehr rationalisiert werden soll, muß auf diesem Gebiet, das 1925 etwa 750 000 Elektromotoren zählte, deren Zahl ganz bedeutend zunehmen. Entwickelt sich nach alledem der gesamte Elektrizitätskonsum im Bereich der deutschen öffentlichen Werke und Einzelanlagen günstig — je Kopf der Bevölkerung ist er von 325 kWh in 1925 auf 442 kWh in 1928 gestiegen — so eröffnen sich nach Dettmars Ansicht der deutschen Elektrizitätsversorgung auch für die Zukunft gute Aussichten.

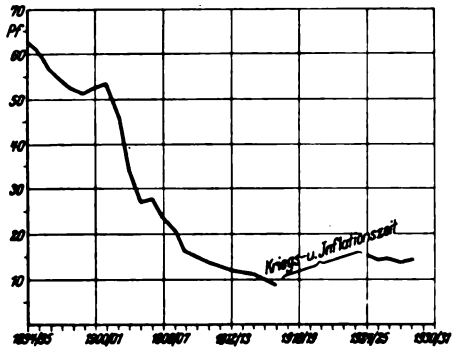


Abb. 6. Mittlere Strompreise des Elektrizitätswerks Köln.

M. Krone, Dortmund, entwarf ein Bild des Transports und der Verteilung elektrischer Arbeit, deren Erzeugung 1928 in 1417 öffentlichen Werken (14,1 Mrd kWh) und 7217 Eigenanlagen (13,7 Mrd kWh) bereits rd. 28 Mrd kWh erreicht hat; unmittelbar abgegeben wurden von ersteren 11,5 Mrd kWh, u. zw. rd. 7,5 an die industriellen Großverbraucher, 2,2 an die Kleinkonsumenten, 1,1 an die elektrischen Bahnen, 0,6 an die landwirtschaftlichen Betriebe und 0,1 Mrd kWh für öffentliche Beleuchtung. Der vom Vortragenden skizzierte Weg, den der Drehstrom — er ist ja heute das vorherrschende Übertragungsmittel — vom Generator bis zum Abnehmer

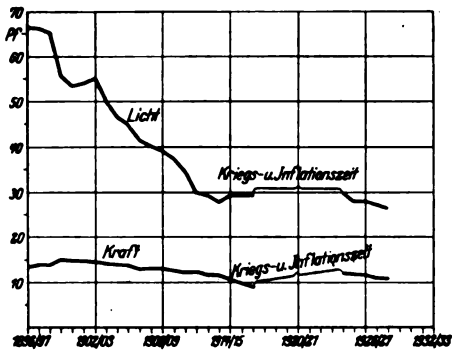


Abb. 7. Mittlere Strompreise des Elektrizitätswerks Stuttgart.

unter Spannungen bis vorläufig 220 kV durchläuft, das ganze Gefüge und die Zusammenhänge des elektrischen Transports erscheinen dem Laien wohl ziemlich einfach, der Fachmann aber weiß, daß es sich dabei um ein außerordentlich empfindliches, launenhaftes, allen möglichen Einflüssen ausgesetztes, man möchte sagen, sehr nervöses Lebewesen handelt, das nicht eine Minute ohne Kontrolle und sehr spezialisierte Überwachung bleiben darf, wenn es allen Abnehmern gut, sicher und mit größter Wirtschaftlichkeit dienen soll. Das Elektrizitätswerk hat zwar die Stromerzeugung mit allen ihren Vorbedingungen und Anforderungen in der Hand, aber die Verbraucher draußen in dem oft sehr großen Versorgungsgebiet können ihrerseits machen, was sie wollen, und sind meist gar nicht gesonnen, auf die Produktion und die Betriebsverhältnisse des Werks irgendwelche Rücksicht zu nehmen. 8760 h im Jahr muß dessen Betrieb ununterbrochen durchgeführt werden, während die Belastung in den einzelnen Zweigen des Leitungsnetzes und als Folge davon dessen ganzer elektrischer Zustand ständig schwankt. Damit erfährt natürlich auch die Spannung Änderungen, die auf alle Anlageteile bis zum Kraftwerk stark zurückwirken. Um sie an den vielen tausend Abnahmestellen gleichmäßig zu erhalten, bedarf es daher in den Zentralen wie in den Netzen zahlreicher Einrichtungen zur Kontrolle, Regulierung und Fernmeldung, die sowohl im Anlagekapital eines Werks als auch in den laufenden Betriebsdispositionen und Ausgaben eine erhebliche Rolle spielen. Infolge der wachsenden Ausbreitung der Elektrizitätsversorgung sind die Leitungsnetze heute schon bei jedem größeren Elektrizitätswerk weit verzweigte und untereinander verbundene Gebilde mit immer enger werdender Vermaschung. Man kuppelt

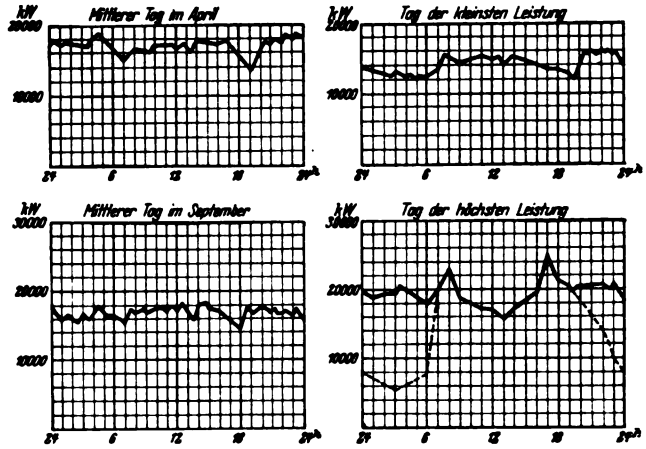


Abb. 8. Belastungskurven des Elektrizitätswerks Basel zu verschiedenen Jahreszeiten von 1928. Die gestrichelte Kurve zeigt die Belastung ohne Warmwasserspeicher.

die einzelnen im Versorgungsbereich verteilt liegenden Kraftwerke über starke Hochspannungsleitungen großer Leistungsfähigkeit, um die Lasten beliebig verschieben und die vorhandenen Reserven für alle Teile des Versorgungsgebiets ausnutzen zu können, und kuppelt ferner benachbarte Bezirke zwecks gegenseitiger Unterstützung durch Stromlieferung oder -bezug. Alles in dem Bestreben, die Versorgung immer sicherer und wirtschaftlicher zu gestalten. Ersteres besonders deshalb, weil jede auch noch so kurzzeitige Störung der Stromzufuhr von den Abnehmern als unerträglich empfunden wird, hauptsächlich dann, wenn es sich um chemische und metallurgische Industrien oder Bahnbetriebe handelt.

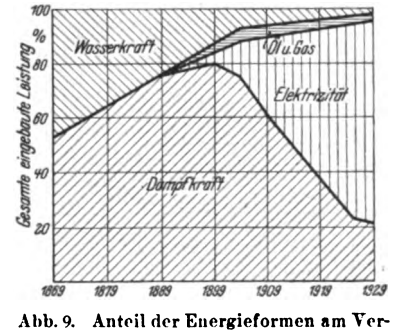


Abb. 9. Anteil der Energieformen am Verbrauch der nordamerikanischen Industrie.

Faßt man die Wirtschaftlichkeit unserer heutigen Elektrizitätsversorgung und dabei zunächst die Tariffrage ins Auge, so muß vorweg festgestellt werden, daß die Elektrizitätswirtschaft in Deutschland so ziemlich der einzige Wirtschaftszweig ist, der sein Produkt jetzt noch im großen und ganzen zu den Preisen von 1913/14 absetzt, obgleich er in seinen Betrieben genau dieselben Lasten, Unkosten und Steigerungen wie andere Industrien zu tragen hat. Dabei sind überall Bestrebungen zu erkennen, die Strompreise noch weiter zu senken, um den Absatz zu erhöhen und die gesamten Anlagen immer besser auszunutzen. Letzteres ist ja, wie Krone sagt, des Pudels Kern. Müssen doch für die 8760 Jahresstunden alle mit der Verwaltung und dem Betrieb des Werks verbundenen festen Kosten aufgewendet werden, gleichgültig ob eine Kilowattstunde verkauft wird oder nicht.

Besonders schwer drückt die Elektrizitätswirtschaft bei dem heutigen hohen Zinsfuß der Kapitaldienst. Wenn man rechnet, daß 1 kW installierter Leistung in den Kraftwerken mindestens 375 bis 400 RM kostet, wozu noch für die Leitungsnetze, Umspannstationen usw. wenigstens

Digitized by Google

weitere 200 RM, bei ausgedehnteren Anlagen wohl auch 300 bis 400 RM kommen, so stellen sich die Gesamtbaukosten im Mittel auf mindestens 700 RM/kW, wofür an Verzinsung, Amortisation und Unterhaltung jedenfalls 15 %, also jährlich wenigstens 105 RM oder bei der genannten Betriebsdauer im Jahr schon rd. 1,2 Pf/kWh aufzubringen sind. Den Abnehmer, der die ihm zur Verfügung gestellte Leistung jährlich mit 8760 h gleichmäßig abnimmt, gibt es nun leider nicht. Die günstigste Ausnutzung (in der chemischen Industrie) liegt zwischen 6000 und 7000 h, im durchgehenden Tag- und Nachtbetrieb der Schwerindustrie kommt man vielleicht auf 4000 bis 5000 h, während die Mehrzahl der Abnehmer weit unter dieser Benutzungsdauer bleibt. Eine Fabrik, die nur an 300 Arbeitstagen acht Stunden arbeitet, hat ja lediglich 2400 h jährliche Arbeitszeit; da die Benutzungsdauer jedoch infolge des Anfahrens, der tagsüber eintretenden Pausen und des abendlichen Stillsetzens geringer ist, kommen solche Werke nicht viel über 2000 h im Jahr. Haushalt und Landwirtschaft aber nutzen die installierte Leistung meist nur mit wenigen 100 h aus. Daß die festen Kosten die verbrauchte Kilowattstunde stark belasten, zeigt eine Rechnung, die bei 2000 h für den industriellen Verbraucher und einem jährlichen Kapitaldienst von 105 RM je kW rd. 5 Pf/kWh an festen Kosten, bei 1000 h bereits 10 Pf, bei 500 h sogar 20 Pf ergibt. Schon diese wenigen Zahlen erklären die große Verschiedenheit der Strompreise.

Dazu treten die gegen die Vorkriegszeit z. T. gewaltig erhöhten variablen Betriebskosten. Trotzdem ist es der Elektrotechnik gelungen, diese reinen Betriebskosten in den großen Kraftwerken und Leitungsnetzen verhältnismäßig sehr niedrig zu halten und z. B. den Kohlenverbrauch auf 0,75 bis 0,7 kg/kWh herabzudrücken. Daher entbehrt es jeder sachlichen Begründung, wenn heute in der Öffentlichkeit immer wieder von „hohen Strompreisen" die Rede ist, die in Wirklichkeit niemand bezahlt, während alle übrigen Preiserhöhungen ohne Murren getragen werden. Der Ansicht, daß sich die Strompreise wegen der außerordentlichen Entwicklung des Absatzes noch weiter ermäßigen ließen, muß mit dem Hinweis begegnet werden, daß die Befriedigung der wachsenden Nachfrage ja meistens auch eine entsprechend höhere Leistung verlangt, also Neuinvestierungen von Kapital, die bei den heute bestehenden Schwierigkeiten der Geldbeschaffung außerordentlich drückend sind, zumal sie noch stets um ein bis eineinhalb Jahre früher notwendig werden, als aus der gesteigerten Lieferung entsprechende Einnahmen erwartet werden können. Ob unter diesen Umständen die Elektrizitätswirtschaft auch in Zukunft ihre Tendenz zur weiteren Senkung der Strompreise beizubehalten vermag, erscheint den Fachleuten heute in weitesten Kreisen sehr fraglich und ist nach Ansicht des Vortragenden nur möglich, wenn es gelingt, den Ausnutzungsfaktor aller Werksanlagen und des in ihnen investierten Kapitals zu verbessern.

Daß eine gesunde Konzentration der Elektrizitätsunternehmungen und vor allen Dingen der Erzeugung sich in Deutschland seit Jahren gut entwickelt, zeigt die von der VdEW herausgegebene Karte der Elektrizitätsversorgung und eine von Krone vorgetragene Übersicht über die heute in Deutschland bestehenden Großkraftwerke. Man kann allmählich schon von bestimmten Elektrowirtschaftsgebieten sprechen, in denen nur noch wenige ganz große Unternehmungen maßgebend sind und die Vereinheitlichung des elektrischen Versorgungswesens immer weiter fortschreitet. Wir werden in Deutschland auf diesem Wege zu einer gesunden Rationalisierung der gesamten Elektrizitätswirtschaft kommen, wie sie, allerdings in etwas anderer Weise, den Vätern des im Anfang dieses Jahrzehnts in Vorschag gebrachten Sozialisierungsgesetzes vorschwebte, das mit seinen Zwangsmaßnahmen glücklicherweise nicht zur Durchführung gekommen ist. In Zukunft wird die AG. für deutsche Elektrizitätswirtschaft den Rahmen für weitere Verständigung bzw. Vereinheitlichung bilden und sich besonders mit den wichtigen Hauptzubringer- und Ausgleichsleitungen von 100 und 220 kV beschäftigen, die, Braunkohle, Steinkohle und Wasserkräfte verbindend, allmählich ganz Deutschland überspannen sollen.

Der Vortrag **A. Bannwarths**, Hamburg, folgt hier ohne den die Entwicklung der elektrischen Anlagen in Großkraftwerken kurz charakterisierenden Schluß im Wortlaut:

Bau neuzeitlicher Großkraftwerke.

Von Dr.-Ing. E. h. **A. Bannwarth**, Hamburg.

Der äußere Aufbau aller nicht gerade in den letzten Jahren errichteten Großkraftwerke ist annähernd der gleiche. Die Kesselhäuser sind rechtwinklig zum Maschinenhaus angeordnet, die großen Rückkühlanlagen parallel zum Maschinenhaus; so entsteht die für Kraftwerke, insbesondere für die damalige Zeit, typische Rechen- oder Kammform ihres Aufbaues

Der verhältnismäßig große Platzbedarf der Kesselhäuser war bedingt durch den damaligen Stand des Kesselbaues. Man war für die Deckung des Dampfbedarfes eines Turboaggregates normaler Größe zwischen 15 000 bis 20 000 kW gezwungen, 6 ... 8 Kessel aufzustellen, da deren Leistung nur 12 ... 20 t/h Stundendampf betrug. Größere Kesseleinheiten zu bauen, war zwecklos, da man nicht imstande war, für größere Kesselheizflächen die Feuerführung zu beherrschen. Die üblichen Kesseldrücke schwankten in den Grenzen von 12 ... 18 at am Kessel und die Heizflächenbelastungen zwischen 24 und 32 kg/m².

Der steigende Stromverbrauch zwang nicht nur zur Aufstellung von größeren Maschineneinheiten, sondern auch von größeren Kesseleinheiten, die aber erst ermöglicht wurden durch die inzwischen technisch immer mehr vervollkommneten Feuerungen. Unter anderem gestattete die Kohlenstaubfeuerung, in einfacher Weise beliebig große Wärmemengen allein durch Vermehrung der Brenner im Feuerraum freizumachen und entsprechend große Heizflächen dahinterzuschalten, aber zunächst immer noch bei gleich niedriger Beanspruchung der Heizfläche. Durch die Anwendung der Kohlenstaubfeuerung war man in der Lage, auch minderwertige Brennstoffe, die man bisher nur schlecht oder gar nicht auf Rosten verwenden konnte, zur Verfeuerung unter Kesseln zu bringen. Die große und einfache Regulierfähigkeit der Kohlen- und Luftzufuhr machte die Staubfeuerung sehr geeignet für Werke mit stark schwankenden Belastungen. Die Kohlenstaubfeuerung ermöglichte, große Kesseleinheiten zu bauen, deren wasserberührte Heizflächen gegenüber den bisher bekannten zunächst um das 4 ... 5fache stieg, während aber die spezifischen Heizflächenbelastungen noch die gleichen waren wie bei den mit Rosten versehenen Kesseln.

Eine Steigerung der Heizflächenbelastung wurde nun einmal durch vergrößerte Rauchgasgeschwindigkeiten im eigentlichen Kessel und zweitens durch Erhöhen der Rauchgastemperatur hinter dem Kessel erreicht. Diese höheren Temperaturen der Rauchgase hinter dem Kessel wurden wiederum durch Einschalten genügend großer Abhitzeheizfläche, Ekonomiser oder Lufterhitzer ausgenützt, die weiter noch den großen wirtschaftlichen Vorteil haben, daß sie bedeutend billiger zu erstellen sind als die teure Kesselheizfläche und so eine Senkung des Anlagekapitals bewirken.

Gleichzeitig mit der Verbesserung des Wirkungsgrades der Feuerung setzte auch eine Bewegung dahin ein, den Wirkungsgrad des Dampfprozesses zu erhöhen. Während bisher der gesamte Abdampf der Turbinen im Kondensator niedergeschlagen und damit seine Verdampfungswärme im Kühlwasser abgeführt wurde, ging man jetzt dazu über, einen Teil des Dampfes vor seiner vollkommenen Expansion der Turbine zu entnehmen, um ihn zur Vorwärmung des Kesselspeisewassers zu benutzen. Der Vorteil des Verfahrens liegt darin, daß die Verdampfungswärme des abgezweigten Dampfstromes wieder restlos dem Dampfprozeß zugute kommt. Um eine möglichst hohe wirtschaftliche Speisewasservorwärmung zu erreichen, kann man die Turbine in mehreren Druckgebieten anzapfen und kommt so zu zwei- und mehrstufiger Speisewasservorwärmung, die aber nur soweit durchgeführt werden darf, daß ein guter Wasserumlauf im Kessel gewährleistet ist und die wärmetechnischen Vorteile nicht durch Komplikation des Betriebes und erhöhte Kosten der hierfür erforderlichen Anlagenteile aufgehoben werden. Somit ist also auch die mit dem sogenannten Regenerativverfahren erreichbare Verbesserung des Dampfprozesses

Digitized by Google

begrenzt. Bei Anwendung dieses Verfahrens gelangen die rauchgasbeheizten Speisewasservorwärmer im allgemeinen nicht mehr zur Anwendung, die Ausnutzung der Abgase muß dann auf andere Weise erfolgen.

Dies geschieht dadurch, daß die Verbrennungsluft, die früher direkt der Atmosphäre entnommen und dem Verbrennungsprozeß zugeleitet wurde, zur Ausnutzung dieser Abwärme herangezogen wird. Man baute statt Ekonomiser Lufterhitzer in die Kessel ein, wofür wieder die Kohlenstaubfeuerung besonders geeignet ist. Die praktische Anwendung hochvorgewärmter Luft ergab aber, daß die Feuerraumtemperatur, welche bei der Kohlenstaubfeuerung durch die Verminderung des Luftüberschusses schon bedeutend gestiegen war, noch weiter anstieg. Hierdurch wurde das Mauerwerk derart beansprucht, daß es in ganz kurzer Zeit erneuert werden mußte, ein Nachteil, dem durch Anwendung von luft- bzw. wassergekühlten Wänden abgeholfen wurde.

Die Einführung der Kohlenstaubfeuerung brachte eine umwälzende Änderung in der Ausgestaltung der Feuerräume. Bisher waren diese niedrig und von geringem Inhalt gewesen. Die Kohlenstaubfeuerung verlangte aber, um für den Kohlenstaub den nötigen Brennweg zu schaffen, große Feuerräume.

Eine weniger angenehme Beigabe zur Kohlenstaubfeuerung sind die für die Aufbereitung der Kohle zu Staub erforderlichen umfangreichen maschinellen Einrichtungen, und eine weiter unerwünschte Begleiterscheinung ist die starke Belästigung der Umgebung durch Flugasche. Etwa 60 ... 70 % des Aschegehaltes der Kohle mit einem Teil Unverbranntem fliegen mit den Abgasen zum Schornstein hinaus. Die bisher versuchten Mittel zur Reinigung der Abgase haben nur teilweise Erfolg gehabt. Zur Zeit stellen nur die Elektrofilter, die aber in ihrer Anlage sehr teuer werden, eine einigermaßen befriedigende Lösung des Problems dar.

Die erwähnten Vorteile der Kohlenstaubfeuerung besaßen die früher üblichen Steinkohlenrostfeuerungen grundsätzlich nicht. Durch den Konkurrenzkampf erzwungen, setzte aber auch hier eine gewaltige, von gutem Erfolg begleitete Fortentwicklung ein. Während man früher über Rostbreiten von etwa 2800 mm nicht hinausgegangen war, konnte man nach durchgreifenden konstruktiven Verbesserungen Rostbreiten von 7 m und mehr ausführen, so daß heute schon Kessel mit einer Heizfläche von etwa 1000 m² und mehr und hohen Heizflächenbelastungen mit Wanderrosten ausgerüstet werden können.

Ursprünglich wurden die Wanderroste nur für hochwertige, gleichmäßig gekörnte Steinkohle, am besten in den Sorten Nuß III, IV und V verwendet. Da sich diese hochwertige Kohle verhältnismäßig teuer stellt, versuchte man, auch minderwertige Kohlensorten zu verbrennen. Es entstanden die Unterwindwanderroste. Diese gliedern sich in zwei Hauptgruppen: 1. solche, auf denen der Wanderrost vorn einfach mit einer luftdichten Verschalung versehen ist. Der ganze Raum unterhalb des Rostes einschließlich der Aschentrichter wird dann unter Druck gesetzt; 2. in Unterwindwanderroste mit mehr oder weniger zwangläufiger Luftzuführung durch unterhalb der Rostfläche angeordnete, bewegliche oder feste Luftkammern, sogenannte Unterwindzonenwanderroste. Diese sind zu einer solchen Vollkommenheit durchgebildet, daß das von Anfang an gesteckte Ziel, die Luftverteilung über die ganze Rostlänge in beliebiger Weise mit einfachen Bedienungsmethoden den Erfordernissen der Verbrennung anzupassen und regeln zu können, heute erreicht ist.

In allerneuester Zeit haben noch andere Feuerungsarten Eingang in deutsche Kraftwerke gefunden, die sogenannten Unterschubfeuerungen oder Stoker. Bei diesen ist die gesamte Rostbahn in einzelne Mulden aufgeteilt, in die mittels eines Kolbens der Brennstoff unter die brennende Kohlenschicht geschoben wird. Die Luftzufuhr erfolgt durch Düsen, die sich etwa in mittlerer Höhe der Brennstoffschicht befinden und in besonderen Balken angeordnet sind. Die Kohle wandert infolge Rostneigung und Vorschub des Kolbens auf der Rostbahn weiter, wo sie allmählich ausbrennt. Das periodische Vorschieben entweder der Düsenbalken (wie beim Riley Stoker) oder der Mulden (beim Taylor Stoker) bewirkt eine gewisse Schürung des Feuers. Vorteile der Stokerfeuerungen sind:

1. die Entgasung des Brennstoffes erfolgt bei niedrigen Temperaturen, wodurch leicht zündende Schwelgase entstehen, die die Verbrennung rasch und sicher einleiten,
2. da die Luft in halber Höhe der Mulde zugeführt wird, ist eine zu große Zersetzung der entstehenden Kohlensäure in Kohlenoxyd und Sauerstoff vermieden.

Große Leistungsfähigkeit, leichte Regelung und Anpassung an Belastungsschwankungen, unmittelbare Heizflächenbestrahlung, praktisch rauchlose Verbrennung, einfache und glatte Feuerraummauerung ohne Gewölbe sowie beliebige Feuerraumbreite sind Eigenschaften, die bei Stokerferung ebenso wie bei modernen Unterwindzonenwanderrosten erreicht werden. Außer den genannten Stokertypen, die zuerst in Amerika gebaut wurden, sind auch in Deutschland Stokerroste durchgebildet worden, wie der Martin-Unterschubrost, der Raupenrost u. a. m., die sich insbesondere auch für Verfeuerung minderwertiger Brennstoffe eignen.

Bei den Braunkohlenrosten ist man in letzter Zeit von der bis dahin üblichen Bauart des starren Treppenrostes abgegangen, da bei diesem eine starke Abhängigkeit des Rutschwinkels der Kohle von der Zugstärke besteht, so daß bei Lastschwankungen stets die Gefahr der Überschüttung und damit das Herausschlagen der Flamme mit den hiermit verbundenen Feuerungsverlusten und Unannehmlichkeiten gegeben ist. Dieser Nachteil ist durch die Mechanisierung der Roste behoben worden, weil bei einem bewegten Rost der Rostwinkel stets kleiner als der Rutschwinkel der Kohle gewählt werden kann.

In einigen Fällen, besonders bei Werken, die sehr hohe und schnelle Spitzen ausfahren müssen, hat man seit einiger Zeit Zusatzfeuerungen mit Braun- oder Steinkohlenstaub angewendet. Die normale Leistung wird vom Rost erzeugt und nur bei Spitzen die Kohlenstaubfeuerung zur Leistungsteigerung herangezogen.

Mit der Einführung hoher Drücke in Elektrizitätswerken hatte auch ein neuer Entwicklungsabschnitt des Dampfturbinenbaues eingesetzt. Man hatte erkannt, daß durch Übergang auf höhere Drücke und vor allem auf höhere Temperaturen wesentliche Verbesserungen in thermischer Hinsicht zu erzielen sind. Das ausnutzbare Gefälle wurde ferner durch Verbesserung des Vakuums nach unten hin erweitert. Die in erster Linie zu lösenden Aufgaben gehen in zwei Richtungen. Einmal mußte die Bauart der Turbinen den erhöhten Anforderungen bezüglich Druck und Temperatur angepaßt werden, anderseits ging man daran, die obere Gefällserhöhung, die durch höheren Druck und Temperatur bedingt ist, mit höherem thermodynamischen Wirkungsgrad auszunutzen. Dieses Ziel wurde erreicht durch sorgfältigste Auswahl der entsprechenden Werkstoffe, auf welchem Gebiete im Laufe der letzten 15 Jahre durch intensivste Forschungsarbeit große Erfolge erzielt wurden. Der wirtschaftliche Erfolg dieser thermischen, konstruktiven und herstellungstechnischen Verbesserungen wirkte sich in einer Erhöhung der Grenzleistung für 3000tourige Turbinen aus; es ist heute möglich, 3000tourige Turbinen bis zu Leistungen von 60 000 kW zu bauen. Die Leistungsteigerung der 3000tourigen Generatoren hat mit der Turbine Schritt gehalten. Der Vorteil der 3000tourigen Turbosätze gegenüber Maschinen mit niedriger Umlaufzahl liegt einerseits in dem niedrigeren Preise je Kilowatt und anderseits in dem höheren thermischen Wirkungsgrad sowie dem geringeren Platzbedarf der Turbosätze und Kondensatoren.

Diese Verbesserungen im Kessel- und Turbinenbau wirkten sich dahin aus, daß man heute in der Lage ist, auf der gleich großen Fläche, auf der man vor etwa 15 Jahren ein Kraftwerk von bestimmter Größe erbauen konnte, ein solches von mehrfacher Leistung zu errichten, was natürlich auf die Kosten je Kilowatt von sehr erheblichem Einfluß ist.

Schilderten die bisherigen Ausführungen die Entwicklung des Kraftwerkbaues in den letzten Jahrzehnten, so sollen im folgenden die sich daraus ergebenden Gesichtspunkte für den Entwurf eines modernen Kraftwerkes behandelt werden.

Von grundlegender Bedeutung für den Aufbau eines Kraftwerkes ist seine Benutzungsdauer. Man kann ein Belastungsdiagramm (Abb. 1) in zwei Hauptabschnitte aufteilen, in Grundlast und Spitzenlast, die bisher in den meisten Fällen von einem Kraftwerk übernommen wurden. Da aber die Spitzenbelastungen, insbesondere durch den starken Lichtverbrauch, immer weiter anstiegen, ist man dazu übergegangen, in bestimmten Fällen Grundlast und Spitzenlast durch verschiedene Werke zu decken, so daß man heute von Grundlastwerken und Spitzenkraftwerken spricht. In wirtschaftlicher Hinsicht ist das Kennzeichen der Grundlastwerke hohe Benutzungsdauer, daher

Digitized by Google

höchste Wirtschaftlichkeit selbst bei höheren Kapitalkosten, während die Spitzenwerke gekennzeichnet sind durch geringere Benutzungsdauer bei schnellmöglichster Betriebsbereitschaft, möglichst niedrigen Kapitalaufwand unter Verzicht auf höchste Wirtschaftlichkeit

Bei Dampfgrundlastwerken ist vor allem darauf zu achten, daß der Ausbau in bezug auf die Auswahl der Kessel und Maschinen höchste Wirtschaftlichkeit ergibt, im Gegensatz zu Spitzenwerken, bei denen nur eine verhältnismäßig geringe Benutzungsdauer in Frage kommt. Es hat sich herausgestellt, daß bei Kraftwerken mit ausgesprochener Lichtspitze die Spitzenleistung — unter dieser wird im allgemeinen diejenige Leistung verstanden, die einer Jahresbenutzungsdauer von 1000 h und weniger entspricht — etwa 50 ... 60 % der Jahreshöchstleistung beträgt. Als solche ist die Spitzenleistung nur mit 5 ... 10 % an der Gesamterzeugung in Kilowattstunden beteiligt, während die übrigen 40 ... 50 % der Maschinenleistung

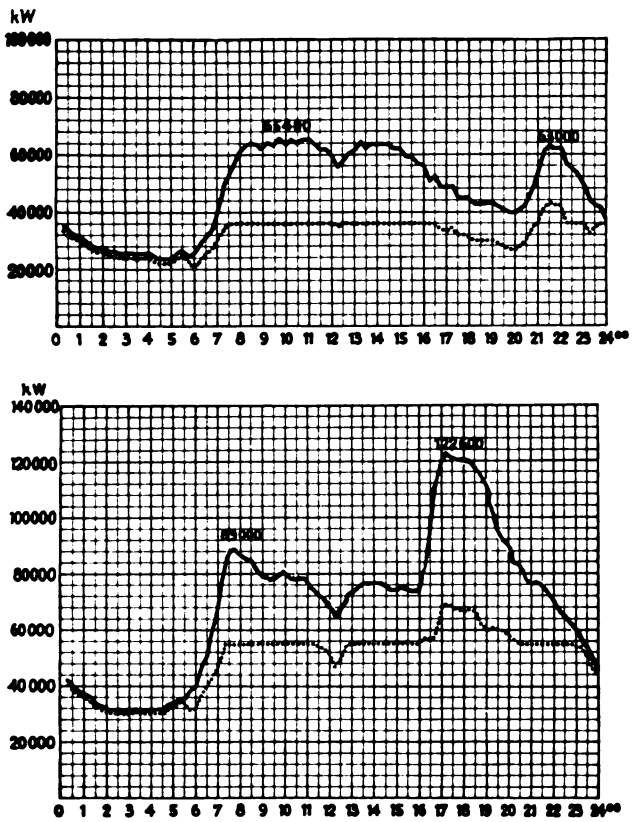


Abb. 1. Tagesbelastung der Hamburgischen Electricitäts-Werke (die des Kraftwerks Neuhof punktiert) am 23. V. (oben) und 22. XI. 1929.

als Grundbelastung 90 ... 95 % der Gesamterzeugung liefern. Ob ein Grund- oder Spitzenwerk gebaut werden soll, hängt außerdem von den bereits vorhandenen Kraftwerken ab. Sind diese noch neu und von hoher Wirtschaftlichkeit, wird man zweckmäßig das neu zu errichtende Werk als Spitzenwerk ausbauen. Sind die vorhandenen Werke jedoch in ihrem Betriebe unwirtschaftlich, wird man sie als Spitzenwerke für geringe Benutzungsdauer heranziehen und das neu zu erbauende Werk als Grundlastwerk ausbauen.

Zunächst ist nun die Frage zu entscheiden, wo das neue Werk errichtet werden soll. Hierfür sind von ausschlaggebender Bedeutung folgende drei Faktoren: die Lage des Werkes zur Kohle, die Lage zum Verbrauchszentrum und die Kühlwasserverhältnisse, wobei gegeneinander abgewogen werden müssen der Preis je 10^6 WE Brennstoff frei Kraftwerk, Dampfverbrauchsverbesserungen bei Frischwasserkühlung gegenüber evtl. sonst erforderlicher Rückkühlung und die Fortleitungskosten. Ergeben die Rechnungen, daß die Erzeugungskosten der Kilowattstunde durch Errichtung des Kraftwerkes auf der Kohle in großer Entfernung vom Verbraucher, wobei als Übertragungsmittel Freileitungen angenommen seien, nur unwesentlich geringer sind als in unmittelbarer Nähe der Stadt, so wird man zweckmäßigerweise die Errichtung des Kraftwerkes in unmittelbarer Nähe des Verbrauchszentrums vornehmen. Als Nächstes hat sich die Projektierung mit der Größe der Maschinen zu befassen, wobei in erster Linie das Belastungsdiagramm unter besonderer Berücksichtigung der Belastungszeiten maßgebend ist für die Unterteilung der einzelnen Maschinengrößen unter Einschluß der entsprechenden Reserven. Hierbei kann man Turboaggregate mit einer Welle bis zu 150 000 kW Leistung je Maschine bei 1000 Umdrehungen in Betracht ziehen, während, wie bereits erwähnt, Maschinen mit 3000 Umdrehungen bis 60 000 kW Berücksichtigung finden können. Soll das neu zu errichtende Werk mit anderen Werken verkoppelt werden, so kann die Reservefrage gegebenenfalls auch dahin entschieden werden, daß man von Reservemaschinen im eigenen Werk ganz absieht und bei Ausfall einer Maschine den fehlenden Strom von anderen Werken bezieht.

Von sehr großer Wichtigkeit für die Projektierung ist die Bestimmung des wirtschaftlichsten Druckes in den Kesseln und Maschinen. Während in den älteren Kraftwerken noch mit Dampfdrücken von etwa 12 ... 18 atü bei 225 ... 300 ° gearbeitet wurde, ist man durch die eingangs erwähnten Fortschritte im Kessel- und Maschinenbau und nach sorgfältiger Vorprüfung der in Betracht kommenden Werkstoffe dazu übergegangen, bei den in den letzten Jahren entstandenen neueren Großkraftwerken Dampfdrücke von 30 ... 40 atü bei 400 ... 450 ° zur Anwendung zu bringen. Will man zu noch höheren Kesseldrücken übergehen, so muß man Zwischenüberhitzung des Arbeitsdampfes anwenden, aber möglichst danach trachten, die Anlage nicht unnötig zu komplizieren und dadurch zu verteuern. Irgendwelche Befürchtungen hinsichtlich der Materialien sowohl für die Überhitzer als auch für die Maschinen bestehen bei diesen Temperaturen heute nicht mehr.

Sollte die Entwicklung der Baumaterialien für Überhitzer und Turbine in der nächsten Zeit die Anwendung von Temperaturen über 450 ° ohne Gefahr im Dauerbetrieb gestatten, dann ist auch für höhere Drücke als 40 at in reinen Kondensationskraftwerken mit Frischwasserkühlung ohne Zwischenüberhitzung auszukommen. Pionierarbeit in dieser Hinsicht leistet das Großkraftwerk Mannheim mit einer größeren Anlage von 100 at Kesseldruck.

Die Kesseleinheit wird man möglichst groß wählen, damit je Kilowatt der geringste Platzbedarf erreicht wird — Größen von 2000 und mehr Quadratmetern Heizfläche bilden heute keine Seltenheit mehr. Es werden bereits Kessel für eine Leistung von 200 und mehr Tonnen Stundendampf gebaut, und in Amerika ist man schon zu Leistungen von 300 t und mehr gekommen. Als Reserve empfiehlt sich im allgemeinen für drei Kessel ein Kessel und die Verbindung dieser vier, zu einem Block zusammengebaut, mit einem Schornstein. Hierdurch wird die Rauchgasführung im Kesselhaus klar und übersichtlich; man kann so die langen Füchse vermeiden. Ob natürlicher oder künstlicher Zug zur Anwendung gelangen soll, bedarf ebenfalls eingehender Prüfung. Ist das Kraftwerk in unmittelbarer Nähe bewohnter Gegenden, so wird man zweckmäßigerweise Schornsteine mit einer Höhe von mindestens 100 m anwenden, um der Aschenplage zu begegnen.

Je höher der Druck in den Kesseln gewählt wird, um so mehr Sorgfalt ist der Speisewasserfrage zu widmen. Das Zusatzwasser ist in Verdampfern nach vorheriger chemischer Enthärtung zu bereiten; auch eine gute Entgasung des gesamten Kesselspeisewassers ist dringend zu empfehlen, da der Sauerstoffgehalt des Wassers zu unangenehmen Korrosionen im Kessel Anlaß gibt.

Ob bei einem neu zu errichtenden Kraftwerk automatische Kesselregelung vorgesehen werden soll, hängt ganz davon ab, wie sich das Belastungsdiagramm, insbesondere in bezug auf die Größe und Häufigkeit der auftretenden Spitzen, gestaltet.

Auch dem Kühlwasser muß besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, besonders bezüglich seiner Zusammensetzung in Hinsicht auf Härtebildner, ob also weiches oder hartes Wasser zur Verfügung steht.

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist ferner die Disposition des Kohlenlagerplatzes mit den verschiedenartigsten Kohlentransportanlagen, deren Anordnung für einen möglichst einfachen Betrieb ganz von den örtlichen Verhältnissen abhängig ist.

Zusammenfassend ist zu sagen: Dampfgrundlastwerke sollen mit höchst erreichbarem thermischen Wirkungsgrad gebaut werden, soweit dieser sich durch

Digitized by Google

die Erstellungskosten rechtfertigen läßt, da bei ihnen die Kohlekosten eine ausschlaggebende Rolle spielen, die Kapitalkosten je Kilowattstunde aber wegen der hohen Benutzungsdauer niedrig sind. Als Grundlastwerke gelten auch die Wasserlaufkraftwerke, bei denen Wasserspeichermöglichkeit nicht oder nur unerheblich besteht. Können solche Werke mit Grundlast nahezu durchlaufen, so sind auch hier verhältnismäßig hohe Baukosten tragbar.

Anders wie bei Grundlastwerken liegen die Verhältnisse bei ausgesprochenen Spitzenkraftwerken. Da bekanntlich die höchsten Winterspitzen nur während weniger Monate und auch während der einzelnen Tage nur stundenweise auftreten, beträgt die Benutzungsdauer dieser Werke im allgemeinen unter 1000 h, meist 500 und weniger im Jahre. Demzufolge ist hier der Kapitaldienst allein maßgebend. Spitzenkraftwerke sollen also mit geringstem Kapitalaufwand und möglichst an den Hauptbelastungspunkten des Stromnetzes erstellt werden.

Die Lösung des Spitzendeckungsproblems ist nun auf verschiedene Weise möglich. Soll hierfür ein neues Dampfkraftwerk erbaut werden, so wird man größten Wert auf möglichst einfachen Aufbau des gesamten Werkes legen unter Verwendung von hochbelasteten Kesseln, erzielt durch hohe Abgastemperaturen unter Verzicht auf höchsten Kesselwirkungsgrad, des weiteren durch Einbau billiger, hoch überlastbarer und schnell anfahrbarer Maschineneinheiten mittleren Wirkungsgrades, durch Wahl eines Dampfdruckes, der noch die Verwendung normalgenieteter Kesseltrommeln gestattet. Weiter kann auf fast alle Dampfprozeßverbesserungen, wie Anwendung des Regenerativverfahrens, Ekonomiser und evtl. auch auf Luftvorwärmung verzichtet werden, da der Wärmeverbrauch je Kilowattstunde nur eine untergeordnete Bedeutung hat. Auch auf gutes Vakuum ist nicht allzu großer Wert zu legen, damit die Kondensatoren klein und daher billig werden. Die gesamten Rohrleitungen sind möglichst einfach zu halten, auf Doppelrohrleitungen wie bei Grundlastwerken kann im allgemeinen verzichtet werden. Als Brennstoff kommt nur Kohle von hohem Heizwert, evtl. sogar Öl oder Gas in Frage.

Reine Dampfspitzenkraftwerke nach diesen Gesichtspunkten hat man bisher in Deutschland noch nicht gebaut, da, wie schon früher erwähnt, vielfach alte, bereits stark abgeschriebene, aber als Grundlastwerke unwirtschaftlich arbeitende Kraftwerke zur Spitzendeckung herangezogen werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Übernahme der Belastungspitzen bietet die Aufstellung sogenannter Ruthsspeicher, bekanntlich große Behälter, in denen der überschüssige Dampf aus den Kesseln, also in Zeiten schwacher Belastung, durch Erhöhung des Druckes in Wasser umgesetzt wird und zu beliebiger Zeit unter Absenkung des Druckes wieder entnommen werden kann. Dieser Speicherdampf wird sodann als Zusatzdampf den vorhandenen Turbinen, die in diesem Fall neben dem Frischdampfventil noch ein solches für Speicherdampf erhalten, oder besonderen sogenannten Speicherturbinen zugeführt.

Die größte Spitzenanlage mit Ruthsspeichern ist von den SSW für das Kraftwerk Charlottenburg der Bewag in diesem Jahre fertiggestellt worden. Die bestehende Kesselanlage und die Maschinen dieses Kraftwerkes leisten etwa 50 000 kW, die während des Tages nahezu voll durchgefahren werden. Nachts beträgt dagegen die Belastung nur etwa 8000 kW. Es sind hier 16 Ruthsspeicher, zum erstenmal stehender Bauart, mit einem Gesamtinhalt von 5000 m³ zur Aufstellung gelangt, die nachts auf 13 at aufgeladen und während der Abendspitze mit max. 40 000 kW entladen werden können. Derartige Ruthsspeicherwerke können neben der Spitzenbelastung auch sehr gut zur Momentanreserve herangezogen werden. Läßt man nämlich die Speicherturbinen, während sie nicht belastet sind, leer mitlaufen, indem z. B. der Generator als Motor betrieben und so zur Phasenverbesserung herangezogen wird, so kann man Einrichtungen treffen, daß die Turbine von selbst anspringt, wenn durch eine Störung eine Hauptmaschine ausfällt.

Eine andere Möglichkeit zur Deckung der Spitze besteht in der Errichtung von Wasserspeicherkraftwerken in Verbindung mit Dampf- oder Wasserkraftwerken. Bei diesen wird in Zeiten schwacher Netzbelastung Wasser aus nahegelegenen Seen oder Flüssen in ein hochgelegenes Speicherbecken gepumpt. In Zeiten der Spitzenbelastung werden dann von diesem Druckwasser Turbinen angetrieben, welche die zu Zeiten des Pumpenbetriebes als Motoren laufenden Generatoren antreiben. Die Aggregate derartiger Speicherpumpwerke bestehen also aus einem Generator, welcher mit je einer Pumpe und einer Turbine gekuppelt ist, die je nach Bedarf zusammengekuppelt werden. Der Wirkungsgrad derartiger Speicherpumpwerke beträgt ungefähr 60 %. Vorbedingung für ihre Errichtung sind natürlich die entsprechenden geologischen Verhältnisse.

Pumpspeicherwerke haben ebenso wie Ruthsspeicherwerke gegenüber Dampfspitzenkraftwerken den großen Vorzug der Momentanreserve. Wasserturbinen kann man, da sie nur verhältnismäßig geringe Umdrehungszahlen haben und nicht solchen Beanspruchungen unterliegen wie Dampfturbinen, schnell in Betrieb setzen. Während Pumpspeicherwerke kleineren Ausmaßes schon seit Jahren, hauptsächlich in Verbindung mit Wasserkraftwerken, in Betrieb sind, errichtet das RWE z. Z. eine derartige Anlage mit einer Leistung bis zu 140 000 kW bei Herdecke a. d. Ruhr und die AG. Sächsische Werke, gemeinsam mit der Stadt Dresden, eine solche bei Niederwartha mit einer Leistung von 60 000 kW im 1. Ausbau und 120 000 kW im 2. Ausbau.

Einen anderen Weg zur Deckung ihrer Spitzenbelastung haben die Hamburgischen Electricitäts-Werke eingeschlagen. Sie haben in ihrem Kraftwerk Neuhof eine Dieselmaschine von 15 000 PSe zur Aufstellung gebracht, die in ihrem Ausmaße und ihrer Leistung die größte derartige Maschine der Welt ist. Sie hat ebenfalls den Vorzug der steten Betriebsbereitschaft, wenn sie auch nicht schlagartig aufs Netz gekuppelt werden kann, da ihr Anfahren bis auf volle Belastung 3 ... 4 Minuten erfordert.

Schließlich sei noch die Speicherung der elektrischen Energie in Akkumulatorenbatterien erwähnt, wie sie schon aus den ersten Anfängen des Kraftwerksbaues bekannt ist. Diese Art der Speicherung wird bis heute nur in den seltensten Fällen angewendet, einmal weil die meisten Ortsnetze Drehstrom aufweisen, vor allen Dingen aber, weil ihre Anlage bisher sehr teuer und der Platzbedarf ziemlich groß war. Man pflegt sie bis heute nur als äußerste Reserve in großen Gleichstromnetzen vorzusehen. Neuerdings sind jedoch auch auf diesem Gebiete wesentliche Fortschritte zu verzeichnen; es dürfte nicht ausgeschlossen sein, daß auch der Akkumulator in absehbarer Zeit eine nicht zu unterschätzende Rolle bei der Frage der Spitzendeckung spielt.

Eine Bestrebung, die in den letzten Jahren Eingang in die Elektrizitätswerke gefunden hat, sei hier noch kurz erwähnt, nämlich der kombinierte Kraftheizbetrieb. Neben der Verwendung der Wärme für industrielle Zwecke, z. B. in Brikett-, Öl-, Textil- und anderen Industrien, geht man dazu über, die Städteheizung zu zentralisieren und im Elektrizitätswerk das Wärmegefälle zwischen Kesselspannung und Heizdampfzustand in Gegendruckmaschinen auszunutzen. Der Wärmeverbrauch sinkt dabei unabhängig vom Anfangsdruck auf etwa 1200 WE je Kilowattstunde. Auch in Verbindung mit Spitzenkraftwerken bietet die Vereinigung eines Heizkraftwerkes mit einem Spitzenkraftwerk viel Vorteile wirtschaftlicher und thermischer Art. Für die Deckung beider Lasten, nämlich der Dampflast für die Heizung und der elektrischen Last für die Abend- und Morgenspitze, dient nur eine Kesselanlage, die also bedeutend wirtschaftlicher ausgenutzt werden kann, als wenn getrennt für beide Lasten entsprechende Kesselanlagen vorgesehen werden. Vorbildlich in dieser Hinsicht ist das Großkraftwerk Böhlen der AG. Sächsische Werke. Der Maschinenpark enthält drei Gegendruckmaschinen von zusammen 36 000 kW, deren Abdampf in die Trockner der Brikettfabrik geleitet wird, sowie sechs Kondensationsmaschinen mit einer Gesamtleistung von 173 000 kW.

Die Hamburgischen Electricitäts-Werke betreiben seit dem Jahre 1921 eine ausgedehnte Fernheizung im inneren Stadtgebiet unter Verwendung dreier alter Kraftwerke mit Gegendruckmaschinen. Sie planen ferner die Errichtung einer Hochdruckanlage für Heizzwecke in Verbindung mit Spitzendeckung für eine Leistung von 30 000 bis 40 000 kW.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Westinghouse-Großtransformatoren. — Die Westinghouse El. & Mfg. Co. hat für die Energieübertragung von der Pennsylvania Power & Light Co., Bushkill, auf das Netz der Public Service El. & Gas Co., New Jersey, vier Transformatoren gebaut, die z. Z. wohl als die größten

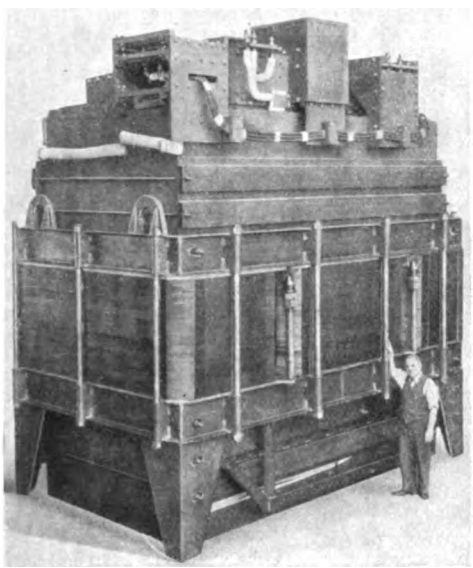


Abb. 1. 60 000 kW-Transformator ohne Kessel.

Einheiten anzusprechen sind. Die Leistung jedes Transformators beträgt 60 000 kW, die Höhe 10,5 m, die erforderliche Bodenfläche 6,7 × 7 m; das Kupfer wiegt 15,3 t, das Blechpaket 64,2 t, der ganze Transformator rd. 300 t. An Öl sind mehr als 145 m³ erforderlich. Die Betriebsober-

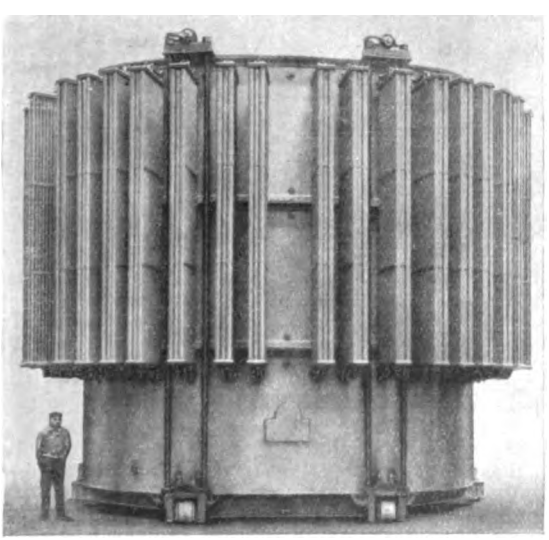


Abb. 2. 60 000 kW-Transformator im Kessel.

spannung beträgt 220 kV; die Prüfung erfolgte mit 570 kV. Für den durchaus nicht einfachen Transport wurde das Öl abgelassen und der Kessel zum Schutz der Isolation gegen Feuchtigkeit mit Stickstoff gefüllt. Abb. 1 stellt den Transformator ohne, Abb. 2 mit Kessel dar. *Ka.*

Apparate.

Selbsttätiger Spannungsregler. — Ein von P. Toulon beschriebener Spannungsregler verwendet eine Kombination von Leuchtröhren und Ohmschen Widerständen. Bei den letzteren steigt bekanntlich der Strom proportional mit der Spannung. Bei einer Leuchtröhre fließt unterhalb der Zündspannung gar kein Strom, um dann aber schnell anzusteigen (Abb. 3). Wir schalten einen Ohmschen Widerstand mit einer Neonröhre in Reihe und nehmen zunächst an, daß der Spannungsabfall in dem Widerstand der gleiche sei wie der in der Neonröhre. In Abb. 3 ist dann der Arbeitspunkt M gekennzeichnet

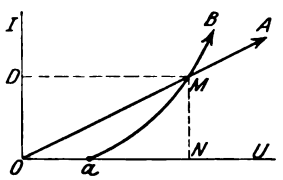


Abb. 3. Reihenschaltung eines Ohmschen Widerstandes mit einer Leuchtröhre.

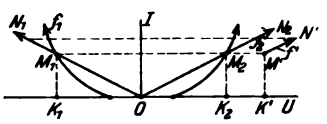


Abb. 5. Wirkungsweise bei Spannungsänderung.

durch $MN = J$ und $MD = U$. Wir nennen dann K_R den Winkelkoeffizienten der Geraden OA und K_N den der Tangente an die Kurve B im Punkte M. Eine Stromzunahme ΔJ in der Nähe des Arbeitspunktes M zieht einen zusätzlichen Spannungsabfall $K_R \Delta J$ in dem Widerstand und $K_N \Delta J$ im Neonrohr mit sich. Man sieht weiter, daß $K_N > K_R$, d. h. daß die Spannung viel schneller an den Klemmen des Widerstandes wächst als an den Klemmen des Neonrohres. Wenn die beiden Apparate (Widerstand und Neonrohr) in einem Netz veränderlicher Spannung in Reihe geschaltet sind, so verteilt sich die Spannungserhöhung des Netzes sehr ungleich auf die beiden Apparate. Der neue Regler beruht auf dieser ungleichen Verteilung der Spannungen in einer Differentialschaltung, so daß die Differenz zwischen den beiden Spannungsabfällen konstant bleibt.

In Abb. 4 sind A und B die beiden Netzklemmen mit veränderlicher Spannung, ACD ist ein Spartransformator, der zwei Wicklungen AD und DC trägt, die in Reihe geschaltet sind. Das Neonrohr T ist zwischen AC geschaltet, der zu regelnde Stromkreis, z. B. die Beleuchtungslampe L, liegt zwischen B und C. Abb. 5 ist analog der Abb. 3 aufgezeichnet. Man nimmt als Ausgangspunkt der Spannungen das Potential am Verbindungspunkt D.

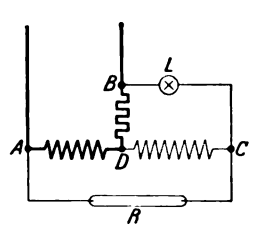


Abb. 4. Gesamtschaltung des Spannungsreglers.

Die Spannung in DA ist dargestellt durch OK_1 in Richtung der negativen Abszissen und die Spannung in DB durch OK_2. Die Spannung an den Klemmen des Widerstandes ändert sich ungefähr proportional der Stromstärke (Pfeil f_2), und wir finden wieder den Koeffizienten K_R der Abb. 3. Im Gegensatz dazu ändert sich die Spannung in der Wicklung DA (Primärwicklung) in gleicher Art wie die an den Klemmen AC (Sekundärwicklung des Transformators), an die die Neonröhre angeschlossen ist, d. h. daß wir den Koeffizienten K_N der Abb. 3 (Pfeil f_1) wiederfinden, aber auf der Seite der negativen Abszissen.

Abb. 5 gestattet, wenigstens annäherungsweise die Verteilung der Spannungen zwischen den verschiedenen Stromkreisen zu ermitteln, wenn sich die Spannung an den Netzklemmen AB ändert (Abb. 4). Die Primärwicklung AD liegt in Reihe mit dem Widerstand DB, die Stromstärke, die in der Wicklung AD fließt (entsprechend K_1M_1 in Abb. 5), ist dieselbe wie in dem Widerstand DB (K_2M_2). Jedem Wert der Spannung des Netzes entspricht eine Länge M_1M_2 zwischen der Kurve Of_1 und der Geraden OM_2. Die Spannung an den Klemmen der Wicklung DC ist von entgegengesetztem Vorzeichen wie DA. Das Verhältnis $\frac{DC}{DA} = \lambda$ ist das Übersetzungsverhältnis des Transformators. Wenn die Span-

Digitized by Google

nung an den Klemmen von DC um $K_N \Delta J$ zunimmt, so nimmt sie also um $\lambda K_N \Delta J$ an den Klemmen von DA zu (Pfeil f' in Abb. 15). Der Punkt K', Abszisse von M', stellt also die Spannung am Punkt C dar oder die Spannung $BC = DC - DB$. Damit also die Spannungsdifferenz zwischen B und C konstant bleibt, genügt es, wenn K_N gleich λK_R ist. Die Entfernung M_2M' bleibt konstant, d. h. die beiden Pfeile f_2 und f' bleiben parallel zueinander. Unter diesen Bedingungen wird durch eine Änderung der Speisespannung, z. B. dargestellt durch N_1N_2 (anstatt von M_1M_2 im vorliegenden Falle), die Spannung an den Klemmen des zu regelnden Kreises N_2N gleich M_2M' sein, d. h. dieselbe wie vorher.

Die praktische Ausführung wird für die Entnahme einer konstanten Leistung von 120 oder 250 W gebaut. Für 120 W werden 20 Glimmlampen verwendet, je zwei in Reihe, für 250 W sind es 40 Lampen. Die Regelung ist bei ± 10 % Schwankung auf ± 0,2 % genau. (P. Toulon, Rev. Gén. de d'El. Bd. 26, S. 189.) *Kth.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Messung der dielektrischen Verluste von Hochspannungskabeln. — Die fortschreitende Entwicklung der Höchstspannungskabel hat die Prüflaboratorien vor die Aufgabe gestellt, den dielektrischen Verlustfaktor mit größter Genauigkeit zu messen. Die Messung bietet mit ihrer Verbindung von hoher Meßspannung und sehr kleinen Meßwerten gewisse Schwierigkeiten, deren Überwindung zur Sicherung einwandfreier Ergebnisse besondere Schutzmaßnahmen an Meßbrücke und Meßobjekt erforderlich macht. Es besteht natürlich das Bestreben, tatsächlich vergleichbare Meßergebnisse zu erhalten, was jedoch infolge der Unkenntnis des Umfanges der getroffenen Schutzmaßnahmen in den meisten Fällen nicht möglich ist, insbesondere dann, wenn es sich um Feststellung von Werten in der Größenordnung 10^{-4} und 10^{-5} handelt. Es ist daher verständlich, wenn von einer Reihe von sechs Arbeiten, die „Schutzmaßnahmen bei elektrischen Messungen" behandeln, zwei Arbeiten sich mit der Messung des tg δ befassen.

In der ersten Arbeit veröffentlichen C. L. Dawes, F. L. Hoover und H. H. Reichard die Schutzschaltung einer Brücke, die durch eine veränderliche Gegeninduktivität abgeglichen wird und eine hohe Empfindlichkeit aufzuweisen scheint. Die Abschirmungen sind nicht einfach geerdet oder direkt an die Brückenecken angeschlossen, sondern erhalten durch Widerstände, Kapazitäten und Gegeninduktionen auch im Phasenwinkel genau kontrollierte Potentiale aufgedrückt. Aus den Einzelheiten sei herausgegriffen, daß die Verf. die sonst allgemein angewandte glatte Erdung der Schutzringe des als Vergleichskapazität vorhandenen Luftkondensators als fehlerhaft ansehen und die Schutzringe gemeinsam mit einer Abschirmung des ganzen Kondensators sowie der Gesamtabschirmung der eigentlichen Brückenschaltung auf das Potential der Niederspannungseite des Kondensators bringen. Das zu messende Kabelstück ist gleichfalls abgeschirmt und wird gegen Ableitung an den Enden außer durch die bekannten geerdeten Schutzringe noch durch ein weiteres aus dem Bleimantel geschnittenes Ringpaar, das wiederum Schutzpotential erhält, geschützt. Für die Messung der Kapazität des Vergleichskondensators in geschütztem Zustande, die Feststellung des Übersetzungsfehlers und Phasenwinkels des Spannungstransformators, die Kontrolle des Voltmeters und der Empfindlichkeit der Brücke werden Sonderschaltungen angegeben und gezeigt, wie die Empfindlichkeit durch Einschaltung bekannter Widerstände in die Brückenzweige sich steigern läßt. Bei sinusförmiger Grundspannung haben die Verf. einen Einfluß auftretender Harmonischen auf das Meßergebnis nicht gefunden.

Aber auch bei einer weitgehend schutzgeschalteten Meßeinrichtung können irreführende Ergebnisse auftreten, wenn nicht gewissen Veränderungen, denen das zu untersuchende Kabel während der Messung unterworfen sein kann, Rechnung getragen wird. Dies zeigt E. H. Salter, der eine experimentelle Untersuchung der Erscheinung, daß lange Kabelstücke häufig günstigere Verlustwerte zeigen als kurze, durchführte. Verf. zerlegte den Bleimantel einer Kabellänge durch Kreisschnitte in Längen von rd. 30 cm und konnte somit jede dieser kleinen Teillängen einzeln messen, ohne ihre Enden bloßzulegen. Er erhielt für alle Teillängen relativ gleichmäßige Werte des tg δ, ausgenommen bei den beiden Endlängen, deren tg δ in besonderem Maße in die Höhe ging, wenn die Kabellänge auf 100 ° erhitzt und wieder auf Zimmertemperatur abgekühlt worden war, Verf. schließt hieraus auf eine Oxydation der Tränkmasse durch in die offenen Kabelenden eintretenden Luftsauerstoff. Als weitere Fehlerquelle findet er, und dies insbesondere bei Dreileiterkabeln, Glimmverluste in der Spreizstelle der Adern. Die erste Fehlerquelle wird vermieden, wenn die Schutzringe an den Kabelenden eine Länge von wenigstens 30 cm erhalten, wodurch die Teile der Kabellänge, die dem Einfluß eindringender Luft unterworfen sind, aus der Messung ausgeschaltet werden. Der Spalt zwischen Schutzring und Kabelmantel soll hierbei etwa 3 mm betragen, mit Öl gefüllt und gegen Ölverlust gesichert sein. Die zweite Fehlerquelle wird unterdrückt, wenn bei Dreileiter-Gürtelkabeln die Gürtelisolation mit dem Bleimantel abgesetzt wird und Schutzringe von 15 cm Länge auf die Einzelleiter bis in die Spreizstelle aufgebracht werden; die Schutzringe sind gegeneinander durch eine Bewicklung zu isolieren. Bei H-Kabeln sind die Metallisierungen der Einzelleiter bis 15 cm über der Spreizstelle bestehen zu lassen und die Enden gegen Sprühverluste zu schützen. (C. L. Dawes, F. L. Hoover u. H. H. Reichard, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 450. — E. H. Salter, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 444.) *Wn.*

Neue Anwendungen des elektrischen Mikrometers. — Im Laboratorium der General Electric Company hat Mershon ein elektrisches Mikrometer entwickelt[1], das in der Zwischenzeit weitergebildet worden ist. Es ist imstande, Bewegungen bis herab zu 0,000 25 mm zu messen und kann dabei den schnellsten Schwankungen folgen. Kurz gesagt, besteht das Mershon-Mikrometer aus einer Wechselstrombrücke mit zwei eisengeschlossenen Drosseln in den Zweigen. In einer wird durch die zu messende Bewegung der Luftspalt geändert. Als Anzeiger dient eine Oszillographenschleife. Die Anordnung wird mit so hoher Frequenz gespeist, daß diese mindestens das Zehnfache der Frequenz des aufzunehmenden Vorganges ist (500 ... 1000 Hz). Den Papierablauf am Oszillographen nimmt man so langsam, daß nur die Scheitelwerte des Stromes zu erkennen sind und man nur die Konturen der schraffierten Diagramme zu verfolgen hat.

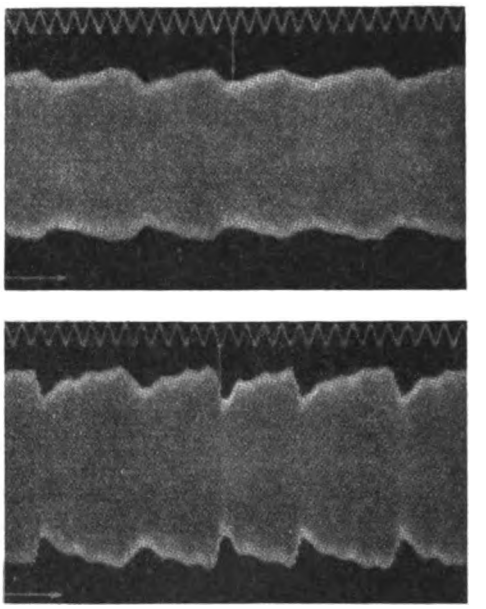


Abb. 6. Oszillogramme des Wasserdrucks im Saugrohr einer Turbine bei einer Belastung mit 1500 kW (a) und 24 000 kW (b).

Eine der neuen Anwendungen bezog sich auf Wasserdruckproben im Saugrohr einer Turbine, wo ungewöhnlicher Verschleiß eintrat. Abb. 6 zeigt ein so erhaltenes Diagramm. Das Schaufelrad der Turbine hat sechs Flügel, und diese entsprachen dann sechs ungleichen, aber periodischen Druckschwankungen; mit der Belastung der Turbine wandelt sich die Druckwirkung in eine vorwiegende Saugwirkung um.

[1] Vgl. a. Keinath, Technik elektrischer Meßgeräte, 3. Aufl., Bd. 2, S. 326.

Digitized by Google

Bei Schleuderprüfungen an den Rotoren großer Dampfturbinen hatte das Mikrometer die Vibrationsamplitude zu messen. Der Anfangsluftspalt wurde auf rd. 0,6 mm eingestellt, Durchbiegungen der Welle änderten ihn um 0,1 ... 0,15 mm.

Schließlich wurde das Mikrometer zur Druckmessung an einer elektrischen Haushalt-Kältemaschine benutzt. Der Kolben hatte einen Durchmesser von 25 mm und einen Hub von 15 mm. Die üblichen Verfahren versagten, da der Kolben ganz unzugänglich war und 30 Hübe in 1 s machte. Abb. 7 zeigt den mit dem elektrischen Mikrometer ausgerüsteten Kolben im Schnitt. Die Membran, deren Durchbiegung den Druck mißt, ist 0,4 mm dick, der Luftspalt 0,12 mm. Mit 1 kg/cm² Druck biegt sich die Membran etwa 0,018 mm durch. An dem Kolben war noch eine Kontakteinrichtung für die Zeitmarkierung angebracht, um so die Kolbenstellung zu dem jeweilig registrierten Druck zu ermitteln.

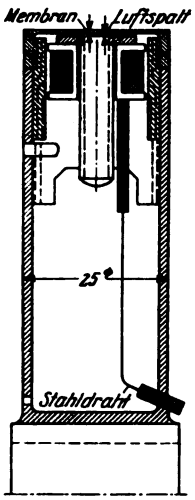


Abb. 7. Anordnung zur Aufnahme des Indikator-Diagramms einer Kältemaschine.

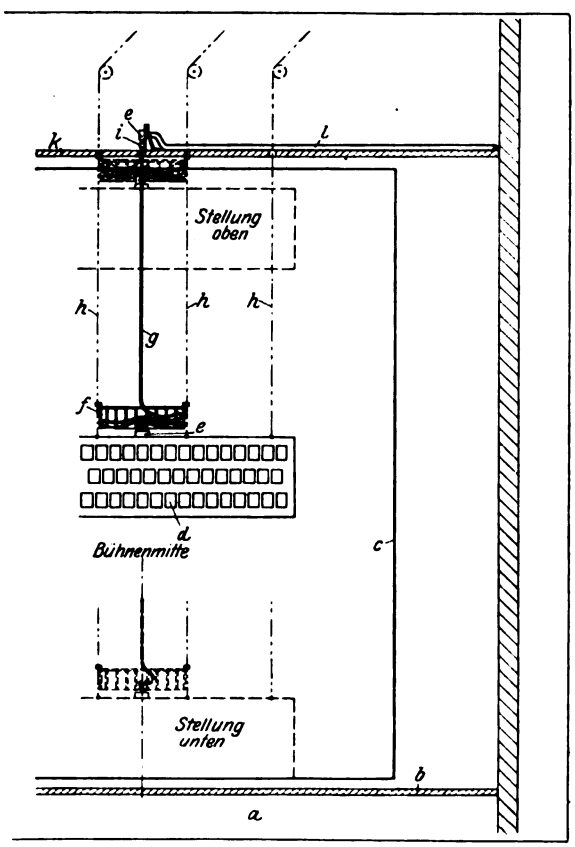
Die dem Aufsatz beigegebenen Oszillogramme sind außerordentlich klar. Das Verfahren scheint dem Berichterstatter das beste zu sein, das man nach dem gegenwärtigen Stand der Technik für derartige Zwecke anwenden kann. (A. V. Mershon, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 526.) *Kth.*

Beleuchtung.

Strahlungsmessung an Wolframlampen. — H. C. v. Alphen vergleicht zwei Methoden zur Messung der spektralen Energieverteilung der von einer Wolframlampe ausgesandten Strahlung. Die erste besteht darin, daß das Spektrum der zu untersuchenden Lampe photographisch aufgenommen und dann die Schwärzungskurve photometrisch festgestellt wird. Um die den Schwärzungen entsprechenden Energiebeträge zu ermitteln, wird an Stelle der Versuchslampe eine Thermosäule aufgestellt, auf welche das durch einen Monochromator gegangene Licht einer Vergleichslampe fällt. Mit der Thermosäule wird das aus dem Monochromator austretende Licht energetisch durchgemessen. Entfernt man dann Thermosäule und Spalt des Monochromators, so tritt aus dem Monochromator weißes Licht von bekannter Energieverteilung, das nun in derselben Weise wie anfangs das Licht der Versuchslampe spektral zerlegt und photographisch aufgenommen wird. Man erhält so eine Schwärzungskurve, in der die jeder Schwärzung entsprechende Energie bekannt ist, und kann damit die Schwärzungskurve der Versuchslampe energetisch auswerten. Die erhaltene Energiekurve läßt sich gut durch die Wiensche Kurve für einen schwarzen Körper darstellen, wenigstens im sichtbaren Gebiet. Die dieser Kurve entsprechende Temperatur des schwarzen Körpers muß sich nun auch pyrometrisch ermitteln lassen. Die ersten derartigen Messungen ergaben pyrometrisch Temperaturen, die etwa 100° höher waren als die photographisch bestimmten. Die Ursache liegt darin, daß die Wolframspirale kein homogener Strahler ist. Die Oberflächenhelligkeit der Innenseite ist viel größer als die der Außenseite. Diese Helligkeitsunterschiede werden durch Reflexion verursacht. Bringt man die entsprechenden Korrekturen an, so zeigen beide Methoden gute Übereinstimmung. Der Verfasser untersucht nun weiter die Energieverteilung im ultravioletten Gebiet nach der photographischen Methode. Zum Vergleich dient eine Kohlenlampe, für welche angenommen wird, daß sie auch im ultravioletten Gebiet keine Absorptionsbereiche besitzt. Der Vergleich zeigt, daß das Wolfram zwischen 0,40 und 0,26 μ ein Absorptionsgebiet besitzen muß. Die aus der Farbtemperatur berechneten Emissionskoeffizienten müssen um maximal 9 % verringert werden, um die experimentell bestimmten zu erhalten. (H. C. v. Alphen. Ann. Phys. Bd. 85, S. 1058.) *Br.*

Installation.

Aufnahmebehälter für Soffittenkabel. — Als Stromzuführung zu den Beleuchtungskörpern auf der Bühne dienen bewegliche Zuführungskabel, die sich der Veränderung in der Höheneinstellung der Beleuchtungskörper in jeder Weise anpassen müssen. Außerdem müssen sie in ihrer Länge so reichlich bemessen sein, daß der betreffende Beleuchtungskörper zur Reinigung, Auswechselung der Lampen oder Vornahme sonstiger Arbeiten bis auf die erforderliche Arbeitshöhe über dem Bühnenfußboden herabgelassen werden kann. Die sich hierdurch ergebende Länge eines solchen Bühnenkabels hat im Gefolge, daß es, ohne besondere Hilfseinrichtungen in der jeweiligen Gebrauchstellung dieser Beleuchtungsgegenstände mit einer Schleife in das Bühnenbild hineinhängen würde. Um diese störende Schleife zu vermeiden, sind bisher mancherlei Vorrichtungen angewandt, die jedoch eine ganze Reihe von Nachteilen technischer und wirtschaftlicher Art aufweisen. Bei dem neuen Kabelaufnahmebehälter, Bauart Hauck der SSW, entfallen diese Nachteile, und es wird außerdem eine erhöhte Sicherheit für Anlage, Personal und Baulichkeiten geboten.



a	Unterbühne	*g*	Flachkabel
b	Bühnenfußboden	*h*	Aufhängeseil
c	Horizont	*i*	Kabelschelle
d	Horizontleuchten	*k*	Schnürboden
e	Anschlußklemme	*l*	Rohr für fest verlegte Leitungen
f	Kabel-Aufnahmebehälter		

Abb. 8. Aufnahmebehälter, Bauart Hauck, für Soffittenkabel.

Der Kabel-Aufnahmebehälter Bauart Hauck besteht, wie Abb. 8 zeigt, aus einem Drahtkorb in der notwendigen Breite, Länge und Höhe, welcher auf die jeweilig in Betracht kommenden Bühnenbeleuchtungskörper wie Oberlichter, Horizontleuchtengestelle, Wolkenapparat u. dgl. aufgebaut wird. Um ihn zweckdienlich gebrauchen zu können, werden die Zuleitungskabel zu den Bühnenbeleuchtungskörpern in Bandform ausgeführt. Die einzelnen Adern werden in irgendeiner der bekannten Ausführungsarten nebeneinander zu einem mit Segeltuch oder Leder umgebenen Band vereinigt. Die Anschlußstelle für den Übergang von der festverlegten zur beweglichen Leitung wird von der Bühnenseitenwand nach dem Schnürboden an diejenige Stelle verlegt, unter welcher der zur Verwendung kommende Beleuchtungskörper seinen Anschluß besitzt. Das Kabel braucht daher nur so lang zu sein, daß der Körper bis in die Arbeitshöhe über dem Bühnenfußboden herabgelassen werden kann. Durch den Aufnahmebehälter hindurch geht das Kabel in der üblichen Weise zu den Anschlußklemmen des Körpers. Der Behälter besitzt eine durch DRP. geschützte Lenkschelle, die das Kabel beim Heben des Körpers (d. h. wenn das Kabel sich durch sein eigenes Gewicht in den Korb einlegt) zwingt,

Digitized by Google

eine ganz bestimmte Richtung für das Zusammenlegen einzunehmen. Das Kabel legt sich dadurch zunächst flach auf den Boden des Aufnahmebehälters und wird, sobald es an die Endfläche des Behälters kommt, gezwungen, sich dort umzubiegen, legt sich in einer Schleife zurück bis zur gegenüberliegenden Stirnfläche des Korbes, um dort das gleiche Spiel zu wiederholen, bis der Körper zu seiner höchsten Stelle, d. h. praktisch bis an den Schnürboden, herangezogen ist.

Der Preis eines derartigen Aufnahmebehälters bleibt hinter den Kosten für eine vorschriftsmäßige Kabelspannvorrichtung nicht unerheblich zurück. Bühnentechnische Schwierigkeiten sind nicht mehr vorhanden. Anstatt der Platzbeanspruchung für Kabelspannvorrichtungen ist Raum für bühnentechnische Maschinerien verfügbar geworden. Das Kabel selbst wird auch nicht mehr durch die Spanngewichte mechanisch auf Zug beansprucht, wie dies häufig bei den einfachsten Spannvorrichtungen ohne Tragseil der Fall ist. Das Gewicht des Kabels wird vielmehr durch die Segeltuch- oder Lederumnähung getragen, die, in geeigneter Weise bei den Anschlußstellen gefaßt, zu einer vollkommenen Zugentlastung der einzelnen Kupferadern führt. Durch die Ausführung des Kabels in Bandform, bei der die Leitungsdrähte nebeneinander liegen, kann eine Überwachung in elektrischer Beziehung viel erfolgreicher vorgenommen werden, als bei den runden, verseilten Kabeln. Damit wird die Gefahr von Kurzschlüssen, deren Auftreten beim Durchschleifen der Isolation im Betrieb mit Kabelspannvorrichtungen nicht von der Hand zu weisen ist, wesentlich vermindert und die Feuersicherheit nicht unbeträchtlich erhöht. *fi.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Neue Triebwagen der Elberfelder Bahnen. — Von den beiden Wuppertaler Verkehrsunternehmungen, Barmer Bergbahn und Elberfelder Bahnen, deren Linien gegenseitig in das Gebiet der Nachbarstädte übergreifen, betreiben die letzteren, vom Schuckert-Konzern beeinflußten, neben der Schwebebahn die Straßenbahn Barmen-Elberfeld, kurz Talbahn genannt, und die Bergischen Kleinbahnen, die meist zur Verbindung mit Außenbezirken und Nachbarorten dienen. Die Fahrgeschwindigkeit für beide Bahnen schwankt je nach den Streckenverhältnissen in den weiten Grenzen zwischen 8 und 40 km/h. Die mittlere Reisegeschwindigkeit der beiden Linien 1 und 11 der Talbahn (Westostrichtung) beträgt tagsüber 13,6 km/h und abends 15,5 km/h; für die übrigen 10 Linien ergibt sich rd. 15 km/h als Gesamtmittelwert. Die geringste Reisegeschwindigkeit weist dabei eine von den südlichen nach den nördlichen Höhen im Stadtinnern verkehrende mit 10,6 km/h auf, während die größte, nämlich 19,4 km/h, für die Schnellwagen der Strecke Elberfeld—Werden festgesetzt ist.

Die Bergischen Kleinbahnen stellten als Erweiterung im vergangenen Jahre 13 neue zweiachsige Triebwagen und 10 Beiwagen in Dienst. Die Triebwagen wurden von der Waggonfabrik Talbot in Aachen, ihre elektrische Ausrüstung von den SSW geliefert. Abb. 9 zeigt einige Einzelheiten der Anordnung. Die Hauptmaße sind:

Ganze Länge über Puffer 10,6 m,
größte Außenbreite 2,1 m,
Höhe über S.O. bis Oberkante Widerstand 3,5 m,
Achsstand 2,8 m,
Raddmr. 870 mm,
l. Öffnung der Plattformtür vorn rechts 880 mm,
l. Öffnung der Plattformtür hinten rechts 1300 mm,
l. Öffnung der Wageninnentür 800 mm,
Zahl der Sitzplätze 20,
Stehraum auf jeder Plattform 2,8 m²,
Stehraum zwischen den Bänken 3 m² (bei Annahme von 4 Pers./m² insgesamt 22 Stehplätze),
Stundenleistung jedes gelüfteten Motors, Type Du 711 e, 55 kW bei 630 U/min.

Es sind 2 elektromagnetische Schienenbremsen, Zugkraft je 4,5 t, versorgt vom Kurzschlußstrom der nach Abschaltung der Streckenspeisung als Generatoren laufenden Fahrmotoren, 4 Sandstreuer mit großem Fassungsraum und 2 Bügelstromabnehmer vorgesehen.

Die Wageninnentüren sind als doppelte Schiebetüren, die schmaleren Plattform-Außentüren als einfache Schiebetüren, die für das Ein- und Aussteigen hauptsächlich in Frage kommenden breiten Plattform-Außentüren als doppelte Faltentüren ausgeführt; sie werden durch innen angebrachte Handgriffe zwangläufig bewegt. Die 4 Eckfenster sind im goldenen Schnitt so geteilt, daß der obere Teil zwecks Lüftung nach unten gesenkt werden kann. Außerdem sind noch Luftkanäle vorgesehen, die im Plattformdach ihren regelbaren Einlauf haben. Als Dachform wählte man ein Tonnendach, das nach der Plattform zu herabgezogen ist. 4 Heizkörper von je 500 W sind unter den Sitzen aufgehängt und werden von der Fahrleitung gespeist. Die Achsbuchsen sind mit Rollenlagern

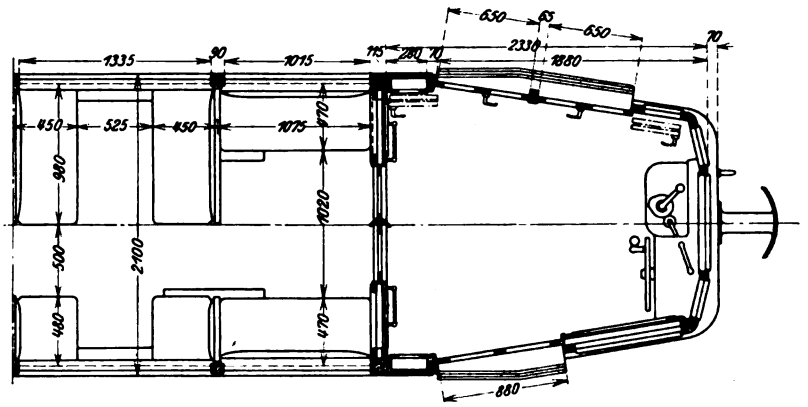


Abb. 9. Teilgrundriß eines neuen Triebwagens der Bergischen Kleinbahnen.

versehen, der Wagenkasten gegenüber den Radsätzen doppelt abgefedert. Probeweise erhält ein Wagen eine von der Bahnverwaltung angegebene besondere Art der Aufhängung der als Betriebsbremse benutzten Schienenbremse. Sie hängen 40 mm hoch, gegen etwaige Beschädigung geschützt, und werden erst zur Einleitung der Bremsung elektromagnetisch auf 10 mm abgesenkt. Die Handbremse ist als Vierklotzbremse besonders sorgfältig durchgeführt und gegen fahrlässiges Lösen von Laienhand gesichert.

Zur gleichen Zeit wurden auch für die Talbahn fünf zweiachsige Triebwagen (Waggonfabrik Uerdingen) beschafft, die den vorbeschriebenen in der Anordnung gleichen. Hier, wo Gefällstrecken weniger in Frage kommen, begnügt man sich mit normaler Kurzschlußbremsung und verzichtet auf Schienenbremsen. Die normale Handbremse ist als Kniehebelbremse ausgebildet, bei welcher Bremsscheiben seitlich gegen die Radreifen gepreßt werden. Die Motorleistung beträgt 39 kW (ungelüftet) bei 610 U/min.

Seit Jahresfrist besteht eine neue Linie, welche von einem Punkt in der Stadtmitte Elberfelds nach der nordwestlich gelegenen Ortschaft Wieden führt. Sie benutzt zuerst die Schienen der Talbahn, dann aber im Westen Elberfelds eine neuerbaute Zweigstrecke, die später beträchtliche Steigung aufweist. Für sie ist der Fahrdraht in Vielfachaufhängung mit selbsttätiger Gewichtsnachspannung in Zickzackanordnung befestigt; das ebenfalls stromführende Tragseil hängt an Haltedrähten, die ihrerseits von je zwei Betonmasten zu beiden Seiten der Straße getragen werden. In Wieden selbst benutzt diese Bahn die Gleise der vom RWE mit 800 V betriebenen Kreis-Mettmanner Straßenbahn[1]. Die 5 neubeschafften Triebwagen erhalten wiederum Schienenbremse und 55 kW-Motoren der Type Du 711 g. Für die Einführung in das Wiedener Fahrleitungsnetz wurde hier eine selbsttätige Umschaltung auf 800 V (statt wie in Elberfeld 600 V) vorgesehen. Es werden Vorwiderstände in Motor- und Lichtstromkreis ein- und durch ein Relais der Feldshuntwiderstand ausgeschaltet. Die dazu bestimmte Schaltwalze ist unter einer Sitzbank angeordnet. Die Rückumschaltung auf niedrigere Spannung wird durch einen Druckknopf vom Führerstand aus vorgenommen. Für die Anfahrbeschleunigung sämtlicher Wagen ergeben sich Werte von 0,3 bis 0,5 m/s², für die Bremsverzögerung 0,8 ... 1,2 m/s². *Arb.*

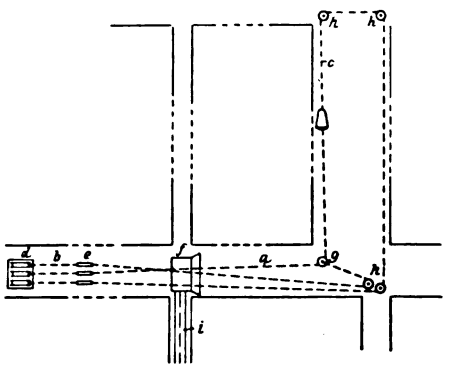
Bergbau und Hütte.

Amerikanische Schrappertechnik. — Die Union Pacific Coal Co., Wyoming, verwendet in ihrem Betriebe den Schrapper und macht dabei Gebrauch vom 3-Trommel- und 2-Trommel-Haspel. Die erstgenannte Anordnung wird durch Abb. 10 veranschaulicht. Haspel und die Schurre, auf die

[1] ETZ 1929, S. 1305.

Digitized by Google

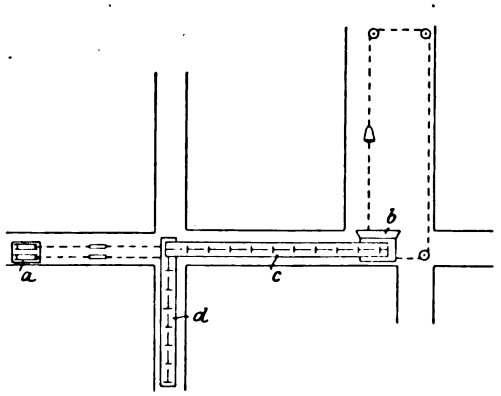
das Schrappergefäß entleert wird, stehen in der sogenannten Schrapperstrecke. Im rechten Winkel dazu verläuft der Stoß. Von der Ladebühne wird die Kohle durch einen Kettenförderer nach der Förderstrecke gebracht und von dort mit Grubenbahnen weiter befördert. Die drei Trommeln des Haspels nehmen das Vorder-, das Wende- und das Endseil auf. Mit Hilfe einer Scheibe *g*, die vom Wendeseil bewegt werden kann, und über welche das Vorderseil läuft, soll dem Ladegefäß das Wenden an der Ecke ermöglicht



a Vorderseil *d* Schrapperhaspel *g* bewegliche Scheibe
b Wendeseil *e* Führungscheiben *h* feste Scheibe
c Endseil *f* Schurre *i* Kettenförderer

Abb. 10. Schrapperförderung mit 3-Trommel-Haspel.

werden. An der Ecke kommen nämlich das Wendeseil und die von ihm gehaltene Scheibe zum Stillstand. Der Maschinenführer legt die Bremse des Wendeseils auf und läßt das Endseil sich aufwinden, worauf das Gefäß um die Ecke schwingt und den Stoß entlang aufwärts läuft. Ist es am oberen Endpunkt angelangt, so wird die Bewegung umgekehrt. Das Vorderseil wickelt sich auf, das Endseil rollt ab. An der Ecke hört wieder die geradlinige Bewegung kurz auf. Mit dem Wendeseil wird die bewegliche Scheibe bis nahe an die festliegende herangezogen, so daß das Gefäß in der Mitte der Schrapperstrecke steht; das End- und Wendeseil werden gebremst, das Vorderseil zieht das volle Gefäß herum und auf die Ladebühne. Beim 2-Trommel-Haspel fällt das Wenden und demgemäß die dritte bewegliche Scheibe mit dem dazugehörigen Seil fort. Es ist aber ein zweiter Verbindungsförderer gemäß Abb. 11 erforderlich.



a Zweitrommel-Haspel *b* Schurre *c, d* Kettenförderer

Abb. 11. Schrapperförderung mit 2-Trommel-Haspel.

Der Haspel sowie der Kettenförderer bleibt in seiner Lage unverändert, nur die Ladebühne wird in das untere Ende des Abbaustoßes verlegt. Man gebraucht den 3-Trommel-Haspel, wenn das Hangende unsicher ist, weil man dann bei einem plötzlichen Zubruchgehen das Ort ohne weiteres aufgeben kann, während der Ausbau des zweiten Förderers Schwierigkeiten machen würde. Der 2-Trommel-Haspel erfordert allerdings an Bedienung zwei Mann mehr als der 3-Trommel-Haspel. Bei gutem Hangenden, mächtigen Flözen und raschem Verhieb lassen sich mit dem Schrapper große Förderleistungen erzielen, außerdem wird durch Zusammenziehung der Betriebspunkte die Betriebsüberwachung erleichtert und trotz verhältnismäßig weiter Abbauräume werden die offen zu haltenden Flächen vermindert. (G. Zeppernick, Glückauf Bd. 65, S. 1005.) *Ka.*

Fernmeldetechnik.

Induktive Zugbeeinflussung und bestehende Streckensignal-Einrichtungen. — Die Einführung der induktiven Zugbeeinflussung hat auf amerikanischen Eisenbahnen vielfach gewisse Abänderungen der bestehenden Streckensignal-Einrichtungen bedingt. Ein Beispiel hierfür bietet die Strecke der Lackawanna-Eisenbahn, die die kürzeste Verbindung zwischen New York und Buffalo darstellt. Von dieser Bahn sind bis zum 1. VII. 1928 insgesamt 410 km, entsprechend einem Drittel des gesamten Streckenbereiches oder zwei Dritteln der Strecke Buffalo—New York sowie 42 % des Lokomotivparkes für induktive Zugbeeinflussung ausgerüstet worden. Als System wurde die Linienbeeinflussung mit zweistufiger Geschwindigkeitsüberwachung der Union Switch & Signal Co.[1] gewählt. Die Lokomotiven sind mit einem Führerstandsignal ausgerüstet, das bei freier Strecke grün, dagegen bei Warnstellung eines Streckensignals gelb zeigt, wobei die Geschwindigkeit 32 km/h nicht übersteigen darf. Gleichzeitig mit dem Aufleuchten des gelben Lichtes ertönt eine Signalpfeife. Zur Vermeidung einer Zwangsbremsung kann der Lokomotivführer oder der Heizer innerhalb von 6 s nach Abgabe des Warnsignals den Wachsamkeitshebel niederdrücken. Wofern er jedoch die vorgeschriebene Geschwindigkeit von 32 km/h in dem durch das Warnsignal gedeckten Blockabschnitt überschreitet, wird eine Betriebsbremsung eingeleitet. Erst wenn die vorausliegende Strecke wieder frei ist, was durch Aufleuchten der grünen Lampe angezeigt wird, hat der Führer wieder völlige Bewegungsfreiheit.

Der Überwachungstrom der selbsttätigen Linienzugbeeinflussung[2] hat eine Frequenz von 100 Hz. Er wird in einer Reihe längs der Strecke verteilter Signalstationen einem vorhandenen Wechselstromnetz von 25 Hz entnommen und mittels rotierender Frequenzwandler umgeformt. An mehreren Stellen sind als Reserve Generatoren aufgestellt, die von einer Dampfmaschine angetrieben und bei Ausbleiben des Signalstromes durch Öffnen der Dampfventile selbsttätig eingeschaltet werden. Die Verteilung des Überwachungstromes erfolgt durch Freileitungen längs der Strecke.

An den bestehenden Streckensignal-Einrichtungen waren erhebliche Abänderungen erforderlich, um sie der Zugbeeinflussung anzupassen. Bei Ermittelung des Abstandes von Warnungsignal, an dem die Zugbeeinflussung wirksam wird, und Hauptsignal war zu berücksichtigen, daß der Zug bei 112,5 km/h Fahrgeschwindigkeit während der 6 s bis zum Bedienen des Wachsamkeitshebels eine Strecke von rd. 190 m zurücklegt. Auf dem von Buffalo ausgehenden Streckenabschnitt hat man jedem Hauptsignal zwei Warnungsignale zugeordnet; beim Überfahren des ersten wird die Zugbeeinflussung wirksam. Auf dem östlichen Streckenabschnitt hat man die 1915 eingebauten Flügelsignale im wesentlichen an ihren Plätzen beibehalten, ein Teil wurde umgestellt, nur wenige wurden ganz ausgebaut. Auf dem Mittelteil der Strecke ergab sich die Notwendigkeit, die 1905 eingebauten Flügelsignale zu ersetzen. An ihrer Stelle fand selbsttätiger Streckenblock mit Tageslichtsignalen Verwendung. Anstatt der bisher verwendeten 128 Flügelsignale wurden 93 Tageslichtsignale eingebaut. Durch diese Umbauarbeiten am Signalsystem wurden erhebliche zusätzliche Kosten bei der Einführung der induktiven Linien-Zugbeeinflussung erforderlich, wie nachstehende Übersicht der Kosten in Reichsmark zeigt:

1.	Streckenausrüstung für Linien-Zugbeeinflussung	338 912
2.	Verteilungsleitungen für Zugbeeinflussung	659 425
	Verteilungsleitungen für Signaleinrichtungen	179 726
3.	Tageslichtsignal-Einrichtungen	631 739
4.	Abänderungen der vorhandenen Streckensignal-Einrichtungen	923 462
5.	Verschiedenes, wie Abänderungen am Gleis u. a.	56 595
	Gesamt für Streckenausrüstung	2 789 859
	Gesamt für Lokomotivausrüstung	1 285 548
	Gesamt	4 075 407

d. h. rd. 10 000 RM für 1 km Streckenlänge. (Railway Signalling Bd. 22, S. 290.) *Spi.*

Die Signaleinrichtungen des Hoosac-Tunnels. — Der zweigleisige, 8 km lange Tunnel wurde 1910 einschließlich der anschließenden Gleisabschnitte in 1,6 bzw. 3,2 km Länge auf elektrischen Betrieb (Einphasenstrom 11 kV,

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1005.
[2] Vgl. Siemens-Z. 1928, S. 599.

Digitized by Google

25 Hz) umgestellt. Gegenwärtig verkehren täglich 12 Personenzüge und 25 ... 37 Güterzüge auf der Strecke. Dieser Verkehr wurde durch die Tunnelfahrt stark gedrosselt, da das Ankuppeln der elektrischen Lokomotiven, die die Züge einschließlich der Dampflokomotive, deren Feuer niedergehalten wird, durch den Tunnel befördern, sowie die Bremsprobe eine gewisse Zeit erfordern. Um die Leistungsfähigkeit der Strecke zu steigern, hat man den Tunnel nunmehr mit Signaleinrichtungen versehen, die ein Verdichten der Zugfolge und, wie in Amerika vielfach, das Befahren beider Gleise erforderlichenfalls in jeder Richtung gestatten. Dadurch gestaltet sich der Betrieb auch bei eingleisigem Verkehr, z. B. infolge von Tunnel- oder Fahrleitungsuntersuchungen, besser als bei dem früher in diesem Fall verwendeten Zugstabsystem. Gleichfalls mit Signalen für beide Fahrtrichtungen für jedes Gleis ist die 2 km lange, an die westliche Tunneleinfahrt anschließende Strecke ausgerüstet worden. Als Befehlstelle ist das Stellwerk an der westlichen Tunneleinfahrt ausgebildet; die Einfahrtsignale an der östlichen Tunneleinfahrt können von dem dort angeordneten Stellwerk nur bei Entblockung seitens der Befehlstelle auf Fahrt gestellt werden. Ist seitens der Befehlstelle eins der beiden Gleise für Ost-West-Fahrt freigegeben worden, so kann der zugehörige Fahrstraßenhebel nur dann wieder umgelegt werden, wenn die östlichen Tunneleinfahrtsignale auf Halt stehen und sämtliche im Tunnel liegenden Blockabschnitte des betreffenden Gleises frei sind. Letztgenannte Abhängigkeit wird mittels der Gleisströme des selbsttätigen Streckenblocks erzielt, mit dem die Tunnelstrecke zwischen den beiderseitigen Einfahrtsignalen ausgerüstet ist. Sie besitzt Dreibegriffs-Lichtsignale und ist in 5 Blockabschnitte eingeteilt. Von der Befehlstelle werden außer den dort angeordneten Signalen und Weichen auch die für beide Fahrtrichtungen vorgesehenen Signale des anschließenden Streckenabschnittes gestellt. Im Tunnel ist ferner etwa 300 m von der westlichen Tunnelausfahrt für jedes Gleis noch ein Zweibegriffsignal angeordnet, das in Abhängigkeit von den im Winter an dieser Stelle erforderlichen Tunnelportalen steht und bei geschlossenem Portal Halt zeigt. Bei der Umstellung der Signaleinrichtung wurde gleichzeitig induktive Punkt-Zugbeeinflussung[1] vorgesehen, nachdem Versuche die Störungsfreiheit dieses Systems gegenüber dem Einphasen-Bahnstrom erwiesen hatten. Da die elektrischen Lokomotiven in beiden Fahrtrichtungen verkehren, ist für jede Fahrtrichtung rechts vorn an der Lokomotive ein Lokomotivmagnet angeordnet; der für die jeweilige Fahrtrichtung erforderliche wird bei Einstellung des Lokomotiv-Fahrtrichtungsschalters selbsttätig eingeschaltet. (E. N. Fox, Railway Age Bd. 87, N. 711.) *Spi.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Formeln für Zylinderkapazitäten. — Der Verfasser bringt neue, leicht auszuwertende Formeln für die Berechnung der Kapazitäten des Zylinders gegen die Ebene und der für parallele Zylinder. Im nachstehenden sind diese Formeln und die erläuternde Abb. 12 wiedergegeben; zum Vergleiche sind auch die bisherigen Formeln hinzugefügt.

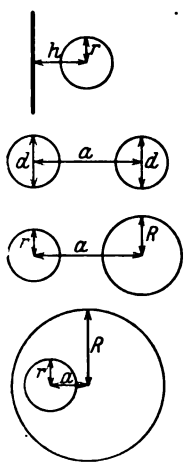


Abb. 12.

$$C_1 = \frac{1}{2\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,\frac{h}{r}}.$$

$$C_2 = \frac{1}{4\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,\frac{a}{d}}.$$

$$C_3 = \frac{1}{2\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,\frac{a^2-(R^2+r^2)}{2Rr}}.$$

$$C_4 = \frac{1}{2\,\mathfrak{Ar}\,\mathfrak{Cof}\,\frac{R^2+r^2-a^2}{2Rr}}.$$

Die bisher gebräuchlichen Formeln lauten:

$$C_1 = \frac{1}{\ln\frac{h+\sqrt{h^2-r^2}}{h-\sqrt{h^2-r^2}}} = \frac{1}{2\ln\left(\frac{h}{r}+\sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2-1}\right)},$$

$$C_3 \text{ und } C_4 = \frac{1}{\ln\frac{\pm a^2 \mp (R-r)^2+\sqrt{(R^2+r^2-a^2)^2-4R^2r^2}}{+a^2-(R-r)^2\mp\sqrt{(R^2+r^2-a^2)^2-4R^2r^2}}},$$

wo die oberen Vorzeichen für auseinanderliegende, die unteren für ineinanderliegende Zylinder gelten. (P. Mahlke, Felten & Guilleaume Carlswerk-Rundschau 1928, S. 12). *Sb.*

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1005.

Verschiedenes.

Ein Verfahren, von Kappenisolatoren zu Untersuchungszwecken die Eisenkappen zu entfernen[1]. — Die bei der Durchschlagsprüfung von Kappenisolatoren auftretenden Durchschlagskanäle liegen meistens in dem von der Eisenkappe bedeckten Porzellankopf. Will man den Porzellanteil eines solchen durchgeschlagenen Isolators untersuchen, so ist es notwendig, die mit Zement aufgekittete Kappe abzunehmen. Arbeitsverfahren, die Hammerschläge erfordern, sollten aber dabei nicht angewandt werden, weil dadurch Risse im Porzellan entstehen können. Im Hochspannungslaboratorium der T. H. Berlin (Prof. Matthias) sollten bei einer großen Anzahl durchgeschlagener Isolatoren derartige Untersuchungen am Porzellanteil vorgenommen werden. Es ist gelungen, ein einfaches und billiges Verfahren durchzubilden, durch das die Kappen in wenigen Minuten vom Porzellanteil abgenommen werden können, ohne daß eine Beschädigung des Porzellans eintritt.

Abb. 13. Auftrennen einer Isolatorkappe mit dem Schneidbrenner.

Mit einem gewöhnlichen Schneidbrenner wird die Eisenkappe der Länge nach aufgeschnitten, u. zw. so, daß die Klöppelpfanne in zwei gleiche Hälften zerlegt wird. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, den Schnitt zunächst von oben nach unten über die eine Hälfte und dann ebenso über die andere Hälfte der Kappe zu führen. Der Schneidbrenner soll dabei möglichst tangential zur Profilkurve der Eisenkappe gehalten werden, damit ein unmittelbares Auftreffen der Stichflamme auf das Porzellan vermieden wird. Aus dem gleichen Grunde empfiehlt sich auch das Unterlegen eines starken Eisenbleches zwischen unterem Kappenrand und Porzellanteller, um diesen gegen unmittelbares Auftreffen der Stichflamme zu schützen. Unerwünschte Änderungen am Porzellankopf treten beim Schneiden nicht ein, da die zwischen Porzellan und Eisenkappe liegende Zementschicht einen guten Schutz darstellt. Das Porzellan wird zwar besonders am Kopfende erwärmt, jedoch bleibt bei einigermaßen geschickter Führung des Schneidbrenners diese Erwärmung weit unter 100 °. Selbst bei unmittelbarem Auftreffen der Schneidbrennerflamme auf das ungeschützte Porzellan entstehen, wie eingehende Versuche ergaben, keinerlei durch Fuchsin nachweisbare Risse im Porzellan. Es kommt lediglich vor, daß an den von der Flamme unmittelbar getroffenen Stellen kleine Blättchen absplittern, jedoch bleibt diese Erscheinung nur auf die Oberfläche beschränkt. Die in zwei Teile zerschnittene Kappe läßt sich leicht mit einer Zange auseinanderdrücken, wodurch der Porzellankopf freigelegt wird. Versuchsweise wurde die Kappe oberhalb des größten Durchmessers durch einen Rundschnitt in zwei Teile zerlegt, jedoch hat sich diese Art als wenig empfehlenswert erwiesen, weil man nach Abheben des Kappenoberteils noch zwei Längsschnitte führen muß, um den ringförmigen Teil abnehmen zu können.

Bei geschickter Führung des Schneidbrenners dauert das Entfernen der Kappe eines Isolators von 350 mm Tellerdurchmesser rd. 5 min. Der Verbrauch an komprimiertem Gas richtet sich nach dem benutzten Brenner und ist nicht erheblich. Beim Zerschneiden der Kappen entstehen durch Verdampfen des metallischen Schutzüberzuges weiße, staubhaltige Dämpfe, die für die Arbeitenden nicht ohne schädlichen Einfluß bleiben. Es muß deshalb bei der Arbeit unbedingt eine Staubschutzmaske mit gewöhnlichem

[1] Eingeg. am 16. XII. 1929.

Digitized by Google

Wattefilter getragen werden. Es empfiehlt sich trotzdem, das Zerschneiden, wenn es sich um größere Stückzahlen handelt, im Freien vorzunehmen.

Es dürfte erst durch das beschriebene Verfahren, zu dem die ersten Versuche im Institut für Schweißtechnik an der T. H. Berlin (Prof. Hilpert) auf Anregung der Verfasser gemacht worden sind, gelungen sein, die Kappen von Isolatoren in einfacher Weise abzunehmen, ohne daß dabei durch den Arbeitsgang am Porzellanteil unerwünschte Änderungen gegenüber dem zu untersuchenden Zustand eintreten. Das Verfahren ist bei einer großen Zahl von Isolatoren zur Anwendung gekommen und hat sich als billig und in jeder Beziehung zufriedenstellend erwiesen. Abb. 13 zeigt, daß dabei keinerlei kostspielige Sondereinrichtungen notwendig sind.

H. Grünewald u. C. Stoerk.

Die Beförderung von Transformatoren auf Eisenbahnen. — Transformatoren für große Kraftwerke haben heute so große Abmessungen und Gewichte, daß für

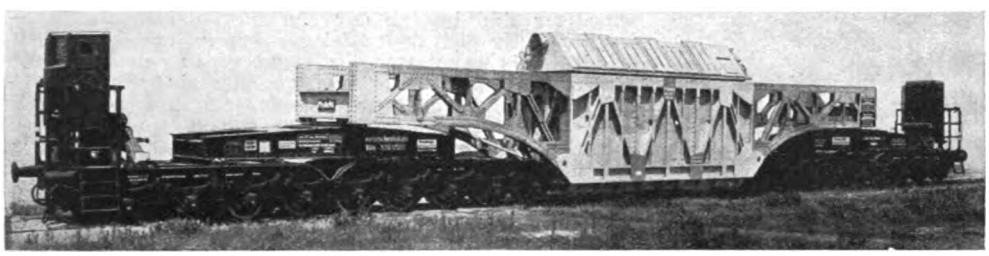


Abb. 14. Schwerlastwagen für Transformatoren.

ihren Transport besondere Eisenbahnwagen notwendig werden. Man wählt dafür Schnabelwagen, bei denen der Transformator selbst, mittels Gelenken an schnabelartige Ausleger angehängt, das Mittelstück bildet (Abb. 14). Die Verbindung der Tragbrücke mit den Drehgestellgruppen erfolgt durch vollwandige Verteilungsbrücken, welche den Bewegungen der Fahrgestelle bis zu 100 m Halbmesser folgen können. Achsenabstände und Wagenlänge sind so gewählt, daß der Verkehr auf allen für neuzeitliche Lokomotiven benutzbaren Strecken möglich ist. Für die Bahnfahrt wird der Transformator zwischen die beiden die Schnäbel tragenden Drehgestellgruppen gebracht und mit den Schnäbeln gelenkig verbunden. In fahrbereitem Zustande liegt das Transformatormittelstück etwa 285 mm über Schienenoberkante und nutzt das bahnamtlich zugelassene Querschnittsprofil weitgehend aus. Bei Leerfahrt werden die beiden Drehgestellgruppen zusammengeschoben und die Schnäbel mittels Gelenkbolzen und Laschen gekuppelt. Die bei Fahrt unter Last vorgesehene fliegende Bremsluftleitung wird, soweit es sich um die Leitung des Mittelstückes handelt, bei Leerfahrt ausgebaut.

Die von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG. (MAN) hergestellten beiden Wagen (Abb. 14) haben je 35,4 m Länge über die Puffer bei 1,4 m Achsenabstand. Ihre Tragbrücken sind 21 m lang, wovon 8,3 m auf das Transformatormittelstück und je 6,35 m auf die Schnabelausleger entfallen. Als Material für die Wagenteile ist je nach Beanspruchung Si-Stahl oder Stahl 37 verwendet. Das Gewicht des leeren Wagens beträgt 90 t. Einschließlich Transformatormittelstück wiegt der Wagen 258 t, so daß auf jede Achse 14,33 t Belastung treffen. *fi*

10 Jahre Reichsverband der Elektrizitäts-Abnehmer (Rea), Berlin. — Der Reichsverband der Elektrizitäts-Abnehmer (Rea), Berlin, konnte am 4. XII. 1929 sein zehnjähriges Bestehen feiern. Er stellt bekanntlich den Zusammenschluß der Abnehmer und Verbraucher elektrischen Stroms zur gemeinsamen Wahrnehmung und Förderung ihrer elektrizitätswirtschaftlichen Interessen in allen sie betreffenden Fragen dar und ist vom Reichswirtschaftsministerium als Vertretung der Interessen der deutschen Stromabnehmerschaft anerkannt worden. Seit dem Beitritt des Provinzialverbandes Rheinland-Westfalen wurde der Reichsverband 1922 zu einem Spitzenverband, dessen Mitglieder Provinzial- und Landesverbände mit eigener Rechtspersönlichkeit sind.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die Preußische Elektrizitäts-A.G. erhöht ihr Aktienkapital weiter von 100 auf 125 Mill RM. Von den neuen Aktien übernehmen die Hannover-Braunschweigische Stromversorgungs-AG. 2,1 Mill RM, die Stadt Frankfurt a. M. 15 Mill RM und vier zum Schleswig-Holsteinischen Elektrizitätsverband, Rendsburg, gehörende Landkreise 0,35 Mill RM. Die restlichen 7,55 Mill RM gehen an die Vereinigte Elektrizitäts- und Bergwerks-AG. (Veba) für Durchführung weiterer Angliederungen. Ferner hat die Preag nunmehr auch die andere Hälfte[2] des Aktienkapitals (3 Mill RM) der Braunkohlen-Schwel-Kraftwerk Hessen-Frankfurt AG. (Hefrag) erworben und überdies vier hessische Braunkohlengruben angekauft. Damit gelangt sie in den Besitz des bisher von der Hefrag versorgten, keilartig in ihren Arbeitsbereich hineinragenden Gebiets von Oberhessen. Dem hessischen Staat sind für diese Abtretungen (einschl. einer Forderung an die Hefrag) 4,2 Mill RM Aktien der Preag überlassen worden. Sodann hat letztere und die Stadt Leer unter der Firma Weser-Ems-Stromversorgungs-AG. (Wesag) mit 2,4 Mill RM Stammkapital und dem Sitz in Leer eine Elektrizitätsversorgungsgesellschaft errichtet, an der beide mit je 50 % beteiligt sind. Die Wesag übernimmt das städtische Elektrizitätswerk sowie das Gaswerk von Leer und soll die Aufnahmegesellschaft für alle im Gebiet von Oldenburg und Ostfriesland liegenden Versorgungsunternehmungen werden. Der Elektrizitätsverband oldenburgischer Amtsverbände und preußischer Kreise in Ostfriesland steht diesem Plan ablehnend gegenüber.

Eine a.o. G.V. der 1929 vom Elektrozweckverband Mitteldeutschland als Studiengesellschaft gegründeten Elektrizitäts-AG. Mitteldeutschland, Kassel[3], hat beschlossen, deren Aktienkapital vorläufig von 0,1 auf 24 Mill RM zu erhöhen. Die neuen Aktien übernehmen gegen Einbringung ihrer Elektrizitätsversorgungsanlagen der Zweckverband Überlandwerk Edertalsperre, Kassel, die kommunale Elektrizitätsgesellschaft Fulda (?), die Kreise Einbeck, Hanau, Hersfeld, Kirchhain, Marburg, Northeim und Rotenburg sowie die Preag (26 %), die hierfür die Elektrizitätsversorgung des Kreises Frankenberg einbringt. Der Beitritt weiterer Versorgungsunternehmungen und eine abermalige Erhöhung des Aktienkapitals der Elektrizitäts-AG. Mitteldeutschland, die soeben das Kraftwerk des Kreises Duderstadt für 1 Mill RM erworben hat, ist zu erwarten.

Die Deutsche Continental-Gas-Gesellschaft, Dessau, hat zwecks Zusammenschlusses der Elektrizitäts- und Gaswirtschaft im Kreis Teltow unter der Firma Teltower Kreiswerke G. m. b. H., Nowawes, mit 6,4 Mill RM Stammkapital eine Dachgesellschaft gegründet.

Der Kreistag des Kreises Gersfeld hat dem Abschluß eines Zusatzvertrags mit dem Überlandwerk Rhön und eines Vertrags mit dem Überlandwerk Fulda-Hünfeld Schlüchtern beigestimmt, durch den der Kreis letztgenanntem Zweckverband beitritt.

Die Neckarwerke AG., Eßlingen, haben mit dem Bezirksverband Neckar-Enzwerke ein Abkommen vereinbart, das letzterem eine finanzielle Beteiligung und mitbestimmenden Einfluß bei den Neckarwerken sichert. Die Stromlieferungsverträge mit den Gemeinden sollen sämtlich bis 1954 verlängert werden, wogegen eine Strompreisermäßigung eintritt und die Minimalgarantie eine weitere Herabsetzung erfährt. Damit erhalten die Neckarwerke AG. gemischtwirtschaftlichen Charakter; wie verlautet, soll ihr Aktienkapital von 20 auf 30 Mill RM erhöht werden und der Bezirksverband von den neuen Aktien 8 Mill RM sowie zu deren Bezahlung ein Darlehn von der Gesfürel erhalten, die die restlichen 2 Mill RM übernimmt.

Die Stadt Fürstenwalde hat den mit der Elektrizitäts-Lieferungs-Gesellschaft geschlossenen Stromliefe-

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 66.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1534.
[3] Vgl. ETZ 1929, S. 1381.

Digitized by Google

rungsvertrag zum Ende 1930 gekündigt, um ihr Elektrizitätswerk in eigene Regie zu übernehmen.

Seit November 1929 ist eine 100 kV-Fernstromversorgung des Kraftwerks Stralsund der Überlandzentrale Pommern AG. vom Elektrizitätswerk Heegermühle des MEW über eine Freiluftstation Pasewalk in Betrieb.

Wie die Volkswacht, Essen, nach dem Geschäftsbericht der 1925 gegründeten Eifelkraftwerk AG., Essen, für 1928 mitteilt, ruhen die Pläne für die Ausnutzung der Eifelwasserkräfte vorläufig, weil Luxemburg der Durchführung des Projekts Schwierigkeiten bereitet.

Die AG. Sächsische Werke und die Zwickauer städtischen Körperschaften haben einen bis 1955 laufenden Vertrag geschlossen, der die Gründung der Energie- und Verkehrs-AG. Westsachsen, Zwickau, bezweckt, deren Aktienkapital 8,8 Mill RM betragen soll.

Das Elektrizitätswerk der Stadt Meißen ist nebst Straßenbahn und Kraftwagenverkehr seit dem 1. X. 1929 auf 15 Jahre an den Elektrizitätsverband Gröba verpachtet worden.

Nach einem Beschluß des Kreisausschusses wird die Stromerzeugungsanlage des Kreisüberlandwerks Rosenberg (Ostpreußen) spätestens am 30. VI. stillgelegt und der für ihren Kundenkreis erforderliche Strom vom Ostpreußenwerk über das Westpreußische Überlandwerk bezogen.

Um die Elektrizitätswirtschaft in der Provinz Sachsen technisch zu verbessern und wirtschaftlicher zu gestalten, haben sich der Provinzialverband der Provinz und die Elektrowerke AG., die beide schon seit langem an der Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt AG. beteiligt sind, zu engerer gemeinsamer Arbeit verbunden. Der Anschluß anderer Kommunalverbände der Provinz sowie der Landelektrizität G. m. b. H., Halle, ist vorbehalten. Die hier genannte Esag erhöht ihr Aktienkapital von 12 auf 16 Mill RM und hat kürzlich die Betriebsführung der Überlandzentrale Mansfelder Seekreis[1], Amsdorf, übernommen.

Gegen Ende vorigen Jahres sind Verhandlungen zwischen dem Schleswig-Holsteinischen Elektrizitätsverband und der Preag zum Abschluß gekommen, demzufolge das Elektrizitätsunternehmen des Verbandes auf eine neu gegründete Schleswig-Holsteinische Stromversorgungs-AG., Rendsburg, übergeht, an der die Preag mit 73 %, die Landkreise des Verbandes mit 27 % des Grundkapitals beteiligt sind. Der Verband wird demnächst aufgelöst und die Schleswig-Holsteinische Elektrizitätsversorgung liquidiert. Die Stromlieferungsverträge der Vereinigten Großkraftwerke Schleswig-Holstein G. m. b. H. bzw. der Schleswig-Holsteinischen Elektrizitätsversorgung bleiben von der Transaktion unberührt, nur tritt an die Stelle der letztgenannten Gesellschaft die neue Stromversorgungs-AG. Gegen die oben skizzierte Maßnahme wendet sich eine Denkschrift der Vereinigten Großkraftwerke Neumünster, Kiel und Flensburg.

Die Stromerzeugung der Überlandwerk Jagstkreis AG., Ellwangen, deren Anschlußwert 1928/29 auf 60 108 kW gestiegen ist, betrug im genannten Geschäftsjahr 33,532 Mill kWh (33.234 i. V.), der Absatz 26,741 Mill kWh (27,129 i. V.). Die abgegebene Höchstleistung hat sich von 11 800 auf 10 200 kW verringert. Die Strompreise für Großabnehmer sind infolge der Kohleverteuerung etwas gewachsen, der bei den Kleinabnehmern erzielte Durchschnittspreis hat weiter abgenommen. In den direkt von der Gesellschaft versorgten Gemeinden sind durchschnittlich 97 % der vorhandenen Haushalte angeschlossen. Die Betriebs- und sonstigen Einnahmen betrugen 4 249 468 RM (3 959 243 i. V.) und der Reingewinn mit Vortrag 393 186 RM (380 556 i. V.); hieraus kamen wieder 8 % Dividende auf 4 Mill RM Aktienkapital zur Verteilung.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 67.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Bekanntmachung

betreffend Vortragsreihe „Funktionentheorie und ihre Anwendung in der Technik".

Herr Professor Dr. Noether wird seinen Vortrag: „Wellenausbreitung in homogenen und geschichteten Medien" nicht am 10. II. 1930, sondern

am Freitag, dem 14. II. 1930

in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal Nr. 141, halten.

Elektrotechnischer Verein
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Bekanntmachung.

Die VDE-Prüfstelle wird in Kürze eine neue Zusammenstellung der von ihr erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens sowie der zugewiesenen Firmenkennfäden nach dem Stande vom 1. I. 1930 herausgeben.

Die Zusammenstellung wird gegen Einsendung des Portos kostenlos abgegeben.

Betrifft: Firmenkennfäden für isolierte Leitungen.

Nachstehend aufgeführten Firmen ist das Recht erteilt worden, den dem VDE gesetzlich geschützten schwarz-roten Verbandskennfaden in Verbindung mit einem Firmenkennfaden in isolierten Leitungen, welche den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechen, zu verwenden sowie die geschützte Bezeichnung „Codex" neben den Typenbezeichnungen zu führen:

Kabelwerk Nassau AG., Haiger (Dillkreis), Firmenkennfaden: hellblau-orange, 2 Fäden verdrillt. Die Genehmigung gilt nur für: NGA 1,5 mm².

Kerpen & Co., G. m. b. H., Köln a. Rh., Firmenkennfaden: grün-weiß, 2 Fäden verdrillt. Die Genehmigung gilt nur für: JPBM.

Otto Scheib & Co., Barmen-R., Firmenkennfaden: schwarz-weiß-gelb-weiß, einfädig bedruckt. Die Genehmigung gilt für: Li Bs, Ger BB, Ge S Lg, Ge S Eg, Gea S gf, Gea S Eg fl, Gea S Eg rd, Li S Eg, Lin S Eg, Lim S, Li S T Eg.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

Kommission für Handgeräte.

Die Kommission für Handgeräte hat einen Entwurf zu

Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren, V. G. K. M./1932

aufgestellt, der dem mit Vollmacht versehenen VDE-Ausschuß 1930 zur Beschlußfassung vorgelegt werden soll.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. April 1932 an die Geschäftstelle zu richten.

Sonderdrucke werden Interessenten von der Geschäftstelle des VDE kostenlos zur Verfügung gestellt.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Digitized by Google

SITZUNGSKALENDER.

Elektrot. Verein des rhein.-westf. Industriebezirks, Dortmund. 12. II. 1930, abds. 7½h, Loge zur alten Linde: Lichtbildervortrag der Brown, Boveri & Cie. AG.: „Die Dampfturbine im Rahmen der heutigen Kraftwirtschaft".

Oberschles. Elektrot. Verein, Gleiwitz. 25. II. 1930, nachm. 5h, Büchersaal der Donnersmarckhütte in Hindenburg: Lichtbildervortrag Dr. F. Noack. „Der derzeitige Stand des Fernsehens in Deutschland".

Elektrot. Gesellschaft Hannover. 11. II. 1930, abds. 8h, Hörsaal 42 der T. H.: Lichtbildervortrag W. Raske, „Wanderwellen-Oszillographen".

Schleswig-Holstein. Elektrot. Verein, Kiel. 28. II. 1930, Physikal. Inst. der Universität: Vortrag Postrat Scheunemann, „Wesen des Selbstanschlußbetriebes und sein Einfluß auf die Gestaltung des Fernleitungsnetzes".

Elektrot. Verein München. 19. II. 1930, abds. 8h, Hörsaal 848 der T. H.: Lichtbildervortrag Obering. Gröbl, „Die Drehungsarbeit an Seilen".

Außeninstitut der Techn. Hochschule Berlin. 5. bis 22. III. 1930: Prof. Dr.-Ing. Hanemann: Metallographische Ferienkurse, bestehend aus tgl. 2 h Vortrag und 4 h Übungen. Auskunft erteilt das Außeninstitut der T. H. Berlin.

Physikalische Gesellschaft gemeinsam mit der **Deutschen Gesellschaft für technische Physik, Berlin.** 7. II. 1930, abds. 7½h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. der T. H.: a) Vortrag H. Schüler, „Die spektrale Bestimmung des Momentes einiger Atomkerne", b) Vortrag E. Meyer, „Über Meßmethoden der Grammophontechnik", c) Vortrag F. Skaupy, „Über die Temperaturstrahlung von Oxyden im sichtbaren Gebiet".

Lichttechn. Gesellschaft Karlsruhe. 11. II. 1930, abds. 8h, gr. Hörsaal d. Chem.-Inst. der T. H.: Vortrag Dipl.-Ing. Kircher, „Neuzeitl. Lichtreklame — Neuere Untersuchungen und Demonstrationen".

Institut für Metallographie der Preuß. Bergakademie Clausthal. 12. bis 22. III. 1930: Prof. Dr. Merz: Metallographische Ferienkurse für Eisenhüttenleute und Metallhüttenleute, unter bes. Berücks. des Gießereiwesens, bestehend aus tgl. 3 h Vorlesung und 5 h prakt. Übungen. Auskunft erteilt das Metallographische Institut.

Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft, Berlin. 13. II. 1930, nachm. 5½h, Physikal. Hörsaal der T. H. Berlin: Vorträge über „Beleuchtungswertung mit Hilfe der Raumhelligkeit", a) Dipl.-Ing. A. Dresler, „Theoret. und rechnerische Grundlagen", b) Dr.-Ing. W. Arndt, „Prakt. Beispiele".

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Stromwendung großer Gleichstrommaschinen. Von Dr.-Ing. L. Dreyfus. Mit 101 Textabb., XII u. 191 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 16 RM, geb. 17,50 RM.

In einem schmächtigen Band von knapp 190 Seiten hat der durch seine theoretischen Arbeiten wohlbekannte Verfasser einen gehaltreichen, aber nicht leicht zu lesenden Beitrag über das nach seiner treffenden Beurteilung „älteste und wichtigste Problem des Gleichstrommaschinenbaus" geliefert. Der Inhalt ist in nicht gerade sehr übersichtlicher Weise in 14 Abschnitte gegliedert; der erste gibt die Begriffsbestimmungen der Übergangskurven-Formen, von denen die „durchschnittlich geradlinige" als besonders günstig nachgewiesen wird; die folgenden behandeln der Reihe nach die Luftspalt- und Streufelder, die elektromotorischen Kräfte der Selbstinduktion und der Rotation nebst Rechenbeispielen und führen nach einem kritischen Vergleich zwischen den Methoden der älteren („klassischen") und der von Dreyfus entwickelten neuen Theorie zum Kernstück der Arbeit, der Berechnung des Wendefeldes bei verschiedenen Nutungen und Wicklungsverteilungen. Hier werden die besonders bzw. ausschließlich wichtigen Eigenschaften der geteilten (Treppen-) und ungeteilten (treppenlosen) Spulen, der geraden und ungeraden Nutzahlen für 1 Polpaar, der Bürstenbedeckungen und der Sehnungen mit einer Gründlichkeit untersucht, die angesichts der mühsamen dafür erforderlichen Zahlenrechnungen hohe Anerkennung verdient. Die Beschränkung auf Wicklungen mit 2×1 und 2×2 Leitern in der Nut geht aber etwas zu weit; auch 2×3 bis 2×5 kommt häufig bei großen, hochbeanspruchten Gleichstrommaschinen vor. Der Verfasser hat, meines Wissens als erster, in den Abschnitten VIII ... XIV den Weg gewiesen, wie man die relative Güte der verschiedenen Wicklungen analytisch erfassen kann, nicht muß, und damit dem Berechner schwieriger Maschinen ein wertvolles Nachschlagebuch in die Hand gegeben. Es setzt allerdings eine recht weitgehende Kenntnis der Theorie der Stromwendung voraus, denn mit Erläuterungen durch Wort und Bild ist etwas sparsam umgegangen worden. Meines Erachtens hätte auch die Bürstenfrage, die mit dem Stromwendungsproblem untrennbar zusammenhängt, eine ausführlichere Behandlung in einem eigenen Abschnitt verdient; die Bürsten-Übergangspannungen sind gegenüber den Induktionsspannungen etwas zu stiefmütterlich weggekommen. Vielleicht ist es darauf zurückzuführen, daß die allgemeine Differentialgleichung der Stromwendung für mehrere bedeckte Segmente, etwa in Weiterführung der Arbeiten von Mie und Rüdenberg, in der ganzen Arbeit gar nicht vorkommt, sicherlich zum Bedauern aller mathematisch eingestellten Leser. Diese Erweiterungswünsche, die vielleicht bei der 2. Auflage berücksichtigt werden können, ändern natürlich nichts an dem Wert des Buches, das eine beachtenswerte Bereicherung der theoretischen Literatur darstellt und als Ratgeber jedem Fachgenossen empfohlen werden kann. Die Ausstattung ist, wie gewöhnlich beim Verlag Springer, vorzüglich. C. Trettin.

Elektrische Luftverbrennung. (Monographien über angew. Elektrochemie, herausg. v. Engelhardt, Bd. 49.) Von Dipl.-Ing. Dr.-Ing. E.h. H. Pauling. Mit 78 Abb. u. 9 Tab. im Text. VI u. 188 S. in gr. 8°. Verlag Wilhelm Knapp, Halle a. S. 1929. Preis geh. 15,80 RM.

Der Verfasser, welcher seinerzeit zusammen mit seinem Bruder ein Verfahren geschaffen hat, um in einem nach dem Grundsatz des Hörnerblitzableiters gebildeten Lichtbogen aus Luft Stickoxyd zur Salpetersäuregewinnung zu erzeugen, gibt in dem vorliegenden Buche eine gute Zusammenstellung alles dessen, was vom theoretischen und vom technischen Standpunkte über diese Umsetzung und über die Anordnungen zu ihrer möglichst günstigen Verwertung veröffentlicht worden ist, und bespricht als erfahrener Fachmann kritisch die Ergebnisse. Im theoretischen Teil wird unter anderem die Frage des thermischen und elektrischen Gleichgewichtes, die Bedeutung der Reaktionsgeschwindigkeit, der Einfluß der Temperatur, der Zusammensetzung des Gases, des Elektrodenmaterials, der Entladungsform usw. erörtert. Im technischen Abschnitt werden die Vorversuche, die allgemeinen Grundlagen und dann die verschiedenen praktisch durchgeführten Verfahren abgehandelt. Der Verfasser unterscheidet drei Hauptgruppen: Flammen, die ihren Ort nicht ändern, und Flammen, welche ihren Ort ändern entweder infolge der Strömung der Luft oder infolge eines magnetischen oder elektrischen Feldes. Den Elektrotechniker werden besonders die Stromkurven und die Hilfsmittel interessieren, welche plötzliche Stromstöße dämpfen sollen. Es folgen zwei Abschnitte: Wirtschaftliches und Entwicklungsmöglichkeiten. Die Hoffnungen, welche der Verfasser auf die Zukunft der Luftsalpetersäure-Gewinnung mit dem Flammenbogen setzt, kann ich freilich nicht teilen. Wegen des viel zu hohen Energieverbrauches wird dieser Weg, auf dessen Bahnung und Ausbau außerordentlich viel Scharfsinn verwendet worden ist, auch in Norwegen verlassen, trotzdem dort der Strom besonders billig ist. Eine kurze Übersicht der einschlägigen deutschen Reichspatente und sonstigen Veröffentlichungen am Schluß des Buches ist willkommen. K. Arndt.

Hydro- und Aeromechanik nach Vorlesungen von L. Prandtl. Von Dr. phil. O. Tietjens. Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. L. Prandtl. Bd 1: Gleichgewicht und reibungslose Bewegung. Mit 178 Textabb., VIII u. 238 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 15 RM.

Die Göttinger Schule der Strömungstechnik vereinigt begriffliche Schärfe und Strenge mit klarster Anschaulichkeit bei der Gewinnung wie bei der Darstellung der Ergebnisse. Diesen Geist atmet auch das ansprechende Buch, in dem Tietjens die Vorlesungen seines Lehrers Prandtl über die mathematische Hydro- und Aerodynamik wie über die luftfahrttechnische Aeromechanik zusammengefaßt darstellt.

Der zweite Band soll neben der Theorie der zähen Flüssigkeiten und der Tragflügel vor allem praktische Anwendungen bringen. Der vorliegende erste Band bietet die Grundlage: zunächst die Statik der Flüssigkeiten und Gase, vom Flüssigkeitsdruck bis zur Theorie des Ballons einschließlich der Wärmeeinflüsse, sowie die Ober-

Digitized by Google

flächenspannung. Dann wird die Strömung der reibungslosen Flüssigkeiten und Gase behandelt, u. zw. die Bewegungslehre mit den rechnerischen und zeichnerischen Darstellungsverfahren, wobei die Vektoren elegant verwendet werden, einschließlich der Beschleunigungszustände beim „Anfahren" und der Kontinuitätsgleichung, anderseits die Dynamik, wirbelfreie Strömung und Wirbel, zusammendrückbare Flüssigkeiten, schließlich der Impulssatz mit anschaulichen Anwendungen und der verallgemeinerte Energiesatz.

Auf die gute Ausstattung des Werkes mit klaren Abbildungen und auf das Sachverzeichnis sei hingewiesen.

Everling.

Die Mehrfachröhre. Von Dr. E. Nesper u. Dipl.-Ing. W. Kunze. Mit 34 Abb. u. 101 S. in 8°. Verlag Fischer-Druck G. m. b. H., Berlin 1928. Preis geh. 1 RM.

Die von der Löwe-Radio G. m. b. H. in Verbindung mit M. v. Ardenne im Jahre 1925 geschaffenen Mehrfachröhren, die gleich alle Elemente für einen widerstandgekoppelten Hochfrequenz- bzw. Niederfrequenz-Verstärker enthalten, bedeuteten einen großen Fortschritt im Rundfunkwesen. Es wurde nunmehr auch dem weniger bemittelten Rundfunkteilnehmer möglich, sich an Stelle des Kristall-Detektor-Apparates ein Röhren-Empfangsgerät zu beschaffen, mit dem er nicht nur den Ortssender im Lautsprecher, sondern — unter günstigen Verhältnissen — auch ferne Stationen zu empfangen vermag. Die Verfasser haben es nun unternommen, in leichtfaßlicher Weise das Prinzip der Mehrfachröhren für Hochfrequenz-Verstärkung und Niederfrequenz-Verstärkung auseinanderzusetzen und Fingerzeige für die mannigfachen Anwendungsmöglichkeiten der beiden Röhrentypen zu geben. Beides ist ihnen gelungen. Das Büchlein sei deshalb den Rundfunkliebhabern bestens empfohlen. Auch die Zunft der Bastler wird die Arbeit mit Nutzen lesen, denn sie enthält zahlreiche Schaltungspläne zum Aufbau verschiedener Empfangsarten vom einfachen Ortsempfänger bis zum Neutrodyn- und Überlagerungs-Empfänger, die bestens erprobt sind, so daß beim Nachbau Mißerfolge ausgeschlossen erscheinen. Besonders willkommen wird die Zusammenstellung der möglichen Fehler, ihre Auffindung und ihre Beseitigung sein.

H. Lux.

Lehrbuch zur Vorbereitung für die Ablegung der Gehilfen- und Meisterprüfung im Elektro-Installateur-Gewerbe. Von F. Bode. 13. Aufl. Mit 349 Fig. i. Text u. 472 S. in kl. 8°. Verlag Reichsverband des deutschen Elektro-Installateur-Gewerbes, Frankfurt a. M., 1928. Preis geb. 8.50 RM.

Die bisher erschienenen Auflagen haben bereits erwiesen, daß das Lehrbuch von Bode eine notwendige und außerordentlich wirkungsvolle Unterstützung der praktischen Lehrlingsausbildung im Elektro-Installationsgewerbe ist. Die neue 13. Auflage zeigt einen weiteren Fortschritt in der Entwicklung unseres Gewerbes. Früher hat man sich bei der Besprechung der einzelnen Materialien auf die Eignung für verschiedene Räume auf Grund der Erfahrungen und der Verbandsvorschriften beschränkt. Die 13. Auflage enthält nun eine Tabelle, die von den zu installierenden Räumen ausgeht und ergibt, welche Materialien und Installationsarten in diesen Räumen angewendet werden können. Sie enthält auch eine neue Tabelle über die Leistungsaufnahmen der Arbeitsmaschinen und eine wichtige Ergänzung des Kapitels über Beleuchtungskunde durch die Leitsätze der Beleuchtungstechnischen Gesellschaft. Die 13. Auflage ist mit Rücksicht auf den Fortschritt der Technik und der geänderten Verbandsvorschriften vollkommen neu bearbeitet. Sie sollte zur Erzielung einer einheitlichen Lehrlingsausbildung jedem Lehrling mit der Weisung in die Hand gegeben werden, sie als Unterlage für sein Studium zu benutzen. Fachschule und Lehrgänge sollten sich ebenfalls auf diese 13. Auflage des Bodeschen Buches stützen, damit die Prüfungsstellen der Handwerkskammer usw. zu einheitlichen Prüfungsbestimmungen kommen können.

K. Krohne.

Stahl und Eisen als Werkstoff. Gesammelte Vorträge d. Gruppe Stahl u. Eisen. (Werkstofftagung Berlin 1927.) Herausg. v. Verein dt. Eisenhüttenleute. Bd. 1: Forschung u. Prüfung; Bd. 2: Eisen- u. Schiffbau; Eisen- u. Straßenbahn; Blechverarbeitung u. Oberflächenbehandlung; Schweißen u. Löten. Bd. 3: Heiz- u. Kraftanlagen; Landwirtschaft; Maschinenbau; Elektrotechnik. Bd. 4: Bergbau; Fahrzeug- u. Flugzeugbau; Werkzeuge. Mit zahlr. Abb., 69, 101, 112 u. 102 S. in 4°. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf 1928. Preis jedes Bandes 6 RM; alle 4 Bände 20 RM.

Die an der Werkstofftagung in Berlin 1927 gehaltenen Vorträge wurden in 4 Heften gesammelt. Sie geben einen ziemlich vollständigen Überblick über die jetzigen Prüf-, Meß- und Forschungsmethoden, Eigenschaften der Stoffe und der zusammengesetzten Stoffe, der Verarbeitungsmethoden durch Schmieden, Schweißen und Löten und lassen über den hohen Stand der einschlägigen Wissenschaften keinen Zweifel aufkommen. Auch der Nichtfachmann wird in diesen Heften eine beträchtliche Menge von Anregungen finden. Die Hefte sind wie folgt eingeteilt: Bd. I. Forschung und Prüfung; Bd. II. Eisen- und Schiffbau, Eisenbahn und Straßenbahn, Blechverarbeitung und Oberflächenbehandlung, Schweißen und Löten; Bd. III. Heiz- und Kraftanlagen, Landwirtschaft, Maschinenbau, Elektrotechnik; Bd. IV. Bergbau, Fahrzeug- und Flugzeugbau, Werkzeuge.

M. Escher.

Das Transportwesen in industriellen Betrieben. Von Dipl.-Ing. H. R. Müller. 2. erg. Aufl. Mit 164 Abb. i. Text, VIII u. 243 S. in 8°. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1929. Preis kart. 7.50 RM.

Während Zweck und Einteilung des Buches — Beschreibung und Abbildung der für Werkhof- und Werkstattbetriebe verwendbaren Fördermittel — in der neuen Auflage die gleichen wie in der alten geblieben sind, ist versucht worden, den zwischenzeitlichen fördertechnischen Fortschritten durch einen angehängten Nachtrag von etwa 30 Seiten Umfang Rechnung zu tragen. Die Ergänzungen betreffen insbesondere Karren, Stapler, Autokrane und Fördermittel für Fließarbeit. Das Buch ist vermöge seiner konzentrierten Darstellung eines sehr umfangreichen und vielgestaltigen Gebietes geeignet, eine schnelle erste Informierung darüber zu vermitteln. Der als zur Zeit größter Kran der Welt bezeichnete 350 t-Hammerkran der amerikanischen Marine ist in der Zwischenzeit schon mehrmals überholt worden (Gâvre und Bari).

Michenfelder.

Wireless echos of long delay. Von P. O. Pedersen. (Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Mathematisk-fysiske Meddelelser. IX, 5.) Mit 12 Abb. u. 48 S. in 8°. Verlag von Andr. Fred. Host & Son, Kopenhagen 1929. Preis 2,40 Kr.

Pedersen hat in seinem Buch „Propagation of Radio Waves"[1] die theoretischen Grundlagen für Untersuchungen über die Wellenausbreitung zusammengestellt; in dem jetzt vorliegenden Buche wendet er sie an, um die Absorption zu berechnen, die so stark verzögerte Wellen erfahren. Er gelangt zu folgenden Ergebnissen: In einem reinen Elektronengas sind zwar elektrische Wellen denkbar, die sich langsam fortpflanzen und gar keine Absorption erfahren; doch kann man mit dem Vorhandensein solcher Räume nicht rechnen, weil sie zu unbeständig sind, und ihre Elektronendichte von selbst abnimmt. Im Innern eines gaserfüllten Raumes, der genug Elektronen enthält, daß die Gruppengeschwindigkeit ein Bruchteil der Lichtgeschwindigkeit wird, werden die Wellen viel zu stark absorbiert, als daß sie nach Sekunden noch nachweisbar sein könnten. An der Grenze zwischen einer isolierenden und einer ionisierenden Schicht werden die Wellen stark gedämpft, so daß sie auf die vierte oder fünfte Dezimale abgeklungen sind, wenn sie einmal die Erde unter den Umständen umkreist haben, die vorliegen müssen, wenn sekundenlange Verzögerungen eintreten sollen (Beobachtungen von C. Störmer). Ebensowenig bietet die Ausbreitung in einer isolierenden Atmosphäre, die unten vom Erdreich begrenzt wird und oben von einer konzentrischen ionisierten Schicht, die Möglichkeit für das Zustandekommen lang verzögerter Echos.

Es bleibt darum nur übrig, nach dem Vorgang von C. Störmer anzunehmen, daß entweder Ströme von Elektronen von der Erde ausgehen und im erdmagnetischen Felde zur Erde zurückgebogen werden und daß diese Ströme die elektrischen Wellen an ihrer Oberfläche entlang führen, oder daß außerhalb des Bereichs des erdmagnetischen Feldes (in 40 Mill km Entfernung) leitende Schichten vorhanden sind, welche die Wellen dem Empfänger auf der Erde zurückwerfen. Nicht behandelt werden dabei einige geometrische Probleme, z. B. die Frage, wie trotz der Streuung, die bei der Wellenfortpflanzung über so große Strecken erheblich ist, die Strahlungsdichte an der Beobachtungsstelle ausreicht, um den Empfänger zu erregen.

F. Kiebitz.

[1] Besprechung in ETZ 1928, S. 1661.

Digitized by Google

Bestimmungen über Anlegung und Betrieb der Dampfkessel. Nachtrag zur 5. Aufl. unter bes. Berücks. d. Werkstoff- u. Bauvorschriften, bearb. v. A. Rühl u. Dr. jur. O. Ulrichs. Mit 266 S. in gr. 8°. Carl Heymanns Verlag, Berlin 1929. Preis geb. 12 RM.

Der vorliegende Band ist eine Ergänzung der gleichnamigen 5. Auflage von Jaeger-Ulrichs; er bringt zunächst die neuen, durch Bekanntmachungen des Reichsarbeitsministers in Kraft gesetzten Werkstoff- und Bauvorschriften für Land- und für Schiffsdampfkessel. Die Erläuterungen des Erläuterungsausschusses zu den Vorschriften für Landdampfkessel sind wiedergegeben worden. Außerdem ist durch Anmerkungen der Verfasser viel Wissenswertes hinzugefügt worden. Des weiteren werden behandelt die inzwischen erfolgten Abänderungen der allgemeinen polizeilichen Bestimmungen für Land- und Schiffsdampfkessel. Besonders wichtig ist die Vorschrift über die Höhe des Probedruckes neu oder erneut zu genehmigender Dampfkessel. Die zweite Hälfte des Buches stellt eine Vervollständigung des Kommentars der 5. Auflage durch Wiedergabe von Erlassen usw. dar, soweit sie allgemeine Bedeutung haben. Auch Vordrucke von Bescheinigungen usw. sind in diesem Teile des Buches enthalten.

Das Buch ist zweifellos mit viel Sorgfalt und Fleiß und außerdem sehr übersichtlich zusammengestellt. Es ist nicht nur für den Überwachungsingenieur und für die Dampfkesselfabriken ein willkommenes Nachschlagewerk, sondern es sollte auch in der Bibliothek eines jeden größeren Dampfkesselbetriebes vorhanden sein. Frantz.

Eingegangene Doktordissertationen:

Arno Rösel, Der Einfluß der Luftvorwärmung in Hochleistungskesseln auf Feuerraumtemperatur und Wärmeübergang unter Berücks. der Gasstrahlung. T. H. Berlin 1929.

Gotthilf Schnaas-Elwert, Untersuchungen über den Arbeitsvorgang im verstellbaren Injektor System Stumpf. T. H. Berlin 1929.

Erich Hudec, Erzwungene Kippschwingungen und ihre technischen Anwendungen. T. H. Berlin 1928. (S. A. aus Arch. El. Bd. 22, H. 4/5, 1929.)

Bernhard Josephy, Resonanz bei Stößen zweiter Art in der Fluoreszenz und Chemilumineszenz. T. H. Berlin 1928.

Hans König, Über die Fehler der Scheitelspannungs-Messung vermittels röhrengleichgerichtetem Kondensatorstrom. T. H. Bern 1929. (Gekürzter S. A. aus Helvetica Physica Acta 1929 Bd. 2, H. 6.)

Gustav Niemann, Über Wippkrane mit waagrechtem Lastwippweg. T. H. Berlin 1928.

Bernhard Paßmann, Die Auswirkungen der Umstellung von Preßluft auf Elektrizität im deutschen Steinkohlenbergbau. T. H. Berlin 1929.

Wolfgang Pupp, Über Funkenerregung kurzer elektrischer Wellen unter 1 m Wellenlänge und einen neuartigen Stoßfunkensender. T. H. Berlin 1929. (S. A. aus Ann. Phys. Bd. 2 (5. Folge), H. 7, 1929.)

Neue Zeitschriften.

Sécheron-Mitteilungen, Nr. 1, 1929. Herausg. von den Sécheron-Werken AG., Genf.

[Dieses erste, drucktechnisch einwandfreie Heft der Sécheron-Hauszeitschrift bietet nach einem einführenden geschichtlichen Überblick der Direktion einige Aufsätze aus den besonders gepflegten Arbeitsgebieten der Firma. Schulthess berichtet über Schwungradgeneratoren unter spezieller Berücksichtigung der Außenpoltype, Müller über Triebwerksanordnungen der Sécheron-Triebfahrzeuge, z. B. auch über den interessanten Kegelradantrieb in Verbindung mit schnellaufenden Leichtmotoren. Über die elektrische Ausrüstung dreier japanischer Standseilbahnen und eine für Rußland bestimmte dieselelektrische Lokomotive werden kurze Mitteilungen gemacht und schließlich eine Übersicht über Veröffentlichungen der Mitarbeiter der Werke gegeben. Weitere Hefte sollen in zwangloser Folge erscheinen.] *ukl.*

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Siemens & Halske AG[1]. — Der Umsatz der Werke hat sich 1928/29 im ganzen nicht unbeträchtlich vermehrt, und der Anteil des Auslands daran ist weiter, wenn auch vielfach zu wenig befriedigenden Preisen, gewachsen. Die Aufwendungen der Berichterstatterin, einschl. derjenigen der von ihr kontrollierten Gesellschaften, aber ohne die SSW, für Forschung und technische Entwicklung auf ihren Arbeitsgebieten überstiegen den Betrag von 15 Mill RM. „Wir sehen", so sagt der Vorstand, „in diesen Ausgaben die beste Sicherung der Zukunft unserer Gesellschaft. Auf allen technisch aufstrebenden Wirtschaftsgebieten haben nur diejenigen Firmen sich im Weltgeschäft eine unabhängige führende Stellung erwerben und erhalten können, die einen erheblichen Anteil zur technischen Entwicklung ihres Zweiges beigetragen haben. Dieses ist in dem Maße, welches der Wettbewerb mit dem Auslande erforderlich macht, natürlich nur einem großen Hause möglich, das dann auch einen entsprechenden Umsatz benötigt, um die Aufwendungen zu decken. Frühzeitige Inangriffnahme neuer technischer Gebiete, erhöhte Leistungsfähigkeit in bezug auf Güte und Preis der Ware und der Schutz der Patentgesetze ergeben bei entsprechender Vertriebsorganisation die Möglichkeit, den nötigen Umsatz zu erzielen." Die Zahl der von S & H und den SSW sowie bei den von beiden kontrollierten Gesellschaften im In- und Ausland Beschäftigten betrug am Ende des Geschäftsjahres 137 000. Die Gehälter und Löhne der in deutschen Betrieben der beiden Hauptunternehmungen und der völlig in ihrem Besitz befindlichen Gesellschaften tätigen Angestellten und Arbeiter erreichten 270 Mill RM. Auf einen Arbeitnehmer entfielen an gesetzlichen sozialen Leistungen 155,4 RM (49,7 in 1913/14).

Die Ablieferungen von Telegraphen- und Fernsprechapparaturen an die Reichspost (etwa 13 % des Umsatzes) hielten sich noch etwa auf dem Stand des Vorjahrs, erreichten aber bei weitem nicht die frühere Höhe. Italien erhielt automatische Telephonzentralen für 47 000 Anschlüsse. Unter den neu entwickelten Telegraphenapparaten finden sich auch solche für Bildtelegraphie. Das Geschäft in Photomatonmaschinen wickelt sich befriedigend ab, immerhin wurde eine Verkleinerung der erteilten Aufträge notwendig. Lebhaft beschäftigt war die Gesellschaft in Fernsprechkabeln, Pupinspulen und Verstärkereinrichtungen, doch gingen und gehen die Aufträge stoßweise ein. Der Betrieb des Fernkabels Paris-Bordeaux hat bisher sehr befriedigt, und die mit dem Ostpreußen-Pupinseekabel erzielten Resultate übertreffen die Erwartungen. Auf der Strecke Hannover—Wiedenbrück konnte die Berichterstatterin in Verbindung mit der Reichspost ein neues Pupinisierungssystem mit erhöhter Grenzfrequenz ausprobieren. Die günstigen Ergebnisse haben das Comité Consultatif International des Communications Téléphoniques à grande distance veranlaßt, dieses System neben dem bisherigen für die allgemeine Verwendung zu empfehlen. Ferner war es möglich, zusammen mit der Reichspost die sogen. Zweibandtelephonie an einem vorhandenen Fernsprechseekabel zu erproben, die die Zahl der gleichzeitig über ein Kabel führbaren Gespräche zu verdoppeln gestattet. In dem Werk für meßtechnische Apparate hat der Bestellungseingang, besonders vom Ausland, auf allen Gebieten zugenommen und betraf vor allem Meßwandler, die Fernmessung, den Reaktanz- und Impedanzleitungsschutz sowie große Laboratoriums- und Eichanlagen (Aachen). Auf wärmetechnischem Gebiet hat die Berichterstatterin namentlich im Ausland für eine Reihe größerer Kraftwerke umfangreiche Überwachungsanlagen geschaffen. Mit gutem Erfolg wurde für die Königshofer Zementfabrik in Tschischkowitz eine Elektroschmelzzementanlage (2500 kW) in Betrieb gesetzt. Industrielle Hochfrequenzofenanlagen errichteten S & H bei Rheinmetall und im Forschungsinstitut der Edelstahlwerke in Bochum.

Die Vertriebstätigkeit der Berichterstatterin wurde auf breiterer Grundlage entwickelt, vor allem das Geschäft in Kleinfabrikaten gefördert und die Leitung der beiderseitigen Geschäftstellen zusammengefaßt. Die Siemens-Reiniger-Veifa-Gesellschaft für medizinische Technik m. b. H. hat u. a. im In- und Ausland Röntgeninstitute größten Ausmaßes eingerichtet. Unter den neuen Aufträgen der Siemens-Bauunion G. m. b. H. Kommanditgesellschaft werden Arbeiten für das Speicherkraftwerk Bringhausen a. d. Eder, das Westkraftwerk der Bewag, das Schluchseekraftwerk, das Kraftwerk in Ottmachau und für das Wehr des Rheinkraftwerks Kembs genannt. Die Zwietusch & Co. G. m. b. H. war an dem Bau des neuen Fernamts Berlin hervorragend beteiligt. Über von der Telefunken-Gesellschaft gelieferte Kurzwellensender

[1] ETZ 1927, S. 157.

Vgl. ETZ 1929, S. 144.

Digitized by Google

vollzieht sich die Ende 1928 eröffnete drahtlose Telephonieverbindung zwischen Deutschland und Argentinien. An der Compania International de Telephonos SA hat sich die Berichterstatterin maßgeblich beteiligt. Eine vollständige Ausnutzung der Betriebsanlagen der Vereinigten Eisenbahn-Signalwerke G. m. b. H., von der Einrichtungen zur elektrischen Übertragung von Signalstellungen auf den fahrenden Zug mit selbsttätiger Bremsung und zur Sicherung der Wegübergänge dienstreif durchgebildet worden sind, war wegen des zögernden und stoßweisen Eingehens von Bestellungen der Bahnverwaltungen nicht möglich. Der gemeinschaftlich mit der AEG gegründeten Klangfilm G. m. b. H. hat die Berichterstatterin ihre technische Unterstützung zur Verfügung gestellt. Der Vorstand erinnert weiter an den Verkauf von Osram-Anteilen an die International General Electric Co., New York, und an die mit der Elektrische Licht- und Kraftanlagen AG., Berlin, und der Siemens Brothers & Co. Ltd., London, wieder angeknüpften näheren Beziehungen. Der Rohüberschuß betrug 31 053 858 RM (27 944 963 i. V.) und der Reingewinn mit Vortrag 18 718 296 RM (18 453 034 i. V.); hieraus hat die Gesellschaft wieder 14 % Dividende bei 100,590 Mill RM Stammkapital verteilt.

In der GV. (17. I.) wies Dr.-Ing. E. h. C. F. v. Siemens auf die in letzter Zeit geradezu stürmische Entwicklung der Schwachstromtechnik und die große Bedeutung der wissenschaftlichen und technischen Forschungsarbeit hin. Die Mittel, welche hierfür aufgewendet werden können, seien aber vom Umsatz abhängig, und wenn dieser nachlasse, jene also sich verringerten, werde Deutschlands Weltgeltung und Wettbewerbsfähigkeit auf dem genannten Gebiet relativ viel stärker sinken, als dem tatsächlichen Verhältnis entspreche. Für die Erzielung eines möglichst großen Umsatzes sei aber auch ein enges, sich gegenseitig unterstützendes vertrauensvolles Zusammenarbeiten zwischen Hersteller und Verbraucher Grunderfordernis. Während man in anderen industriellen Ländern mit Stolz den Anteil der großen wirtschaftlichen Unternehmungen an der Ausgestaltung des Handelsverkehrs anerkenne, weiche die Einstellung eines guten Teils der Öffentlichkeit in Deutschland hiervon ab, insofern die Leistungen der in erster Linie nach außen bekannten Spitzenunternehmungen, die grundlegend für die Einschätzung der Gesamtwirtschaft eines Landes und für das Vertrauen seien, welches diese im Ansland genieße, nicht entsprechend gewürdigt würden. Man habe in letzter Zeit hin und wieder die Stellung der Siemens & Halske AG. als eine monopolartige und darum zu bekämpfende bezeichnet. Wenn aber ein Industriemonopol durch geistige Arbeit entstehe, nicht aufgebaut auf Gesetz oder Beherrschung von Rohstoffen, sondern allein auf dem Grundsatz, das Beste auf dem billigsten Weg zu erzeugen, so sei das eine sehr erfreuliche wirtschaftliche Erscheinung und ein auf Arbeit und Leistung aufgebautes Monopol jedenfalls einem Kartell vorzuziehen, in dem stets Rücksicht auf schwächere Glieder genommen werden müsse. Im übrigen schließe der auf S & H entfallende Anteil von 60 % der Reichspostaufträge wohl jede Art Monopolstellung aus. Weiter bemerkte der Vorsitzende u. a., daß der im Geschäftsbericht genannten Gehalts- und Lohnsumme von 270 Mill RM 100 300 Beschäftigte entsprächen und der Gesamtzahl von 137 000 Angestellten und Arbeitern eine Gehalts- und Lohnsumme von 362 Mill RM, wobei die Ausgaben für Gratifikationen und Beteiligungen nicht eingerechnet seien. Die Fakturierungen an die Kundschaft 1928/29 der Stammhäuser und der in Form von eigenen Gesellschaften betriebenen Unterabteilungen, deren Kapital sich zu 100 % im Besitz von S & H und der SSW befinde, also ohne die Umsätze von Gesellschaften, deren Majorität, auch wenn es über 75 % seien, der Konzern in Händen habe, hätten bei den SSW 550 Mill RM überschritten und bei S & H fast 300 Mill RM erreicht; dabei seien die Lieferungen der beiden Stammhäuser untereinander nicht berechnet und außerdem zu berücksichtigen, daß S & H in den letzten Jahren einen nicht unwesentlichen Teil ihrer Fabrikation besonderen Gesellschaften übertragen hätten, an denen gleichzeitig fremde Firmen beteiligt seien, deren Umsätze die genannten Zahlen nicht einschlössen. Für diese Teile hätten sich S & H also zu einer technischen Holdinggesellschaft entwickelt.

Siemens-Schuckertwerke AG.[1]. — Der Vorstand konstatiert zunächst für 1928/29 eine sich allgemein verschlechternde Wirtschaftslage, die auch die Starkstromindustrie in Mitleidenschaft gezogen hat. Trotzdem ist es der Gesellschaft gelungen, den Jahresumsatz im In- wie im Ausland zu steigern. „Ob sich die allgemeine Lage in absehbarer Zeit bessern wird, hängt von Faktoren ab, die zum weitaus größten Teil außerhalb der eigentlichen Wirtschaft liegen. Die Aussichten in dieser Richtung sind nicht allzu groß." Der Ausbau der Fabrikationstätten ist zu einem gewissen Abschluß gelangt (u. a. Verlegung des Charlottenburger Werks in das „Schaltwerk-Siemensstadt". Die Vereinigung von Verwaltung, Konstruktion und Betrieb beginnt sich in Zeitersparnis und Unkostenverringerung auszuwirken. Neben Neukonstruktionen von Hochleistungs-Öl- und Schnellschaltern bis zu 6000 A hat das Schaltwerk auch die Durchbildung ölfreier Apparate dieser Art zu einem Erfolg versprechenden Abschluß gebracht. Die Fabrikation von Turbogeneratoren ist auf das Mülheimer Werk übergegangen. Fertiggestellt wurden u. a. ein Generator von 50 000 und einer von 100 000 kVA bei 3000 bzw. 1500 U/min. Im Arbeitsbereich der Abteilung Zentralen wird das Geschäftsjahr durch die Vollendung großer Anlagen gekennzeichnet, die z. T. als wichtige Fortschritts- und Pionierarbeiten zu werten sind, so die 220 kV-Fernübertragung des RWE, zu deren Einrichtung die SSW u. a. 60 000 kW-Transformatoren geliefert haben, und die Ruthsspeicheranlage von 40 000 kW für das Elektrizitätswerk Charlottenburg. Das im Herbst 1929 betriebsfertig übergebene Wasserkraftwerk Affoldern an der Edertalsperre ist das erste deutsche völlig automatisch arbeitende asynchrone Kraftwerk. Für das im Bau befindliche Großkraftwerk West der Bewag (228 000 kW) konnten die Eisenkonstruktionen des Gesamtbaues aufgestellt werden. Von der Preag erhielt die Berichterstatterin den Auftrag für ein hydrauliches Speicherkraftwerk bei Hemfurt (115 000 kW). Auch an der Herstellung des Schluchseewerks ist sie maßgeblich beteiligt. Die Elektrisierung des Freistaats Irland konnte sie nach vierjähriger Arbeit planmäßig zu Ende führen. Beachtung verdient die Bestellung einer Bensonkesselanlage von 125 t Dampfleistung durch die Centrale Electrique des Flandres et du Brabant für das Kraftwerk Langerbrugge. Das Kabelgeschäft befriedigte. Ein für das Großkraftwerk Franken geliefertes Ölkabel (110 kV) arbeitet betriebsicher; der Vorstand glaubt, daß diese Kabeltype sich in Zukunft für Höchstspannungen gut bewähren werde. Das größte von SSW bisher gelieferte Hauptbühnenstellwerk (160 Hebel) gehört zu der von der Gesellschaft für das neue Theater Pigalle in Paris ausgeführten Beleuchtungsanlage. Der Abteilung für Industrieanlagen ist es gelungen, trotz verminderter Aufnahmefähigkeit einzelner Industriegebiete im ganzen einen Ausgleich gegenüber dem Vorjahr zu finden. Die Verwertung des elektrischen Stroms im Untertagebetrieb des Bergbaus hat Fortschritte gemacht, im Kalibergbau konnte die Anwendung des Schrapperbetriebs durch geeignete elektrische Antriebe ausgebreitet werden. Lebhaft war die Nachfrage nach Elektropumpen für Flüssigkeits- und Gasförderung. Die Konstruktion der Elektrofilter wurde vervollkommnet und der Bereich der technologischen Anwendungsmöglichkeiten elektrisch beheizter Öfen ausgedehnt. Der Schiffbau brachte die Ausrüstung zweier Spezialschiffe mit dieselelektrischem Propellerantrieb. Im Elektrizitätszählergeschäft lassen die Preise zu wünschen übrig. Begünstigt durch eine zweckentsprechende Tarifpolitik der Elektrizitätswerke, hat sich die Verwendung der Elektrizität im Haushalt beachtenswert entwickeit und die Lieferung von Protosgerät wesentlich erhöht; in Industriebetrieben, Warenhäusern usw. finden überdies die elektrischen Großküchen mehr und mehr Eingang.

Als Rohüberschuß werden 38 239 637 RM (35 203 264 i. V.) und als Reingewinn mit Vortrag 16 639 926 RM (16 560 414 i. V.) ausgewiesen. Auf 120 Mill RM Aktienkapital entfiel wieder eine Dividende von 10 %.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 144.

Berichtigung.

Der Verfasser des Aufsatzes „Berechnung des Durchhanges und der Beanspruchung von Freileitungen", ETZ 1929, S. 1557, bittet uns um folgende Berichtigung:

„1. Die Differenz der Züge in den Aufhängepunkten ist nicht überall konstant; dies trifft vielmehr nur dann zu, wenn die Aufhängepunkte auf die gleiche Seite der Ordinatenachse zu liegen kommen; andernfalls sind die auf S. 1558 angedeuteten Formeln maßgebend.

2 Die Entwicklung des Ausdruckes

$$\mathfrak{T}\mathfrak{g}\,\frac{2x_1'+d}{2a_2} = c\,\mathfrak{T}\mathfrak{g}\,\frac{2x_1+d}{2a_1}$$

auf S. 1557, rechte Spalte, ist unrichtig. Es soll vielmehr heißen

$$\mathfrak{T}\mathfrak{g}\,\frac{2x_1'+d}{2a_2} = \mathfrak{T}\mathfrak{g}\,\frac{2x_1+d}{2a_1}.$$

Der Tangens hyperbolicus ist ja für alle Zustände konstant; eine Überlegung wird den Irrtum bald aufdecken."

Abschluß des Heftes: 1. Februar 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Fahrbare Glasgleichrichter-Anlagen.

Mitteilung der AEG.

Fahrbare Glasgleichrichteranlagen können zunächst dazu dienen, in Gleichstromnetzen an Stellen, an denen zeitweise eine höhere Belastung gefordert wird, diese Spitzenbelastung einem vorhandenen Hochspannungsnetz zu entnehmen. Hierbei wird die Errichtung zahlreicher oder groß bemessener Unterstationen erspart, die einen schlechten Jahreswirkungsgrad haben würden. Derartige Belastungsverhältnisse treten fast in jedem größeren Stadtnetz auf, sei es, daß an Feiertagen oder bei besonderen Veranstaltungen der Straßenbahnverkehr nach einer bestimmten Stelle hin bedeutend verstärkt werden muß, sei es, daß während der Dauer einer Ausstellung, eines Festes usw. in einem Bezirk ein wesentlich höherer Stromverbrauch als im normalen Betrieb auftritt. Diese lokalen Belastungsspitzen kommen in den verschiedenen Bezirken jedoch fast nie gleichzeitig vor. Es hat sich daher als vorteilhaft erwiesen, Glasgleichrichteranlagen fahrbar anzuordnen, um entweder zusätzliche Speisepunkte zu schaffen oder die Leistung bestehender Unterwerke zeitweilig zu erhöhen. Außerdem ist es mit ihrer Hilfe möglich, bei eintretenden Betriebsstörungen im Gleichstromnetz die Stromlieferung schnell wieder aufzunehmen.

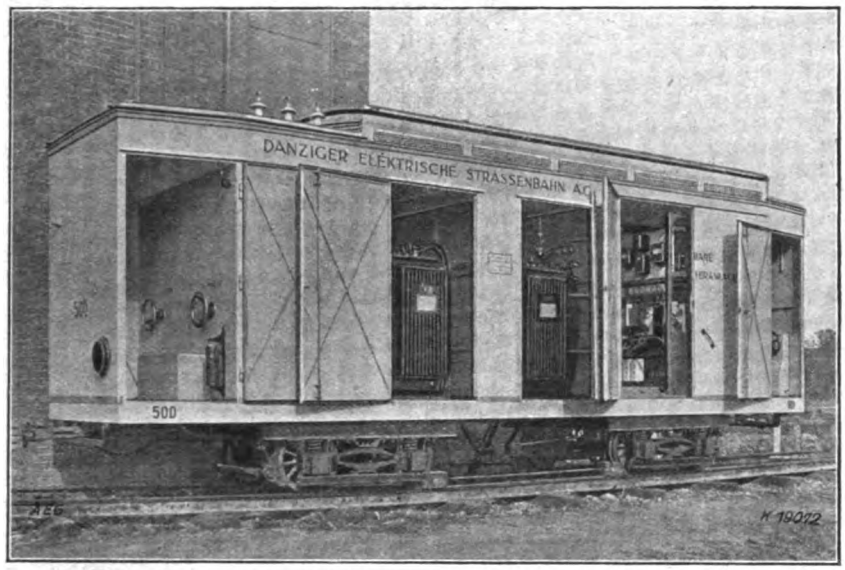


Abb. 1. Fahrbare Glasgleichrichter-Anlage, als Schienenfahrzeug ausgebildet.

Die erste fahrbare Station wurde 1926 von dem E. W. Stuttgart in Betrieb genommen. Zwei AEG-Glasgleichrichter waren zusammen mit einem Transformator und der erforderlichen Schaltanlage in einem Lastautoanhänger eingebaut worden. Nach den Erfahrungen, die man im Winter 1926/27 mit ihnen gemacht hatte, wurden der AEG vier gleichartige Anlagen in Auftrag gegeben, für die besondere Wagen Verwendung fanden*).

Die neueste fahrbare Anlage der AEG wurde als Schienenfahrzeug für die Danziger Straßenbahn A.-G. ausgeführt. Hier handelte es sich darum, die Leistung ortsfester Unterwerke zeitweilig zu erhöhen, so daß die fahrbare Anlage also mit ihnen parallel arbeiten mußte. Abb. 1 zeigt den Wagen neben einer solchen Station. Die Zuleitung des Drehstroms erfolgt mit blanken Leitungen nach den auf dem Wagendach zu sehenden Stützisolatoren. Unter diesen befinden sich die Ölschalter, deren Handräder links sichtbar sind. In der Mitte des Wagens sind nebeneinander die Transformatoren angeordnet, von denen zwei erforderlich waren, um die fahrbare Anlage sowohl an das 3 kV- als auch an das 15 kV-Netz anschließen zu können. Beide haben Stern - Doppelzickzackschaltung. Die zwei Gleichrichter werden über einen 6poligen Umschalter jeweils zusammen von einem der beiden Transformatoren gespeist.

Die Abb. 2 und 3 zeigen Vorder- und Rückseite der beiden Gleichrichtergestelle, von denen jedes 300 A Gleichstrom bei 600 V liefert. Die Gleichspannung ist durch einen Spartransformator mit zehnstufigem Regulierschalter, der in das Gleichrichtergestell eingebaut ist, in den Grenzen von 570 bis 630 V regelbar. Die Ableitung des Gleichstroms erfolgt durch Kabel. Die Glaskörper sind in herausfahrbaren Haltern gelagert, um ein leichtes Einsetzen zu ermöglichen. Diese Maßnahme, die für alle neuen Glasgleichrichter der AEG bei höheren Stromstärken zur Anwendung kommt, hat sich bestens bewährt. Außerdem sind sie federnd aufgehängt, um die beim Verfahren der Anlage auftretenden Stöße fernzuhalten. Zum Schutz gegen schädliche Überlastungen sind die Gleichrichter ferner mit elektromagnetisch wirkenden Überstrom-Zeitrelais ausgerüstet.

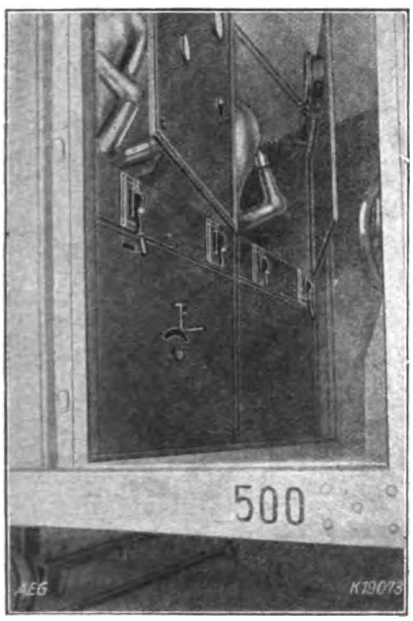


Abb. 2. Vorderseite der eingebauten Glasgleichrichter 2×300 A, 600 V.

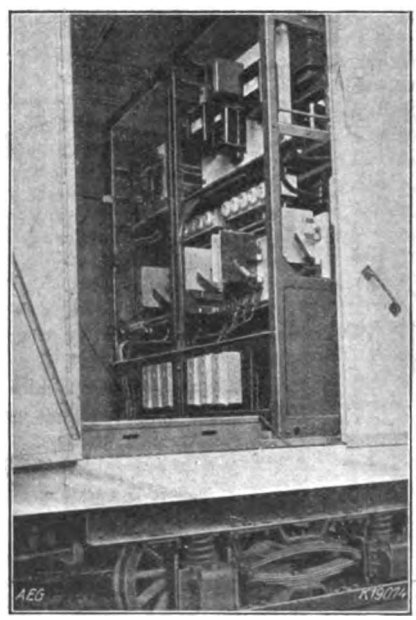


Abb. 3. Rückseite dieser Gleichrichteranlage.

Die neue fahrbare Anlage hat die in sie gesetzten Erwartungen vollauf befriedigt.

*) ETZ 1929, Heft 20, S. XXXVII.

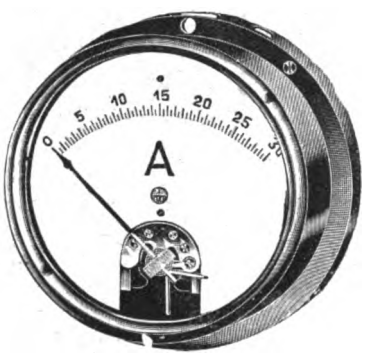
Digitized by Google

Welche **Forderungen** werden heute an **Meßinstrumente gestellt?**

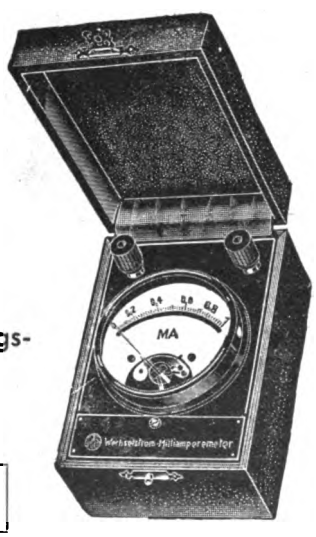
1. **Genauigkeit** bei billigstem Preis
2. **Lange Lebensdauer** durch stabile Ausführung
3. **Günstigste Elektrische Daten**
4. **Universelle Verwendbarkeit**
5. **Praktische Formgebung**

Alle diese **5 Punkte** erfüllen die **Gossen-Meßgeräte**, als

Schalttafel-Laboratoriums- u. Standard-Instrumente



Voltmeter
Amperemeter
Wattmeter
Frequenzmesser
Isolationsmesser
Erdspannungs-anzeiger
Ohmmeter



Für **Alle** Verwendungszwecke und **Alle** Stromarten

Zur Leipziger Messe: Haus der Elektrotechnik Stand 291, Obergeschoß

Ausführliche Listen auf Wunsch!

P. Gossen & Co.
Fabrik Elektr. Meßgeräte, Erlangen

Motorschutzschalter
m. Tastkontakten, therm. Relais u. Freiauslösg.
in **Gußgehäuse**

Auch mit **RWE (Heinisch-Riedl)-Schutzspule** gegen gefährliche Berührungsspannungen lieferbar

als auch für rückseitige Schalttafel-Montage

Nostitz & Koch
Chemnitz
Fabrik elektrotechnischer Apparate u. Transformatoren
Zur Messe in Leipzig, Haus der Elektrotechnik, Stand 3

Elektrische Meßinstrumente
Hochfrequenz-strahlapparate
rundfunkstörfrei nach den Vorschriften des VDE

VELMAG
Vereinigte Fabriken elektr. Meßinstrumente u. Apparate
LEIPZIG 31, O 27

Zur Leipziger Messe:
Haus der Elektrotechnik, Erdgeschoß links, Stand Nr. 264

Digitized by Google

Engineering Library

MAR 6 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Über die Antriebe von Hochspannungsapparaten. Von A. L. Müller. 225

Die Berechnung des Verschiedenheitsfaktors. Von S. Prochoroff. 230

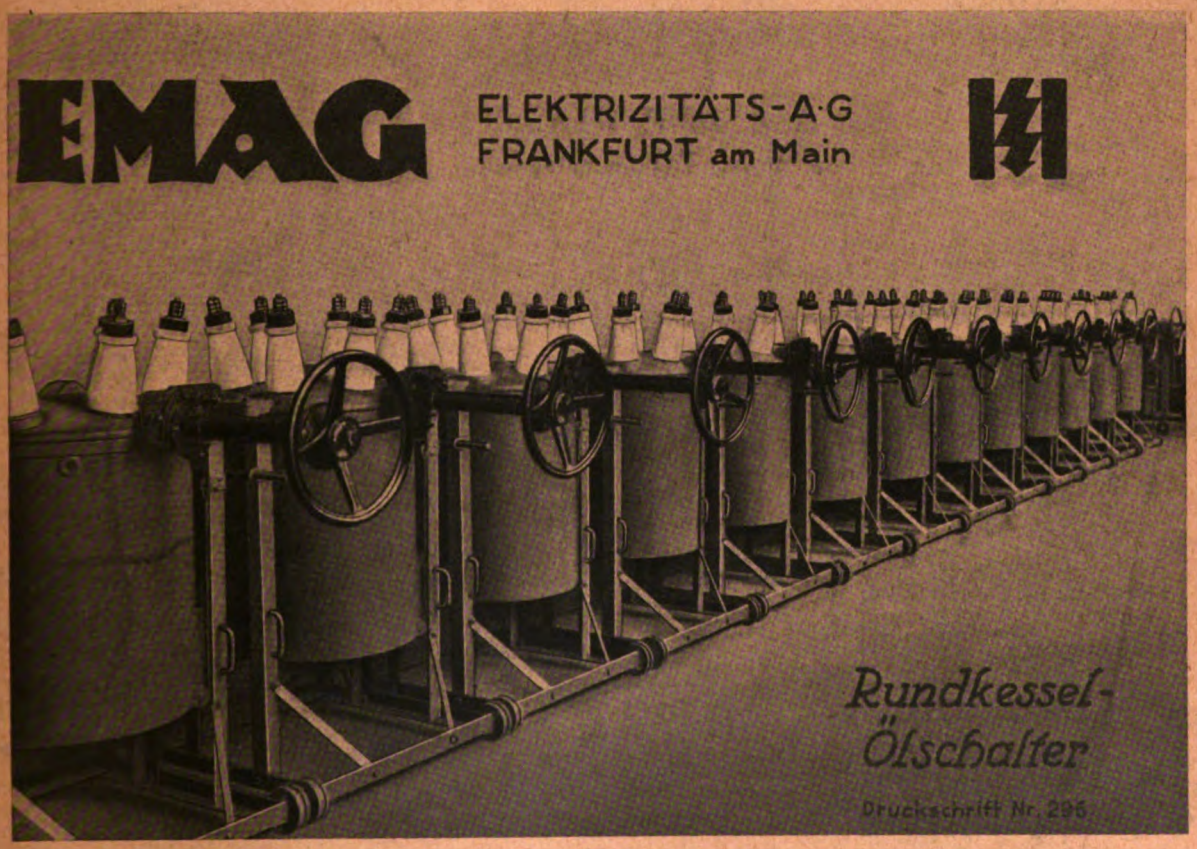
Bau von Motorschutzschaltern mit Rücksicht auf Motorschutz und Kurzschlußschutz. Von A. Cohn. 233

Praktische Methode zur Berechnung des Dauerkurzschlußstroms einfach gespeister Netze. Von F. Ollendorff (Forts.). 238

Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn. Von W. Reichel (Forts.). 244

Rundschau:

Vermind. der Verluste im Bleimantel v. Einleiterkabeln. 249
Eignung v. Kabeln z. Verleg. 249
Reihenwickl. m. toten Spulen oder halbblinden Stegen. 249
Ein Hochspannungsvoltmeter. 250
Ein neuer Tarifapparat der Aronwerke. 250
Amerikan. Straßenbeleuchtungs-Fernschaltanl. 251
Bäckereien als Stromabnehmer. 252
El. Warmbehandlungsanl. f. Stahlguß. 252
Die neue Groß-Rundfunkstation Oslo. 252
Lautsprecher z. Regel. v. Verschiebebeweg. 252
Zeitzeichen. 253
Untersuch. üb. diel. Verluste v. Transformatorölen. 253
Versuche üb. d. Stromdurchgang durch den menschl. Körper. 254
Belebung Scheintoter durch Elektrizität. 255
Jahresversamml., Kongresse, Ausstell. 255
Energiewirtschaft. 255
Rechtspflege. 257
Vereinsnachrichten. 258 **Bekanntmachung des VDE.** 260
Sitzungskalender. 262
Persönliches. Hochschulnachrichten. 262
Literatur. A. Lang, NELA, VDE, C. Matschoß, F. Münzinger, H. Zimmermann. 262
Geschäftl. Mitteilungen. 263
Bezugsquellenverzeichnis. 264



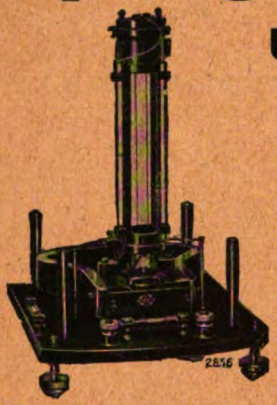
7. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9

(225-264) 13. FEBRUAR 1930

Das ETZ-MESSEHEFT erscheint am 27. Februar 1930

Digitized by Google

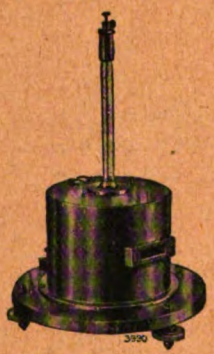
Spiegel-Galvanometer
und Elektrometer
für alle Zwecke



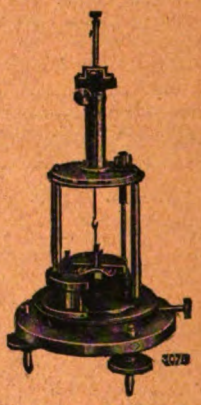
Campbell-Galvanometer
Empfindl. 0,4 · 10-6 A

2810.
Erschütterungsfreie Aufhängung

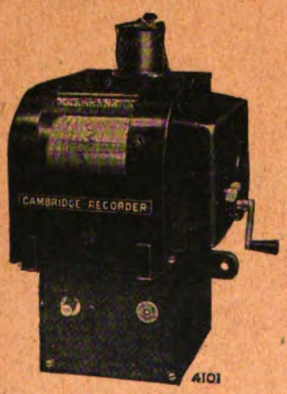
Broca-Galvanometer
Empfindl. 3 · 10-9 A



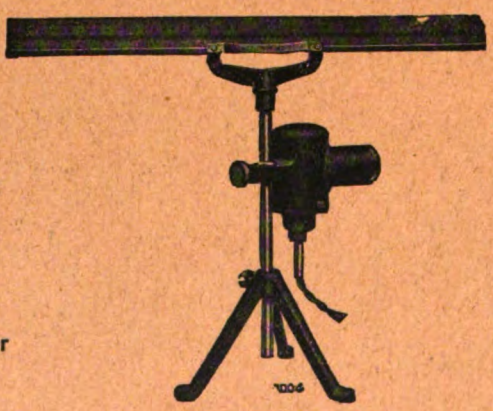
Paschen-Galvanometer
Empfindl. 3 · 10-11 A



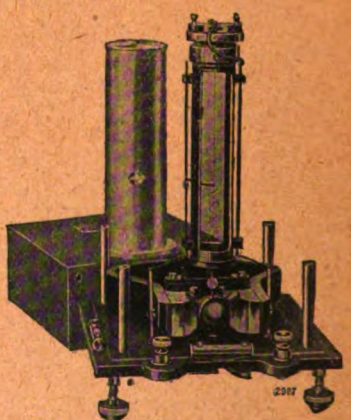
Quadranten-Elektrometer



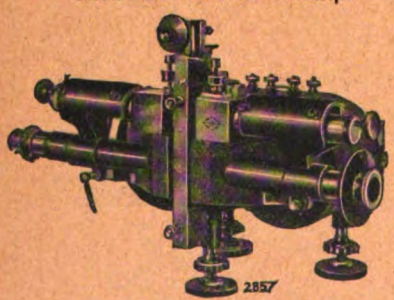
Schreibendes Galvanometer
Meßbereich 5 Mikroamp.



Ableseeinrichtung



Hochempfindl. Galvanometer
Empfindl. 8 · 10-11 A



Einthoven-Galvanometer
Empfindl. 1,5 · 10-11 A

Dipl. Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 13. Februar 1930 | Heft 7

Über die Antriebe von Hochspannungsapparaten.

Von A. L. Müller, Essen.

Übersicht. Es wird gezeigt, daß die Verhältnisse von Ölschalterantrieben größtenteils durch die elektrischen Beanspruchungen des Ölschalters bedingt sind. Die einschlägigen Vorschriften des VDE werden näher betrachtet. Die an Antriebe zu stellenden Forderungen werden behandelt, Hub-, Drehmagnet-, Motor-, Kraftspeicher- und Druckluftantriebe werden auf Grund dieser Aufstellung miteinander verglichen.

Die Bestimmungen des VDE für Hochspannungsapparate, die R.E.H./1929, sagen nur wenig über die Antriebe von Hochspannungsapparaten. Abgesehen von diesen Vorschriften stellen die betriebsmäßigen Erfahrungen, die gestiegerten Kurzschlußleistungen, der Einbau von Vorkontakt-Widerständen eine Reihe von Forderungen.

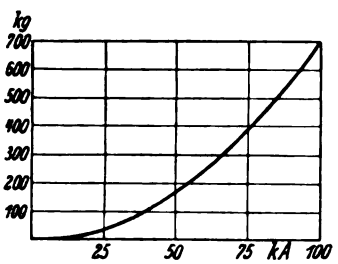


Abb. 1. Elektrodynamische Gegenkraft, auf die Traverse eines Schalters der Reihe 10 wirkend.

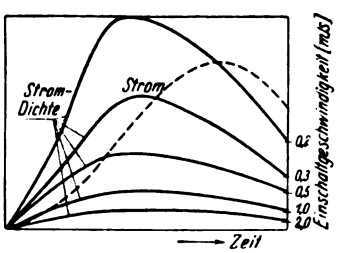


Abb. 2. Zeitlicher Verlauf der Einschalt-Stromdichte bei verschiedenen Schaltgeschwindigkeiten.

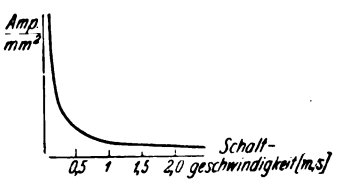


Abb. 3. Maximale Einschalt-Stromdichte in Abhängigkeit von der Einschaltgeschwindigkeit.

Wir wollen zunächst die Faktoren untersuchen, die beim Schalten auf Kurzschluß von Bedeutung sind. Nehmen wir dazu den ungünstigsten Fall, daß die Schaltstücke im Nullwert der Spannungswelle geschlossen werden — damit ist ja bei Drehstrom kleiner Spannung in einer Phase fast immer zu rechnen —, so ergibt sich z. B. für Generatorenschalter ein Anstieg des Stromes auf etwa den 14 ... 18fachen Nennstrom im Spitzenwert. Da zu diesem Zeitpunkt an den Schaltstücken nur geringe Übergangsquerschnitte zur Verfügung stehen, so ergibt sich daraus eine ungeheure Stromdichte und Hand in Hand damit eine starke Konzentration des magnetischen Feldes. Die erstere bewirkt ein Verschmoren und Verdampfen des Kontaktmaterials, die letztere eine Kontaktabhebung, die durch die Dampf- und Gasbildung nachdrücklich unterstützt wird.

Außer diesen zwischen den Schaltstücken wirkenden Kräften entsteht eine die Traversenmesser entgegen ihrer Bewegungsrichtung treffende Kraft, über deren Größenordnung Abb. 1 einigen Aufschluß gibt, der die Abmessungen eines Mittelleistungsschalters der Reihe 10 zugrunde gelegt sind. Den Verlauf der Stromdichte sieht man aus Abb. 2, wo sie über der Zeit für verschiedene Einschaltgeschwindigkeiten aufgetragen ist.

In Abb. 3 sind die maximal erreichten Stromdichten in Abhängigkeit von der Einschaltgeschwindigkeit aufgetragen, deren hohe Bedeutung durch dieses Schaubild am besten unterstrichen wird. Wenn man bedenkt, daß man bei Handschaltungen mit Geschwindigkeiten von 0,2 bis 0,5 m/s zu rechnen hat, so erklärt sich, daß die hohe Stromdichte an den eben zum Schluß gekommenen Schaltstücken mehr oder minder große Teile in den flüssigen Zustand überführt, während bei Nulldurchgang des Stromes wieder ein Erstarren eintritt. Infolgedessen verschweißen die Kontakte und können nur durch besondere Gewaltmaßnahmen wieder getrennt werden, so daß der Schalter aus dem Betrieb genommen werden muß. In ungünstigen Fällen kann dieses Festschweißen der Kontakte in nur einer Phase auftreten, während in der einen oder den beiden anderen Stehlichtbögen auftreten, die unabwendbar den Schalter zum Zerknall bringen.

Interessant ist noch der durch Abb. 4 verdeutlichte Unterschied in der Einschaltbeanspruchung von Ölschaltern bei 50 und 16⅔ Hz. Im Gegensatz zum Abschaltvorgang, wo die Beanspruchung mit 16⅔ Hz größer ist (durch § 40 der R.E.H./1929 zum Ausdruck gebracht), ist die Einschaltbeanspruchung wegen des schnelleren Ansteigens der Stromwelle bei 50 Hz größer als bei 16⅔ Hz.

Nun ist zwar in § 40 der R.E.H. nur von den Prüf-Ausschaltleistungen und Kurzschluß-Ausschaltleistungen bei den Frequenzen 50 und 16⅔ Hz die Rede. Da jedoch gemäß § 74 der R.E.H. (unter bestimmten Einschränkungen) mit der Ausschalt- auch gleichzeitig die Einschaltfestigkeit geprüft wird, so ist zu erwägen, ob das dort angegebene Verhältnis der Ausschaltleistung von 10 zu 6 hinsichtlich der Einschaltleistung nicht zu gunsten der größeren Periodenzahl abzuwandeln ist. — Ich möchte mir außerdem die Anregung gestatten, in die Prüfungsvorschriften über die Einschaltfestigkeit bzw. über den allgemeinen Zyklus der Leistungsprüfung einen Passus aufzunehmen, der die Einschaltgeschwindigkeit innerhalb gewisser Grenzen regelt. — Es ist vorhin durch Abb. 3 deutlich geworden, daß diese Grenzen ziemlich weit gesteckt werden können, so daß die Prüfung durch eine derartige Ergänzungsvorschrift kaum erschwert werden dürfte. Ich halte eine solche Maßnahme vor allem auch deshalb für notwendig, weil bei großen Strömen und demzufolge großer elektrodynamischer Gegenkraft auch die Eigenzeit des Schalters durch die Einschaltgeschwindigkeit stark beeinflußt wird. Leider stößt sowohl die Berechnung wie die Untersuchung dieser Vorgänge auf Schwierigkeiten, da nicht nur der Zustand der Schaltstücke vom einen zum andern Male sich ändert, sondern auch bei fast allen Schalterkonstruktionen das in der Führung der Traverse und in der Befestigung der einzelnen Kontaktbrücken vorhandene Spiel bei jeder Schaltung andere Verhältnisse schafft.

Erfahrungsgemäß — und das kommt ja auch durch die R.E.H./1929 zum Ausdruck — ist bei Strömen über etwa 40 000 A Spitzenwert durch Vergrößerung oder Vermehrung der Abbrennstücke keine Besserung mehr zu erreichen, so daß man hier zu besonderen Maßnahmen greifen muß. Erleichtert werden diese Erscheinungen durch eine weitgehende Selbsthilfe des Ölschalters, die in Abb. 5 für

Digitized by Google

die beiden am häufigsten vorliegenden Fälle schematisch dargestellt ist. Die linke Skizze der Abb. 5 zeigt ein ungleichmäßiges Anliegen der Kontakte, das unter der Einwirkung der kontaktabhebenden Kräfte mit einer kleinen Schwenkung des Messers beantwortet wird, während im Falle der rechten Skizze sich das Messer parallel zu sich selbst verschiebt. Es ist bereits angedeutet worden, daß infolge des meist vorhandenen Spieles in der Führung der beweglichen Teile derartige Bewegungen sehr gut möglich sind.

Außer diesen durch die Wirkungen großer Kurzschlußströme bedingten Gründen sprechen auch ein gegebenenfalls notwendiges Synchronisieren und die Rücksicht auf eingebaute Schutzwiderstände für die Wahl hoher Einschaltgeschwindigkeiten. Im allgemeinen wird bei den heute gebräuchlichen großen Einheiten das Synchronisieren auch bei einem verhältnismäßig langsam arbeitenden Schalter möglich sein, weil große Generatoren entsprechend ihren großen Massen langsam durch die synchrone Lage gehen.

Anders liegen die Verhältnisse beim Einschalten von Ölschaltern, die mit Schutzwiderständen ausgerüstet sind. Die R.E.H. schreiben vor, daß diese Schutzwiderstände eine Einschaltung von 2 s Dauer vertragen müssen, ohne beschädigt zu werden. Entsprechend der durch Abb. 6 dargestellten Schmelzcharakteristik eines Widerstandsdrahtes unter Öl ist diese Forderung jedoch praktisch nur durch Überbemessung erfüllbar, wenn man berücksichtigt, daß infolge der betriebsmäßigen Spannungsschwankungen mindestens mit entsprechenden Stromschwankungen von

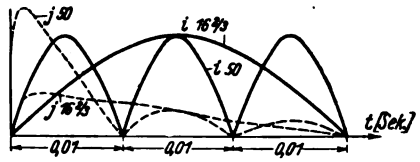


Abb. 4. Einschalt-Stromdichte bei 50 und 16⅔ Hz. Die negative Halbwelle ist nach der positiven Seite geklappt.

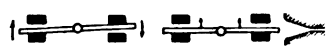


Abb. 5. Stellungen der Schaltbrücke beim Einschalten.

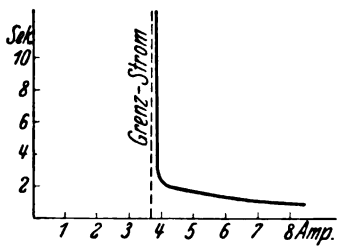


Abb. 6. Abschmelzcharakteristik eines dünnen Drahtes unter Öl.

Die gebräuchlichen Antriebe für Ölschalter sind: Hubmagnet-, Drehmagnet-, Kraftspeicher-, Motor- und Druckluftantrieb. Ihr Aufbau ist in kürzester Fassung folgender:

Hubmagnet: Häufig topfförmiges Magnetsystem. Anker treibt Kurbel oder Zahnstange mit Ritzel. Zurückholen des Antriebes durch Eigengewicht oder Feder.

Drehmagnet: Magnetsystem etwa Doppel-T-förmig, Anker bewickelt oder unbewickelt. Drehbewegung ohne Übersetzung. Zurückholen des Antriebes durch zweite Wicklung oder Feder.

Motorantrieb: Hauptstrommotor arbeitet auf meist umfangreiches Zahnradvorgelege. Zurückholen des Antriebes durch Umschaltung des Motors.

Kraftspeicher: Motor spannt über Vorgelege Federpaket, das über Kupplung Antrieb einschaltet. Entspannen der Federn schaltet Ölschalter ein. Zurückholen des Antriebes durch Hilfsfeder.

Druckluft-Antrieb:

a) Drehkolben: Kolben macht schraubenförmige Bewegung, die durch besondere Führung in drehende umgesetzt wird. Zurückholen des Antriebes durch Druckluft.

b) Hubkolben: Kolben treibt Kurbel oder Zahnstange mit Ritzel. Zurückholen des Antriebes durch Feder oder Druckluft.

1. Schaltgeschwindigkeit.

Das Arbeiten aller Antriebstypen wird zum großen Teil bestimmt durch die Eigenschaften des Ölschalters, vor allem dessen Momentenkurve. In Abb. 7 ist für einen

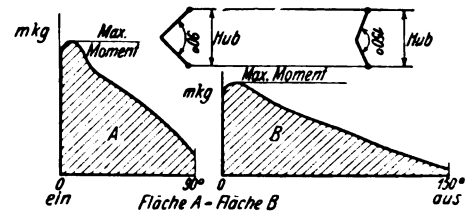


Abb. 7. Kurve des Einschaltmomentes bei verschiedenen Schaltwinkeln.

± 10 % gerechnet werden muß. Deshalb bedeutet die Vorschrift des VDE in praxi, daß die Widerstände fast für Dauereinschaltung bemessen werden müssen, weil man sich mit den genannten 2 s gerade im Knie der Kurve befindet, wo einer geringen Abnahme der Stromstärke sehr große Änderungen in der Zeit zugeordnet sind. Qualitativ sind diese Umstände durch die R.E.H. berücksichtigt, indem Ölschalter mit Schutzwiderständen schnell einzuschalten sind.

Diese Betrachtungen und die Erfahrungen, die im Laufe langer Jahre im Betrieb von Schaltanlagen gesammelt worden sind, führen zu folgenden Anforderungen, denen die Antriebe von Hochspannungs-Ölschaltern genügen müssen:

Ausreichende Einschaltgeschwindigkeit	hohe Betriebsicherheit	Unabhängigkeit von äußeren Einflüssen	leichte Einbaumöglichkeit
a) günstige Lage der Momentenkurve b) bequeme Regelbarkeit der Geschwindigkeit auch bei verschiedenen Ölschaltergrößen c) sorgfältig abgestimmte Dämpfung	a) Sicherheit gegen ungewollte Schaltungen b) zuverlässige Signalisierung c) leichtes Überwachen und Überholen d) Möglichkeit bequemer Handschaltung auch bei schweren Schaltern	a) Ausbleiben der Energiezufuhr b) Schwankungen des Antriebsmittels c) Temperatur d) Eignung des Antriebes für alle Fälle e) geringer Leistungsbedarf	a) einfacher Aufbau des Antriebes b) Trennung des Antriebes vom Ölschalter c) möglichst einheitliche Befestigungsmaße für Antriebe verschiedener Größe

Ehe diese Tafel im einzelnen näher behandelt wird, sei kurz auf die bisher noch nicht besonders erwähnten Antriebe für Trennschalter hingewiesen, die den Forderungen aller 4 Gruppen genau so genügen müssen wie die Antriebe für Ölschalter. Lediglich in Hinsicht auf die Schaltgeschwindigkeit tritt bei Trennschalterantrieben eine gewisse Abwandlung ein, indem hier weniger auf eine hohe als vielmehr gleichmäßige Geschwindigkeit Wert zu legen ist, die durch genügend hohes statisches Schaltmoment mitunter auftretende Hemmungen und Klemmungen überwinden kann und trotzdem im Normalbetrieb die Isolatoren vor harten Schlägen bewahrt.

Schalter mit Klotzkontakten bei sonst gleichen Verhältnissen für verschiedene Schaltwinkel (90 ° u. 150 °) die Kurve des statischen Momentes aufgezeichnet. Wichtig für die Bemessung des Antriebes ist außer der Höhe des Momentes dessen Aufbau aus Reibungskräften, Federdruck und Traversengewicht. Besondere Schwierigkeiten bieten Schalter, deren Moment anfangs niedrig verläuft und ganz am Ende der Schaltbewegung jäh und hoch ansteigt.

Abb. 8 zeigt einige Momentenkurven für die vorhin genannten Antriebe; sie vermag natürlich nur einen ungefähren Überblick zu geben, da bei Hub- und Drehmagnet die Veränderung der Ankerform Unterschiede erreichen läßt und damit ein bequemes Mittel darstellt, besondere Eigenheiten eines Ölschalters zu berücksichtigen. Bei all diesen Antriebstypen kann zur Bewältigung besonders hoher Gegenmomente des Ölschalters mit der sog. Kniehebelwirkung gearbeitet werden, die jedoch den Nachteil hoher Achsdrücke mit sich bringt.

Die Kurve *a* der Abb. 8 kommt zustande durch Übersetzung einer Längs- in eine Drehbewegung. Dafür sind Kurbelantrieb oder Zahnstangenübersetzung gebräuchlich. Im letzteren Falle entspricht die Momentenkurve wegen gleichbleibenden Hebelarmes unmittelbar der Zugcharakteristik des Magneten, im ersten Falle tritt eine Änderung ein, die durch die Kurbelverhältnisse gegeben ist. Da der Arbeitswinkel in Rücksicht auf ein befriedigendes Ar-

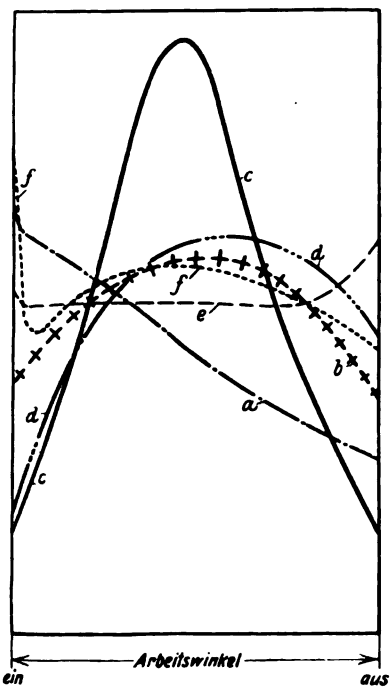
Digitized by Google

beiten nicht zu groß gewählt werden darf, ist dieser Einfluß verhältnismäßig gering.

Beim Drehmagnetantrieb ist zu unterscheiden zwischen der Bauform mit bewickeltem und unbewickeltem Anker. Das eine Moment ist durch Kurve *b*, das andere durch Kurve *c* in Abb. 8 wiedergegeben. Die Ausführung mit bewickeltem Anker arbeitet entsprechend den magnetischen Verhältnissen über 180°, die mit unbewickeltem Anker über nur 90°. Die für nutzbare Arbeit zur Verfügung stehenden Winkel sind naturgemäß geringer. Es ist deutlich zu sehen, daß die Bauform mit unbewickeltem Anker eine wesentlich spitzere Momentenkurve besitzt als jene mit bewickeltem Anker, die ziemlich flach verläuft und damit auch eine günstigere Lage der Geschwindigkeitskurve erreichen kann, vor allem aber nicht gerade bei Berühren der Kontakte schon wieder stark von ihrem Höchstwert abgesunken ist. Dieser Nachteil des unbewickelten Ankers bleibt bestehen, auch wenn man berücksichtigt, daß die ausplanimetrierte Momentenfläche bei etwa gleichen Eisenverhältnissen und gleichen Amperewindungen gleich ist.

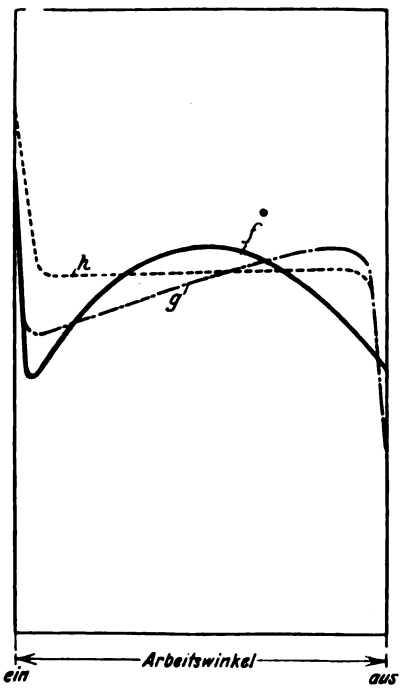
links zu lesen — eingezeichnete Spitze kommt bei dem normalen Schaltvorgang nicht zur Ausbildung. Abb. 10 gibt hierzu die Erklärung und zeigt den Druckverlauf im Arbeitszylinder während des Einschaltvorganges.

Aus diesen Kurven, die mit einem normalen Dampfmaschinenindikator aufgenommen wurden, erhellt, daß sich nicht nur das Einströmen der Preßluft mit großer Schnelligkeit vollzieht, sondern daß je nach der Einregelung der Zuströmungsquerschnitte ein beliebig weiches Arbeiten des Antriebes erreicht werden kann. Etwas Ähnliches ist bei Magnetantrieben möglich, die mit Vorschaltwiderständen ausgerüstet werden können und sich ebenfalls individuell zum Ölschalter einstellen lassen. Abb. 10 zeigt ferner, daß beim Auftreten eines Widerstandes, etwa einer Klemmung und in diesem Falle also bei Erreichung der Endstellung, der zur Verfügung stehende Druck und damit auch das Schaltmoment fast augenblicklich ansteigt und einen Wert annimmt, der durch den Betriebsdruck der Anlage gegeben ist. Um diese Erscheinung deutlicher zu machen, wurden diese Spitzen in die Momentenkurven Abb. 9 verfrüht eingezeichnet. Bei Magnetantrieben er-



a Hubmagnetantrieb
b Drehmagnet mit bewickeltem Anker
c „ „ unbewickeltem „
d Kraftspeicherantrieb
e Motorantrieb
Druckluftantrieb mit Hubkolben

Abb. 8. Einschalt-Momentenkurven.



f mit Hubkolben bei Kurbelübersetzung
g „ „ bei Zahnstangenübersetzung
h mit Drehkolben

Abb. 9. Einschalt-Momentenkurven von Druckluftantrieben.

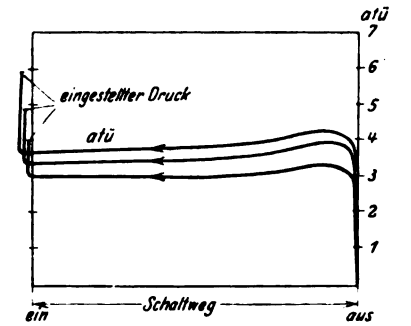


Abb. 10. Druckverlauf im Einschaltzylinder bei Preßluftantrieben.

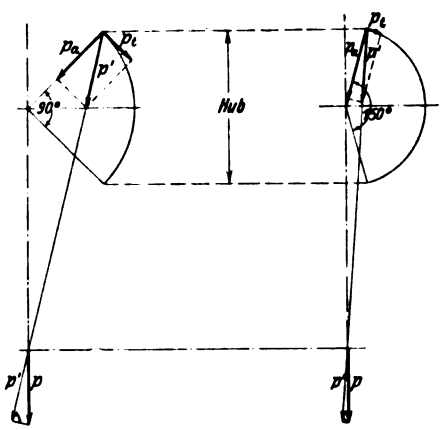


Abb. 11. Verhältnis der bei verschiedenen Schaltwinkeln verfügbaren ausschaltenden Kräfte bzw. Momente.

Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Kraftspeicher, dessen Momentenverlauf in Abb. 8 durch Kurve *d* dargestellt ist. Das Drehmoment ist zu Beginn der Schaltbewegung verhältnismäßig groß, wie es den vollständig gespannten Federn entspricht. Deren mit zunehmender Entspannung abnehmende Kraft wird teilweise durch den größer werdenden Hebelarm des Kurbeltriebes ausgeglichen, so daß sogar eine weitere Erhöhung eintreten kann.

Wieder anders liegt die für den Motorantrieb gültige Kurve *e* der Abb. 8, die vorwiegend durch die Charakteristik des Hauptstrommotors und durch die über Zahnräder erfolgende Übersetzung bedingt ist.

Um Abb. 8 nicht zu überladen, wurde als Kurve *f* für den Druckluftantrieb nur die Momentenkurve einer Ausführung, die des mit Kurbeltrieb arbeitenden Hubkolbens, aufgezeichnet. In Abb. 9 ist diese Kurve, wiederum mit *f* bezeichnet, nochmals gegeben und als *g* eine Momentenkurve dazu gesellt, bei der die Längsbewegung des Hubkolbens nicht durch Kurbeltrieb, sondern durch Zahnstange mit Ritzel in die Drehbewegung übergeführt ist. Die Kurve *h* endlich gehört zu einem Drehkolbenantrieb, der ähnlich wie der Drehmagnet die Drehbewegung direkt erzeugt. Die bei allen 3 Kurven kurz vor Beendigung der Einschaltbewegung — die Bilder sind von rechts nach

folgt die Regelung des Antriebes zum Ölschalter durch Vorschaltwiderstände oder durch Änderung der Wicklung. Beim Kraftspeicher kann man sich leicht dadurch helfen, daß man die einschaltenden Federn entsprechend bemißt. Da diese meist in Gestalt eines sog. Federpaketes verwendet werden, das aus zahlreichen, unter sich gleichen Einzelfedern besteht, so hat man es leicht in der Hand, jedes gewünschte Ölschaltermoment — selbstverständlich innerhalb gewisser Grenzen — sinngemäß zu beherrschen. Beim Druckluftantrieb endlich wird die Regelung zwischen Antrieb und Ölschalter durch Drosselung vorgenommen.

Die Dämpfung der Einschaltbewegung, die sowohl dem Antrieb wie dem Ölschalter zugute kommt, ist je nach der Antriebsart verschieden vorgenommen. So ist es beim Druckluftantrieb verhältnismäßig leicht, den Arbeitskolben auf der Rückseite als Dämpfungspumpe auszubilden. Bei anderen Antrieben verwendet man hierfür besondere Pufferungen, die teils ebenfalls auf dem Prinzip der Luft- oder Flüssigkeitsdämpfung beruhen, teils aus federnden und kraftverzehrenden Dämpfungselementen bestehen, die in vielen Fällen auch kombiniert werden. Leider haben Flüssigkeitsdämpfungen den Nachteil einer gewissen Temperaturabhängigkeit und sind besonders auch dort nicht gut brauchbar, wo sie verhältnismäßig selten in

Digitized by Google

Tätigkeit treten, wie das ja im allgemeinen bei Antrieben zutrifft. Als kraftverzehrendes Mittel hat sich außer Holz vor allem Leder recht gut bewährt.

2. Betriebsicherheit.

Die Forderung nach Betriebsicherheit bedingt für den Antrieb nicht nur eine wohldurchdachte Konstruktion, sondern auch eine gewissenhafte Fabrikation, die beide durch entsprechende Prüfungen überwacht werden müssen. Konstruktive Verbesserungen werden durch eine umfassende Modellprüfung eingeleitet, die für alle Neukonstruktionen die schärfste Beanspruchung darstellt. Weniger eingehend, aber nicht minder gewissenhaft als die Modellprüfung wird die Stückprüfung gehandhabt. Die erste Kontrolle auf saubere Ausführung, auf gewissenhafte Bearbeitung usw. liegt in Händen der Revision der Werkstatt selbst und wird ergänzt durch die eigentliche Prüfung auf dem Prüfstand. Eine letzte Überprüfung endlich erfahren die Apparate vor der Inbetriebsetzung in der Anlage. In den meisten Fällen wird später selbst in jahrelangem Betrieb die Zahl der Schaltungen nicht erreicht, die hier in wenigen Stunden vorgenommen werden.

In sehr vielen Fällen liegt denn auch ein mitunter auftretender Versager nicht auf diesem Gebiete, sondern ist gerade darauf zurückzuführen, daß ein Apparat sehr lange Zeit nicht gearbeitet hat. Dann kann es z. B. vorkommen, daß in den Lagerungen sich Rost ansetzt, der das einwandfreie Arbeiten stark beeinträchtigt. Dagegen kann man sich nicht nur durch entsprechende Konstruktion des Antriebes, sondern auch durch zweckmäßige Projektierung, d. h. möglichst einfachen Einbau des Antriebes schützen. Dazu gehört, daß zwischen den Wellen von Antrieb und Ölschalter möglichst Übertragungen in Gestalt von Zahnrädern oder Kettentrieben oder umständlicher Gestänge vermieden werden. Die Verwendung von einstellbaren Kugellagern hat sich hier als sehr glückliche Maßnahme erwiesen, weil durch die Einstellbarkeit solcher Lager auch kleine Änderungen im Mauerwerk (Senkungen usw.) ausgeglichen werden können.

Wie wichtig diese Fragen auch für die Konstruktion des Ölschalters sind, kann ein Blick auf Abb. 11 lehren, wo die ausschaltenden Kräfte zweier Ölschalter mit 90° bzw. 150° Schaltwinkel dargestellt sind. Der Hub und die auf die Traverse wirkende Kraft der Ausschaltfedern bei beiden Typen ist gleich. Das für die Ausschaltung bzw. für das Entklinken der Freiauslösung zur Verfügung stehende Moment erhält man, wenn man die auf die Traverse wirkende Kraft p sinngemäß nach der Ölschalterkurbel verlegt, wo man die so gewonnene Kraft p' in die beiden Komponenten p_t und p_a zerlegt. Durch Multiplikation des Kurbelradius mit der tangential wirkenden Kraftkomponente p_t ergibt sich das ausschaltende Moment, während die Kraft p_a als Druckkraft im Kurbellager wirkt. Sie nimmt mit dem Schaltwinkel zu und wirkt auch insofern ungünstig, als sie wegen Verdrängung des schützenden Ölfilms Verrostungen begünstigt.

Aber selbst wenn durch die Konstruktion des Ölschalters ein genügendes Ausschaltmoment gegeben ist, wird es häufig durch unglückliche Kupplung zwischen Ölschalter und Antrieb wieder zunichte gemacht. Ganz abgesehen von Kegeltrieben ist hier vor allem der einarmige Gestängeantrieb zu nennen, der häufig zu unliebsamen Verklemmungen führt. In solchen Fällen ist es ratsamer, zum doppelarmigen Gestängetrieb zu greifen, selbst wenn man dadurch den Nachteil in Kauf nehmen muß, daß infolge größerer zu beschleunigender Massen die Ausschaltgeschwindigkeit beeinträchtigt wird. Durch Verwendung leichter Rohrstücke kann man dieser Erscheinung sehr wirksam entgegentreten.

Aus dem letzten Grunde hat man in neuerer Zeit teilweise wieder auf eine bereits seit mehreren Jahren verlassene Konstruktion zurückgegriffen, bei der der Antrieb von der Freiauslösung getrennt ist, so daß vor der Wand der Antrieb und unmittelbar am Ölschalter die Freiauslösung sitzt. Dadurch wird natürlich die Einheit des Antriebes, die durch die entgegengesetzte Bauweise gewonnen war, wieder zerstört.

Günstiger liegen im allgemeinen die Verhältnisse in Freiluftanlagen, weil sich hier fast durchweg umständliche Übertragungsglieder vermeiden lassen und Ölschalter und Antrieb durch eine einfache und leicht lösbare Klauenkupplung starr verbunden sind. Dagegen bereitet es hier Schwierigkeiten, den Antrieb in vollem Umfange vor den Einflüssen der Witterung zu schützen, u. zw. sind es weniger direkte Regen- oder Schneefälle, die eine Gefährdung der Isolation und blanker Metallteile bedeuten, als vielmehr Temperaturschwankungen, die die Luftfeuchtigkeit an diesen Stellen niederschlagen und durch Schwitzwasser und Rauhreifbildung im Innern des Antriebes üble Störenfriede werden. Als Schutzmaßnahme dagegen hat man entweder die einfache oder die doppelte Kapselung angewandt. Bei der ersten wird der Antrieb möglichst sorgfältig abgedichtet, für die Ventilierung werden labyrinthartig ausgebildete Atmungslöcher vorgesehen. Verwendet man die doppelte Kapselung, so wird eine besonders sorgfältige Abdichtung nicht nötig, da der Antrieb als normale Innenraum-Ausführung nochmals ein vollständiges Schutzhaus erhält, das lediglich gegen direkt eindringenden Regen Schutz bieten muß. Die zwischen den beiden Wandungen vorhandene Luft bildet ein gut isolierendes Medium, so daß Rauhreif- und Feuchtigkeits-Niederschläge selbst infolge sehr jäher Temperaturstürze kaum auftreten. Der Nachteil dieser Anordnung sind natürlich eine etwas ausgedehntere Baugröße und höherer Preis. Man gewinnt jedoch bei dieser Ausführung außer einer guten Kapselung noch den Vorteil, daß Revisions- und Überholungsarbeiten im Antrieb, auch bei schlechtem Wetter, vorgenommen werden können.

Wie bei Innenraum-Ausführungen wird man jedoch im allgemeinen trotz dieser Schutzmaßnahme gegen Feuchtigkeits-Niederschläge die gefährdeten Teile, das sind vorzugsweise die Isolations- und blanken beweglichen Metallteile, durch zweckmäßige Ausgestaltung und Anordnung vor Minderung bewahren. Blanke Teile werden deshalb teils verzinkt, teils verkupfert. Lagerstellen müssen grundsätzlich mit Ölern bzw. bei schlechter Zugänglichkeit mit Ölleitungen oder mit Staufferbüchsen ausgerüstet werden. Die Isolation muß durch Verwendung einwandfreien Materials und ausreichende Kriechwege auf voller Höhe gehalten werden. Dazu gehört, daß man die NGA-Leitungen nicht auf dem Metall, sondern unter Zwischenschaltung von lackiertem Preßspan oder Hartpapier verlegt und sie so führt, daß sie betriebsmäßig vor Verunreinigung mit Öl oder Fett bewahrt bleiben, weil diese Stoffe die Gummiisolierung gefährden. In allen Fällen empfiehlt es sich, entweder stark gewachste NGA-Leitungen zu verwenden oder sie mit einem dauerhaften Schutzanstrich zu überziehen. Mit diesen Maßnahmen hat das Sachsenwerk die besten Erfahrungen machen können.

Wenn es auf diese Weise gelingt, eine zuverlässige Isolation zu erhalten, so wird man bereits zu einem großen Teil gegen ungewollte Schaltungen geschützt sein, die nicht nur schwere Betriebstörungen hervorrufen, sondern auch Menschenleben gefährden können. In manchen Anlagen hat man alle Steuer- und Signalleitungen zweipolig über die entsprechenden Steuer- und Signalorgane geführt, um zu verhindern, daß bei auftretendem Erdschluß ungewollte Ein- bzw. Ausschaltungen vorkommen oder unzutreffende Schalterstellungen signalisiert werden. Aber auch durch Erschütterungen können ungewollte Schaltungen eingeleitet werden, wie sie z. B. durch schwere Lastwagen hervorgerufen werden, die in der Nachbarschaft vorbeifahren. Es gehört deshalb zur Modellprüfung, die entsprechenden Untersuchungen bereits in der Fabrik anzustellen. In den meisten Fällen wird es hier darauf hinauslaufen, einen Kompromiß zu schließen, indem die Steuerleistungen für ferngesteuerte Antriebe in Rücksicht auf Signal- und Relaiskontakte sowie auf Spannungsabfälle in den oft ausgedehnten Leitungen möglichst klein gehalten werden müssen. In ähnlichem Sinne wie gelegentliche Erschütterungen können Schwankungen in der Betätigungspannung wirken, wenn z. B. Magnetantriebe zu kräftig einschalten und dadurch die Verklinkung einer Freiauslösung, die nur geringe Auslösekräfte erfordert, herbeiführen. Die vom VDE zugelassene höchste Betriebspannung von 1,1 mal Nennspannung wird mitunter namentlich in ausgedehnten Anlagen überschritten, wenn in Rücksicht auf den beim Schalten weitentfernter Apparate auftretenden Spannungsabfall die Batteriespannung höher gehalten werden muß und damit der geschilderte Umstand für die ganz in der Nähe liegenden Apparate zutrifft. In solchen Fällen kann man sich nur durch entsprechende Ausbildung der Freiauslösung helfen und muß dann eben vergrößerte Steuerleistungen, vor allem für den Auslösemagnet, in Kauf nehmen.

Beim Druckluftantrieb bestand ein besonderes Bedenken gegen solche unfreiwilligen Schaltungen darin, daß man befürchtete, es könne bei irgendeiner Undichtigkeit im Steuerventil die Druckluft langsam unter den Arbeitskolben strömen und damit ein allmähliches Anheben der Traverse bewirken. Durch zweckmäßige Ausbildung der Steuerorgane (vgl. Abb. 12) ist es jedoch gelungen, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden.

Die Signalisierung der Schalterstellung, die ja nach den VDE-Vorschriften nicht nur rückwärts am Ölschalter, sondern auch am Antrieb vor der Bedienungswand erkennbar sein muß, wird in sehr vielen Fällen dadurch ermöglicht, daß der treibende Teil der Antriebswelle hohl

Digitized by Google

ausgebildet wird und daß in dieser Hohlwelle die Welle des Ölschalters bis vorn in den Bedienungsgang durchgeführt ist. In anderen Fällen, vor allem wenn die Ölschalterwelle nicht mit der des Antriebes fluchtet, sondern um ein bedeutendes Maß höher oder seitlich liegt, wird sie in entsprechender Verjüngung zur Signalisierung durch die Wand geführt. Übertragungsteile werden grundsätzlich als Störungsquellen vermieden.

Zur Fernmeldung werden vorzugsweise Signallampen, mitunter aber auch Schauzeichen verwendet. Beim Einbau von Signallampen muß darauf geachtet werden, daß die in ihnen entwickelte Wärme in genügendem Maße abgeführt werden kann, da sonst nicht nur ein unverantwortlicher Verbrauch von Signallampen einsetzt, sondern auch der Betrieb unnötig gestört wird. Es ist ferner unbedingt zu empfehlen, Signallampen mit normalem Edison-Gewinde zu verwenden und nicht Lampen mit Mignon-Gewinde einzubauen. Fast genau so lästig wie das Durchbrennen der Signallampen ist ihr Lockerwerden in den Fassungen, wie es durch Erschütterungen beim Schalten leider immer wieder auftritt. Ohne besondere Maßnahmen oder Spezialfassungen kann man hier kaum zu einer einwandfreien Betriebsführung gelangen. Die Signalkontakte, die von manchen Firmen auch als Signalscheiben ausgebildet sind, sollten grundsätzlich vorn im Antrieb und nicht in der Hochspannungszelle am Ölschalter untergebracht sein. Ihr sicheres Arbeiten wird bei einfachen Kupplungsverhältnissen zwischen Ölschalter und Antrieb bei dieser Anordnung auch dann gewährleistet, ganz abgesehen davon, daß die in der Schalterzelle bei Kurzschlußabschaltungen entstehenden Schaltergase, die nicht in allen Fällen ins Freie abgeführt werden, nicht durch den Gang eines Signalkontaktes entzündet werden können. Selbstverständlich müssen die zur Steuerung der Signalkontakte dienenden Übertragungsglieder möglichst einfach und kräftig gehalten werden. Die Wichtigkeit einer zuverlässigen Isolation braucht nicht erst besonders betont zu werden. Um die Übersichtlichkeit im Antrieb zu erhöhen, sollten alle Signal- und Steuerleitungen zu einer leicht zugänglichen Klemmleiste geführt werden und an beiden Enden, d. h. an der Klemmleiste wie am jeweiligen Kontakt- oder Spulenanschluß eindeutig bezeichnet sein.

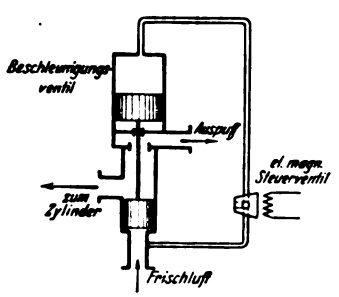


Abb. 12. Steuerorgane eines Druckluftantriebes.

3. Unabhängigkeit von äußeren Einflüssen.

Beim Ausbleiben der Betätigungspannung müssen die notwendigen Schaltungen von Hand ausgeführt werden können. Dies wird bei Schaltern, deren Spitzen-Einschaltmoment etwa bei 50 mkg liegt, meist ohne Schwierigkeit möglich sein, wenn nur bei der Projektierung darauf geachtet worden ist, daß die Antriebswelle sich in passender Höhe über dem Boden des Schaltganges befindet und der Durchmesser des Handrades bzw. der Radius des Schalthebels groß genug ist. Als ungefährer Maßstab dafür kann die Angabe dienen, daß an einem Handrad, dessen Mitte in Brusthöhe sich befindet, von einem Manne eine Umfangskraft von etwa 70 kg aufgebracht werden kann. Bei den Antrieben für schwerere Schalter wird meist eine Übersetzung notwendig, die eine gewisse Komplikation mit sich bringt, so daß es Konstruktionen auf dem Markte gibt, die bewußt auf die Handnotschaltung verzichten.

Solange es sich um die Bedienungsmöglichkeit bei Ausbleiben der Betätigungspannung handelt, schneiden Kraftspeicher- und Druckluftantrieb am günstigsten ab. Der erste besitzt wohl in allen Fällen außer dem motorischen Aufzug der Federn auch einen Handaufzug, mit dem das Federpaket gespannt werden kann. Dessen Auslösung wird dann ebenfalls von Hand vorgenommen. Der Gewichtskraftspeicher kann in gleicher Weise arbeiten. Ähnlich ist es beim Druckluftantrieb, für den der immer vorhandene Windkessel bei nur kurz dauerndem Ausbleiben der Spannung genügende Reserve bildet, während bei längerer Pause in der Stromspeisung des Kompressormotors preßluftgefüllte Stahlflaschen zur Auffüllung des Windkessels herangezogen werden können. Die Einschaltung wird dann wie beim Kraftspeicher von Hand ausgelöst.

Bei Motor- und Magnetantrieben bestehen derartige mechanische Notschaltmöglichkeiten nicht. Da sie jedoch in Verbindung mit schweren Schaltern immer die Bereitstellung einer großen Batterie erfordern, wird der Fall kaum eintreten, daß die speisende Spannung in der ganzen Anlage ausbleibt. Am einzelnen Antrieb wird man sich daher meist durch Einschrauben neuer Sicherungen helfen können. Die letztgenannten Antriebe sind dagegen ziemlich empfindlich gegen Schwankungen in der Betätigungspannung, die beim Laden der Batterie und bei gleichzeitigem Schalten mehrerer Antriebe besonders in weitverzweigten Anlagen, unvermeidbar sind. Die meisten der bauenden Firmen tragen diesem Umstand Rechnung, indem sie über die VDE-Vorschriften von ± 10 % hinaus die Arbeitsgrenzen nach oben und unten erweitern. Bei Motorantrieben mit Hauptschlußcharakteristik liegen die Verhältnisse etwas günstiger, da sich Schwankungen in der Betätigungspannung nur in einer Änderung der Schaltgeschwindigkeit auswirken, die Schaltbewegung selbst aber auch bei weit gesunkener Spannung noch sicher durchgeführt wird. Bei den Kraftspeichern, die für das Spannen der Federn grundsätzlich mit Hauptstrommotoren fahren, äußert sich das Sinken der Betätigungsspannung bis herab zu etwa 50 % nur in einer Vergrößerung der Aufzugzeit des Federpaketes. Beim Druckluftantrieb endlich wird das Arbeiten von Ein- und Ausschaltmagnet durch Schwankungen in der Betätigungsspannung so gut wie gar nicht beeinflußt. Schwankungen im Betätigungsdruck aber äußern sich infolge des weichen Arbeitens nur in einer Änderung der Schaltgeschwindigkeit.

Die Einflüsse der Temperatur sind unmittelbar wohl bei keiner Antriebstype zu fürchten, da praktisch nicht so hohe Temperaturen auftreten, daß mit Wicklungen versehene Apparate infolge der Widerstandzunahme, die für Kupfer und 2,5 ° nur 1 % beträgt, in ihrem Arbeiten beeinträchtigt sind. Dagegen kann hier nach einer größeren Zahl von Schaltungen die Widerstandzunahme infolge der Erwärmung von Einfluß werden. Die praktische, nur geringe Schalthäufigkeit jedoch läßt diesen Umstand nicht störend in Erscheinung treten. Höchstens auf dem Prüfstand macht sich diese Widerstandserhöhung unliebsam bemerkbar. Umgekehrt gilt für den Druckluftantrieb, daß infolge der intermittierenden Entlüftung eine Vereisung der Ventile nicht auftritt, wenn deren Auslaßquerschnitte sehr reichlich bemessen und außerdem Arbeits- und Steuerluft getrennt sind.

Aus diesen Gründen sind weniger abnorm hohe oder niedrige Temperaturen bedenklich als jähe Temperaturschwankungen, deren Einflüsse bei der Behandlung von Freiluftapparaten bereits beschrieben wurden. Temperaturstürze treten vorzugsweise ein bei Sonnenaufgang und plötzlich einsetzenden Regengüssen. Gegen die ersten kann man sich teilweise durch entsprechenden Anstrich schützen, indem eine helle Außen- und dunkle Innenfarbe den Temperaturausgleich infolge der beginnenden Sonnenbestrahlung gegenüber ganz dunklem Anstrich verlangsamen können.

4. Leichte Einbaumöglichkeit.

Wenn man noch die vierte und letzte Hauptforderung an die Antriebe von Hochspannungsapparaten betrachtet, so kann man sich ziemlich kurz fassen, da im vorhergehenden fast alles hier Einschlägige bereits gesagt ist. Die Einfachheit im Aufbau des Antriebes selbst ist vorzugsweise eine Angelegenheit der konstruktiven Ausbildung, wird aber, wie die eingangs skizzierte Aufstellung über die konstruktiven Grundelemente lehrt, auch durch die grundsätzliche Arbeitsweise stark bedingt.

Allen Antrieben gemeinsam sollte die Unterbringung der Steuer-, Signal- und Arbeitsorgane vor der Wand der Hochspannungszelle im Bedienungsgang sein. Die Gründe, die hierfür sprechen, sind größtenteils bereits genannt worden, so daß hier nur noch auf die möglichst leichte Auswechselbarkeit der Schalter bei Störungen und zu Überholungzwecken hingewiesen sei. Als einfachstes Verbindungsglied hat sich die Klauenkupplung unter Zwischenschaltung eines losen Eisenkreuzes eingebürgert, das den beachtlichen Vorteil bietet, auch dann einwandfrei zu arbeiten, wenn die Wellen von Antrieb und Schalter nicht genau fluchten. Häufig — vor allem in Freiluftanlagen oder bei provisorischer Montage — fügt man noch zwischen Antrieb und Schalter bzw. beim Dreikesselschalter zwischen die einzelnen Phasen ein Kardangelenk und wird dadurch vor allem von Senkungen des Bodens, der Fahrschienen oder des Mauerwerkes unabhängig.

Solange nun jeder Lieferant von Ölschaltern dazu auch die Antriebe liefert, ist es nicht notwendig, diese Antriebe für andere Schaltrichtung oder andere Dreh-

Digitized by Google

winkel zu bauen, als sie seine Schalter besitzen. Denn meist werden diese Werte bei der gleichen Firma bei allen Konstruktionen und Typen beibehalten. Anders liegen die Verhältnisse jedoch, wenn es sich um Ausbau einer bereits bestehenden Anlage handelt, wo es mitunter vorkommt, daß Ölschalter einer fremden Firma mit Fernantrieben auszurüsten sind. Hier ist dann meist nur mit Zwischenschaltung entsprechender Übersetzungsglieder auszukommen, deren Einfügung auf Grund der obigen Betrachtungen nicht gerade begrüßenswert ist. Eine Vereinheitlichung der Konstruktionen in dieser Hinsicht wird sich aus begreiflichen Gründen in absehbarer Zeit nicht erreichen lassen.

Die leichte Einbaumöglichkeit wird letzten Endes, wenn man die gesamte Anlage betrachtet, nicht zum geringsten Teil beeinflußt durch die Hilfsmittel, die zur Betätigung von Fernantrieben bereitzustellen sind. Magnetantriebe benötigen z. B. für ein Schaltermoment von etwa 100 mkg je nach der Konstruktion Einschaltleistungen in der Größenordnung von 20 kW. Das sind bei 220 V Ströme von etwa 100 A, die schon ziemlich große Batterien erfordern. Ihnen gegenüber steht für den Druckluftantrieb ein Kompressorsatz und die Verlegung ausgedehnter Rohrleitungen, die in Hinblick auf volle Dichtigkeit verschweißt werden müssen.

Während bisher alle Betrachtungen sich auf den Antrieb als Einschaltvorrichtung beschränkten, soll zum Schluß noch darauf hingewiesen werden, daß Druckluftantriebe auch für Ein- und Ausschalten entwickelt wurden. Ein Vorteil dieser Antriebe, daß das Wiederhochspringen der Traverse vermieden ist, läßt sich auch durch Anordnung einer entsprechenden Dämpfungsvorrichtung im Ölschalter erreichen, mit der die Bewegung der Traverse allmählich abgefangen werden kann. Dagegen können bei einer zusätzlich zur Verfügung stehenden Ausschaltkraft gelegentlich vorkommende Verklemmungen oder Festfressungen überwunden werden. Diese Gründe sprechen jedoch noch nicht laut genug dafür, eine Komplikation in Kauf zu nehmen, die durch das Ausschalten mit Druckluft bedingt wird und einen nicht unwesentlichen Mehrpreis gegenüber dem einfachwirkenden Antrieb verursacht. Dagegen sind in Rücksicht auf einen möglichst fein gestaffelten Selektivschutz die Eigenzeiten der Ölschalter wesentlich herabzusetzen. Es sei hier angemerkt, daß gegen Ende des vorigen Jahres im Elektrotechnischen Verein in Dresden gelegentlich der Diskussion zu einem Vortrag über den Selektivschutz von BBC Werte von 0,5 ... 0,7 s für die Eigenzeit von Ölschaltern genannt wurden, die längere Zeit ohne besondere Überholung im Betrieb waren und die fabrikneu nur 0,1 ... 0,2 s aufwiesen. Anderseits haben amerikanische Versuche[1] namentlich in ausgedehnten Netzen die Notwendigkeit erwiesen, im Interesse ausreichender Staffelungsmöglichkeit die Eigenzeit von Ölschaltern tunlichst herabzusetzen oder zum mindesten konstant zu halten.

[1] J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 46, S. 1340.

Die Berechnung des Verschiedenheitsfaktors.

Von Oberingenieur **S. Prochoroff**, Detskoje Sselo.

Übersicht. **Auf Grund der Wahrscheinlichkeitsrechnung wird ein Nomogramm für die Bestimmung des Verschiedenheitsfaktors aufgestellt und dabei die Maximalbelastung eines Netzes dadurch bestimmt, daß deren Wert während einer gewissen Zeitdauer, z. B. der Einstellungszeit eines Relais, beibehalten wird. Kürzere Belastungstöße werden deshalb außer acht bleiben.**

Herr Prof. Dettmar hat 1926 in der ETZ einen Aufsatz über die Berechnung des Verschiedenheitsfaktors veröffentlicht[1]. Der Begriff dieses Faktors (v) wurde folgendermaßen bestimmt:

$$v = \frac{\text{Summe der Höchstwerte der Einzelbelastungen}}{\text{Höchstbelastung im Elektrizitätswerk}}. \quad (1)$$

Der Nenner dieses Ausdrucks wurde auf Grund der Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung ermittelt. Entsprechender Rechnungsgang ist eigentlich identisch mit Ermittlung des Mittelwertes der Belastung, bezogen auf die Zeitdauer, während der eine Belastung wahrscheinlich vorhanden ist.

Nachstehend soll der Verschiedenheitsfaktor laut Ausdruck (1) berechnet werden, jedoch für den Fall, daß im Nenner nicht die wahrscheinliche (d. h. mittlere) Belastung im Elektrizitätswerk, sondern die größte Belastung steht, deren Dauer eine im voraus bestimmte Grenze nicht unterschreitet. Diese Änderung scheint den von Dettmar ins Auge gefaßten Folgerungen für die Wirtschaft eines Elektrizitätswerks vollständig zu entsprechen. Die Anlagekosten hängen von der Nominalleistung der Maschinen ab und letztere von der Abschaltleistung der Automaten, welche für eine gewisse kleine Zeitdauer von 0,5 bis etwa 5 s aufgestellt werden können.

Ein Zusammenhang zwischen dem Wert einer Belastung und dessen Dauer wurde bis jetzt bei der Bestimmung der Maximalbelastung eines Netzes fast nie beachtet. Ing. J. L'Hermitte[2] hat vor einigen Monaten einen Berechnungsgang für die Ermittlung einer Netzbelastung veröffentlicht, in welchem er weder die Dauer der Belastungsspitzen noch die der Einzelbelastungen berücksichtigt.

Ing. N. Kostromitin[3] hat sich mit der Frage der Berechnung der wahrscheinlichen Zahl der Abschaltungen durch Maximalschutz in den Bahnumformerwerken beschäftigt. Die Untersuchungen dieses Verfassers beziehen sich auf einen speziellen Fall, doch wurde in seinem Aufsatz der Zusammenhang zwischen dem Belastungswert einer Unterstation und dem Zeitabschnitt, während dessen dieser Wert bestehen bleibt, deutlich zum Ausdruck gebracht.

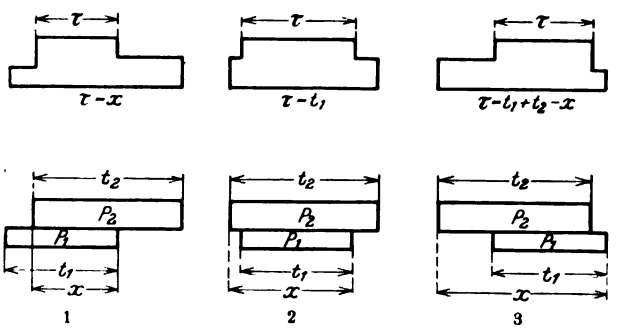


Abb. 1. Drei Phasen des Zusammenfallens zweier Belastungen.

Die jeweilige Belastung ist als Summe der zeitlich zusammenfallenden Einzelbelastungen gebildet. Je mehr Anschlüsse vorhanden sind und je kürzer die Einschaltdauer einzelner Abnehmer wird, desto kürzer wird die Dauer des Zusammenfallens der Belastungen sämtlicher Abnehmer. In den meisten Fällen wird die wahrscheinliche Dauer des Zusammenfallens der Einschaltzeiten eines bedeutenden Teils der Abnehmer so kurz, daß sich weder Relais betätigen werden noch andere störende Wirkungen zu erwarten sind. Man soll deshalb für den Wert der Höchstbelastung eines Netzes die Summe einer solchen Anzahl von Einzelbelastungen einsetzen, deren Zusammenfall wahrscheinlich noch die vorgeschriebene Zeit dauert.

Um den Wert der Höchstbelastung solcher Dauer zu bestimmen, wollen wir zuerst die wahrscheinliche Dauer der Summe von zwei Belastungen P_1 und P_2 berechnen. Nehmen wir an, daß die Belastungen je eine Dauer t_1 bzw. t_2 besitzen und jede sich in zufälligen Zeitabschnitten s_1- bzw. s_2-mal während einer Arbeitsperiode T_t (z. B. einer Fabrikschicht) wiederholt.

Sei ferner $t_1 < t_2$, und seien die Benutzungfaktoren

$$u_1 = \frac{s_1 t_1}{T_t}; \quad u_2 = \frac{s_2 t_2}{T_t}.$$

Die Faktoren u_1 und u_2 stellen das Verhältnis der Einschaltzeit zu der Dauer der ganzen Periode dar (Benutzungsfaktor).

[1] „Über den Ausgleich der Einzelbelastungen bei Elektrizitätswerken (Verschiedenheitsfaktor)". ETZ 1926, S. 33 ff. Ein Sonderdruck des Aufsatzes ist im Verlag von Julius Springer erschienen und kann von diesem bezogen werden.

[2] „Evaluation de la puissance moyenne probable dans une distribution d'énergie électrique". Rev. Gén. de l'El. Bd. 25, 1929, S. 835.

[3] „Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung für die Ermittlung der Leistung einer Bahnunterstation". Electricestwo 1927, Nr. 2, S. 63 ff.

Digitized by Google

Ferner nehmen wir an, daß die Wahrscheinlichkeitsdichte des Vorhandenseins einer Belastung während der ganzen Periode T_t konstant gleich A ist.

Das Integral der Wahrscheinlichkeit

$$W = \frac{1}{s_1} \int_0^{T_t} A \, \mathrm{d}x = 1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

soll die Tatsache ausdrücken, daß die Belastung P_1 s_1-mal während der Arbeitsperiode T_t vorkommt.

Aus Gleichung (2) ergibt sich:

$$A_1 = \frac{s_1}{T_t} = \frac{u_1}{t_1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Um die wahrscheinliche Dauer des Zusammenfallens der zwei Belastungen zu berechnen, wollen wir folgende drei Phasen der relativen Lage beider Belastungen während des Zusammenfallens betrachten (Abb. 1):

1. Es beginnt die Überdeckungszeit der Belastung P_1 durch die Belastung P_2. Die Dauer der zusammengesetzten Belastung $P_1 + P_2$ liegt zwischen 0 und t_1.
2. Die Belastung P_2 überdeckt die Belastung P_1 vollständig. Die Dauer der Gesamtbelastung bleibt während dieser Phase konstant und gleich t_1.
3. Die Überdeckung der Belastungen endet, die Dauer der Gesamtbelastung variiert zwischen t_1 und 0.

Bezeichnen wir den Zeitabstand zwischen dem Beginn der Belastung P_1 und dem Ende der Belastung P_2 mit x, so wird die Dauer der Gesamtbelastung $P_1 + P_2$ während

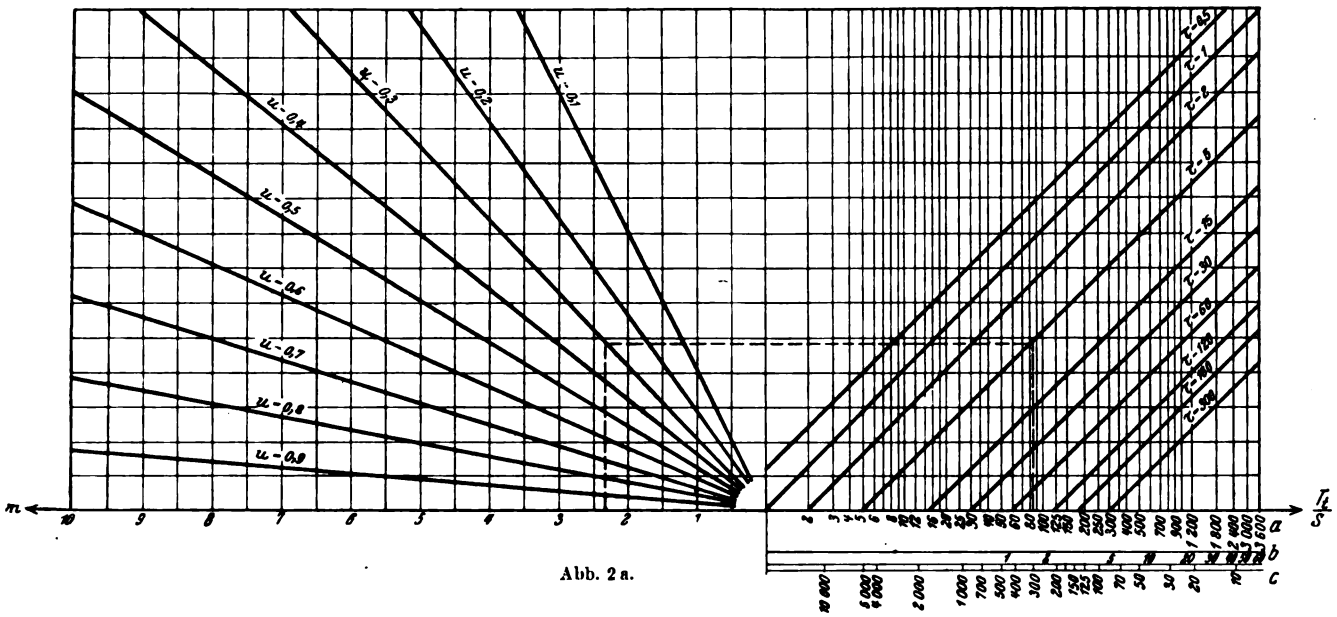


Abb. 2a.

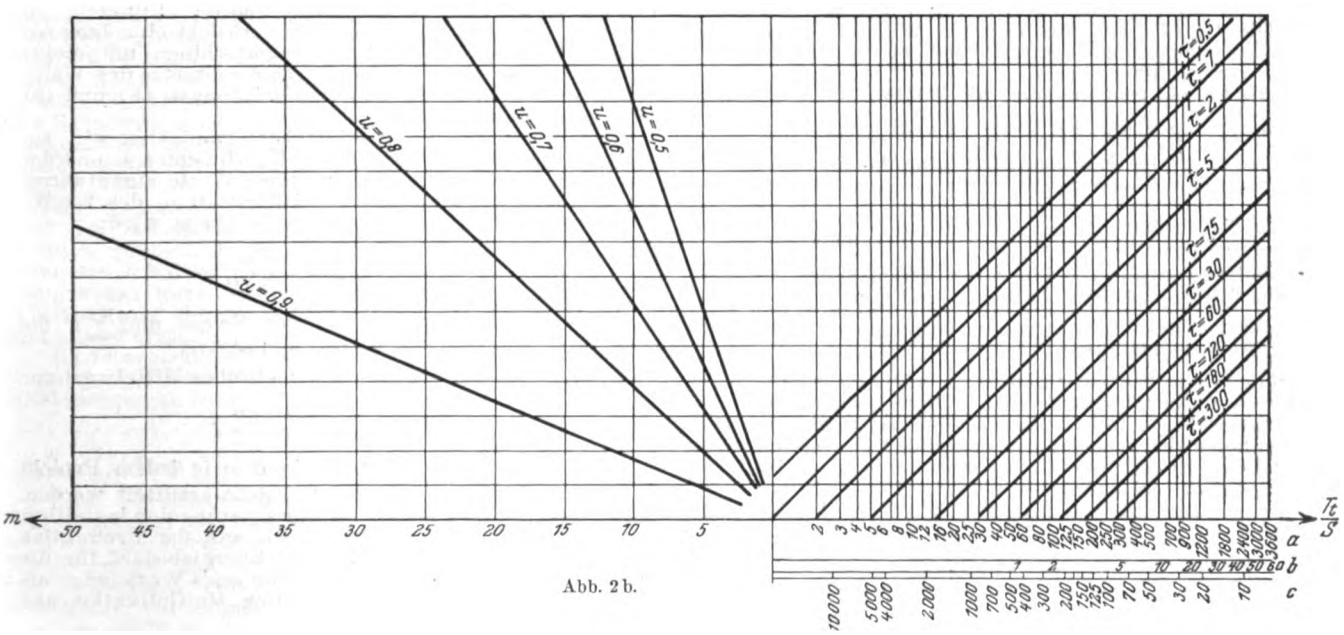


Abb. 2b.

Abb. 2. Nomogramm für kleinere (2a) und größere (2b) Benutzungsfaktoren nach Gl. 6. Rechts unten geben die Zahlen a die Dauer eines Arbeitsvorgangs in Sekunden, die Zahlen b dieselbe in Minuten und die Werte c die Anzahl der Arbeitsvorgänge in der 7-Stundenschicht an. Das Nomogramm besteht aus zwei Hälften. Die Abszisse der rechten Hälfte stellt die Dauer eines Arbeitsvorgangs t (in Sekunden oder Minuten) bzw. die Anzahl s der Arbeitsvorgänge während einer Schicht (die Zahlen des Nomogramms beziehen sich auf 7-stündige Schicht) dar. Die Abszisse der linken Hälfte gibt die Anzahl m einzelner Abnehmer wieder, für welche die Dauer der Summe der Belastungen eine vorgeschriebene Grenze τ (schräge Linien der rechten Seite) bei einem jeweiligen Benutzungsfaktor u (schräge Linien der linken Seite) nicht überschreitet. Die gestrichelte Linie zeigt den Gang der Berechnung für $t = 85$ s, $\tau = 0{,}5$ s, $u = 0{,}3$ (d. h. für eine Schaltdauer von etwa 27 s). Der gefundene Wert $m = 2{,}4$ gibt an, daß schon bei drei Abnehmern (z. B. Motoren) ein Zusammenfallen aller drei Belastungen wahrscheinlich weniger als 5 s dauern wird. Eine ähnliche Berechnung würde zeigen, daß die wahrscheinliche Dauer eines Zusammenfallens von 5 Belastungen 0,5 s nicht überschreiten wird. Besitzen wir z. B. 10 Motoren, so stellt sich der Verschiedenheitsfaktor bei $\tau = 0{,}5$ s auf $v = \frac{10}{5} = 2$ und bei $\tau = 5$ s auf $v = \frac{10}{3} = 3{,}33$. Bei 12 Motoren beträgt er im ersten Fall $v = \frac{12}{5} = 2{,}4$, im zweiten $v = \frac{1}{u} = 3{,}33$, weil $\frac{12}{3} > \frac{1}{u}$ ist.

Digitized by Google

der Phase 1 gleich x und während der Phase 3 gleich $t_1 + t_2 - x$.

Um die Rechnung zu vereinfachen, nehmen wir an, daß $s_1 = s_2 = s$ ist. Die Wahrscheinlichkeitsdichte des Vorhandenseins der Belastung wird dann

$$A = \frac{s_1}{T_t}$$

für beide Belastungen gleich.

Die wahrscheinliche Dauer τ der Gesamtbelastung wird nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung folgendermaßen ausgedrückt:

$$\tau = \frac{1}{A}\left[\int_0^{t_1} x\,\mathrm{d}x + \int_{t_1}^{t} t_1\,\mathrm{d}x + \int_{t_2}^{t_1+t_2} (t_1 + t_2 - x)\,\mathrm{d}x\right] = \frac{t_1 t_2}{A}. \quad (4)$$

oder:

$$\tau = \frac{s\,t_1 t_2}{T_t} = u_1 u_2 \frac{T_t}{s} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Die Dauer der zusammenfallenden drei Belastungen wird nach den Lehrsätzen der Multiplikation der Wahrscheinlichkeit:

$$\tau_3 = u_1 u_2 u_3 \frac{T_t}{s} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5')$$

Die Dauer der Summe von m Belastungen wird

$$\tau_m = u_1 u_2 \ldots u_m \frac{T_t}{s} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5'')$$

Nehmen wir ferner an, wie es auch Dettmar getan hat, daß alle u untereinander gleich sind, so erhalten wir die Grundgleichung

$$\tau = u^m \frac{T_t}{s} = u^m t \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Mit Hilfe dieser Gleichung läßt sich die Belastungsdauer im Werk, welche Dettmar für verschiedene Fälle auf kompliziertem Wege berechnete, sehr einfach als Funktion der u, m und $t = \frac{T_t}{s}$ ausdrücken.

Die Dauer sämtlicher Belastungen, falls solche sich in der Zeit nicht überdecken, ist $m\,u\,t$. Von dieser Dauer sind die wahrscheinlichen Dauern des Zusammenfallens der Belastungen zu je zwei, je drei usw. abzuziehen:

$$B_W = m\,u\,t - \left[C_2^m u^2 t + C_3^m u^3 t + \ldots + C_m^m u^n t\right]$$
$$= t\left[2m + 1 - (1+u)^m\right] \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Die Gl. (7) gibt für die von Dettmar berechneten Fälle dieselben numerischen Größen, wie sie im erwähnten Aufsatz aufgeführt sind.

Die Gl. (6) gibt uns auch die Möglichkeit, die Zahl m der Belastungen gleicher Dauer t und Periodizität $\frac{T_t}{s}$ zu berechnen, deren Zusammenfall eine bestimmte Grenzdauer τ (Zeiteinstellung der Relais) nicht überschreiten wird.

In den Nomogrammen Abb. 2a und 2b ist die Gl. (6) wiedergegeben.

Stellen wir uns vor, daß wir n Stromabnehmer haben, welche folgendermaßen charakterisiert sind:

Zahl der Arbeitsvorgänge je Schicht . . s,
Benutzungsfaktor . . . . . u,

so können wir für jede Grenzdauer τ eine bestimmte Zahl m aus dem Nomogramm finden. Diese Zahl bedeutet die höchste wahrscheinliche Anzahl der zusammenfallenden Belastungen, bei welcher die Dauer der Gesamtbelastung kürzer als die Relaiszeiteinstellung und deshalb im Elektrizitätswerk nicht registriert wird.

Auf Grund dieser Tatsache wird der Verschiedenheitsfaktor

$$v = \frac{\text{Summe der Leistungen sämtlicher } n \text{ Abnehmer}}{\text{Summe der Belastungen von } m \text{ größten Abnehmern}}. \quad (8)$$

Sind alle Belastungen untereinander gleich, so ist

$$v = \frac{n}{m}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Die Richtigkeit der Gleichungen (8) und (9) ist durch die Bedingung begrenzt, daß

$$v \geq \frac{1}{u} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

werden muß, da bei vollständigem Ausgleich der Belastungen die mittlere Belastung zugleich die größte ist.

Sämtliche Auseinandersetzungen, aus welchen die Gleichungen (8), (9) und (10) folgen, beziehen sich auf die Summierung der Belastungen mit gleicher Periodizität $T_t : s = t$ (d. h. für die gleiche Anzahl der Arbeitsvorgänge). Ist dies nicht der Fall und

$$s_1 \neq s_2 \neq s_3 \text{ usw.},$$

so kann man die Wahrscheinlichkeitsdichte A [Gl. (3)] für solche Belastungen während der ganzen Arbeitsperiode T_t nicht als konstant betrachten. Es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß bei einer gewissen Beziehung zwischen den Größen s_1 und s_2 ein Zusammenfallen der Belastungen für die ganze Dauer der kürzesten Belastung t_1 mindestens einmal während der Periode T_t stattfindet. Daher sind die für gleiche s aufgestellten Gleichungen nicht ohne weiteres verwendbar.

Um eine Rechnung bei verschiedener Anzahl der Arbeitsvorgänge je Zeiteinheit ausführen zu können, teilen wir sämtliche Belastungen in Reihen mit gleichen s, d. h. in Gruppen mit gleicher Periodizität. Für jede Gruppe berechnen wir dann die Spitzenbelastungen wie oben angegeben. Bei der Berechnung der Höchstbelastung, welche im Netz bei der Arbeit der Abnehmer sämtlicher Reihen vorkommen kann, muß folgendes beachtet werden: Ein Zusammenfallen der Spitzen verschiedener Gruppen soll kürzer werden als die Dauer der kürzesten Spitze. Sollte die Dauer der Spitzen die Relaiszeiteinstellung τ nicht überschreiten, so ist auch die Belastung, welche durch Zusammenfallen der Spitzen verursacht wird, kürzer als τ und darf deshalb nicht in Betracht gezogen werden.

Höchstwahrscheinlich ist dagegen ein Zusammenfallen einer Spitze mit dem Mittelwert der Belastung anderer Abnehmer (mit der wahrscheinlichen Belastung dieser). Deshalb müssen wir, um die Höchstbelastung einiger Reihen von Abnehmern zu berechnen, die größte der Summen der Höchstbelastung einer Abnehmerreihe und der mittleren Belastung anderer Reihen finden.

Die oben vorgeführte Methode kann auch für die Gleichzeitigkeitsfaktor-Berechnung in den Werkstätten benutzt werden. Es ist jedoch zu beachten, daß auf Grund dieser Berechnung erzielte Resultate sich nur dort anwenden lassen, wo keine kinematische Verbindung in der Arbeit der Abnehmer vorhanden ist, d. h. wo sämtliche Vorgänge als rein unabhängig und zufällig anzusehen sind. Andernfalls ist die Wahrscheinlichkeitsrechnung nicht anwendbar. Sollte es sich aber um Berechnung des Gleichzeitigkeitsfaktors für eine Werkstatt handeln, in der die wirkliche „Maschinenzeit" und die „Ruhezeit" infolge der Geschicklichkeit oder der Absicht einzelner Arbeiter an verschiedenen Werkzeugmaschinen um einige Prozente abweichen, so treten schon die Gesetze der Wahrscheinlichkeit in Kraft, und die Gleichungen (8) und (9) sind völlig anwendbar.

Um die Arbeit zu vereinfachen, empfehlen wir, anstatt der Berechnung einzelner Koeffizienten u und der Zahl der Arbeitsvorgänge s mittlere Werte einzuführen. Dabei nehmen wir an, daß der Mittelwert u_0 des Koeffizienten u aus folgender Gleichung bestimmt wird:

$$u_0 = \frac{P_m T_t}{\sum P T_t} = \frac{P_m}{\sum P},$$

wo P_m die mittlere Belastung des Netzes und $\sum P$ die Summe der maximalen Belastungen bedeutet.

Für s_0 nehmen wir den arithmetischen Mittelwert an:

$$s_0 = \frac{s_1 + s_2 + \ldots s_n}{n}.$$

Die Werte $\sum P$, P_m und s_0 können in jedem Projekt für eine elektrische Anlage sehr leicht ermittelt werden. Man berechnet sie nämlich aus der Leistung der installierten Motoren, deren Belastungsgrad, aus der Produktion der Werkstatt und dem mittleren Energiebedarf für die Produktionseinheit sowie aus der für jedes Werkzeug vorgeschriebenen Arbeit mittels Addition, Multiplikation und Division.

Falls die Größe jeder einzelnen Belastung nicht viel von einem Mittelwert

$$P_{mw} = \frac{\sum P}{n}$$

abweicht, in dem n die Anzahl der Belastungen bezeichnet, wird der Verschiedenheitsfaktor durch die Gleichung

$$v = \frac{n}{m}$$

bestimmt, wo m aus dem Nomogramm (Abb. 2) zu entnehmen ist.

Digitized by Google

Bau von Motorschutzschaltern mit Rücksicht auf Motorschutz und Kurzschlußschutz.

Von Dr. **Alfred Cohn**, Berlin.

Übersicht. Versuche und Erfahrungen über Motorschutzschalter gaben dem Laboratorium der Schaltgerätefabrik der AEG Anlaß, die in diesen Schaltern sich abspielenden Vorgänge systematisch zu untersuchen. Daraus entwickelten sich dann die Unterlagen zu einer neuen Bauart von Motorschutzschaltern, die im Anhang beschrieben wird.

Motorschutzschalter mit thermischer Überstrom-Auslösung haben seit einer Reihe von Jahren große Verbreitung erlangt. Der VDE hat Leitsätze für ihre Konstruktion und Prüfung herausgegeben. Der Grundsatz, Motoren gegen zu hohe Erwärmung durch einen der Motorwicklung thermisch ähnlichen Wärmeauslöser zu schützen, der die Temperaturänderungen der Wicklung bis zu einem gewissen Grade mitmacht und bei Erreichung einer gewissen Temperatur den Motor vom Netz abschaltet, ist zweifellos richtiger und natürlicher als die Verwendung elektromagnetischer Auslösungen mit Hemmwerken oder die Benutzung von Schmelzsicherungen, die dem Motor

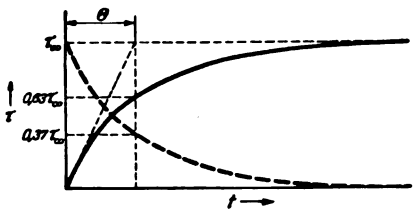


Abb. 1. Erwärmungs- und Abkühlungskurve.

nicht angepaßt sind. Die Verhältnisse liegen jedoch nicht so einfach, daß nun jeder Motorschutzschalter mit Wärmeauslösung seinen Motor einwandfrei schützt, sondern je nach der Bauart des Wärmeauslösers ist der Motorschutz mehr oder minder vollkommen. Zu der Forderung des einwandfreien Motorschutzes kommt noch die der weitgehenden Ausnutzung der zeitlichen Überlastbarkeit des Motors, und schließlich wird meistens auch verlangt, daß der Motorschutzschalter imstande ist, Kurzschlüsse im Motor oder dessen Zuleitungen abzuschalten. Wenn mit hohen Kurzschlußströmen zu rechnen ist, bedingt die letztere Forderung nicht nur eine hohe Abschaltleistung des Schalters, sondern auch eine hohe Kurzschlußfestigkeit der Wärmeauslöser. Da diese im allgemeinen thermisch beträchtlich höher beansprucht sind als die übrigen Teile des Schalters, so sind sie bei Kurzschluß unter Umständen thermisch gefährdet. Wenn sie durch die während der Abschaltzeit des Schalters zugeführte Wärme Schaden nehmen, z. B. schmelzen, zerreißen o. dgl., so rufen sie meistens Überschläge im Schalter hervor und bringen auf diese Weise selbst Schalter mit hoher Abschaltleistung durch ihre mangelnde Kurzschlußfestigkeit zum Versagen.

Im folgenden sind die wichtigsten Gesichtspunkte zusammengefaßt, die für die Erfüllung der drei genannten Forderungen zu beachten sind.

I. Theoretisches.

1. Erwärmungsgleichung.

Zum Verständnis der folgenden Betrachtungen über Wärmeauslöser muß an die bekannte Grundgleichung für den Erwärmungsvorgang und die Eigenschaften der Erwärmungskurve erinnert werden. Die Erwärmung eines einfachen homogenen Leiters bei konstanter Wärmezufuhr folgt bekanntlich dem Gesetz

$$\tau - \tau_0 = \tau_\infty \left(1 - e^{-\frac{t}{\vartheta}}\right), \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

die Abkühlung dagegen der Gleichung

$$\tau - \tau_0 = \tau_\infty e^{-\frac{t}{\vartheta}}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

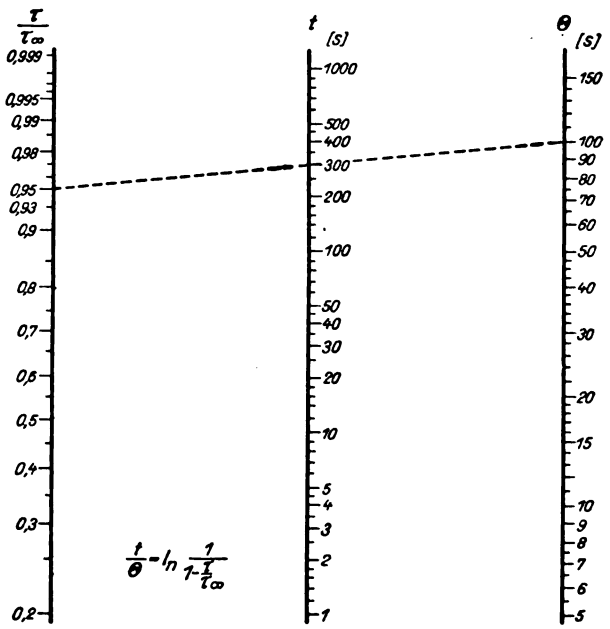
wobei bedeuten:

- τ Erwärmung (Übertemperatur) in °C,
- τ_0 Erwärmung zur Zeit $t = 0$,
- τ_∞ Enderwärmung nach Eintritt des Gleichgewichtszustandes zwischen zugeführter und abgeführter Wärme,
- e Basis der natürlichen Logarithmen,
- t Zeit in Sekunden,
- ϑ Wärmezeitkonstante in Sekunden.

Der Verlauf der Erwärmungs- und der Abkühlungskurven ist in Abb. 1 dargestellt für $\tau_0 = 0$. Durch Zeitkonstante und Enderwärmung sind Erwärmungs- und Abkühlungsvorgang in ihrem Verlauf festgelegt. Die Gl. (1) läßt sich für $\tau_0 = 0$ schreiben:

$$\frac{t}{\vartheta} = \ln \frac{1}{1 - \frac{\tau}{\tau_\infty}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Gl. (3) ist in Abb. 2 nomographisch dargestellt[1].



Beispiel: Bekannt: $\vartheta = 100$ s. Wie weit ist τ noch von τ_∞ entfernt nach $t = 300$ s? Verbinde $\vartheta = 100$ mit $t = 300$; Verbindungslinie schneidet auf Skala τ/τ_∞ 0,95 ab, d. h. es fehlen noch 5% an τ_∞.

Abb. 2. Erwärmungsvorgang.

2. Zeitkonstante.

Es ist wichtig, sich über den Begriff der Zeitkonstante eine klare Vorstellung zu verschaffen, da sie für den Wärmeschutz eine ausschlaggebende Rolle spielt. Ganz allgemein gilt nämlich:

a) Ein Wärmeauslöser schützt den von ihm überwachten Verbraucher unter allen Umständen — sofern sein Auslösegrenzstrom nahe genug über dem Nennstrom des Schützlings liegt —, wenn seine Zeitkonstante kleiner ist als die des Schützlings.

b) Ein Wärmeauslöser gestattet eine um so bessere Ausnutzung seines Schützlings, je näher seine Zeitkonstante an die des Schützlings herankommt.

Die Zeitkonstante ϑ ist physikalisch definiert als der Quotient von Wärmekapazität und Abkühlung:

$$\vartheta = \frac{c\,G}{h\,O}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

wobei bedeuten:

- c spezifische Wärme,
- G Gewicht,
- h Abkühlungsfaktor[2],
- O Oberfläche.

ϑ ergibt sich bekanntlich als Subtangente der Erwärmungskurve, also z. B., wie Abb. 1 zeigt, als der Abschnitt, den die Anfangstangente der Erwärmungskurve auf der Geraden τ_∞ abschneidet, u. zw. gilt das für alle Erwärmungskurven desselben Körpers, gleichviel wel-

[1] Die in diesem Aufsatz enthaltenen Nomogramme sind von den Herren Dr. Becker und Dausinger ausgeführt worden.

[2] Die Strahlung kann bei den behandelten Temperaturgebieten vernachlässigt werden.

Digitized by Google

chem τ_∞ sie zustreben. Das heißt physikalisch gesprochen. Θ ist gleich derjenigen Zeit, in der der Leiter bei beliebiger, jedoch konstanter Wärmezufuhr die Erwärmung τ_∞ erreichen würde, wenn keine Abkühlung stattfänge. Wie sich ferner leicht ableiten läßt, ist Θ gleich derjenigen Zeit, nach der die Erwärmung den Wert

$$\tau = 0{,}63\,\tau_\infty$$

erreicht hat. Dieser Wert ist in Abb. 1 eingetragen. Aus Abb. 2, in der die Erwärmungskurven nomographisch dargestellt sind, erhält man denselben Wert, wenn man gleiche Werte von t und Θ, z. B. 20 und 20 oder 100 und 100, miteinander verbindet; die Verbindungslinie schneidet auf der Skala τ/τ_∞ den Wert 0,63 ab. Entsprechend erhält man Θ aus der Abkühlungskurve als diejenige Zeit, nach der die Erwärmung auf den Betrag $\tau = 0{,}37\,\tau_\infty$ gesunken ist. Die Abkühlungskurve wird daher häufig zur Bestimmung der Zeitkonstante benutzt. Weitere Methoden zur Bestimmung von Θ sind weiter unten angegeben. Es sei ferner daran erinnert, daß die Erwärmung τ nach $t = 3\,\Theta$ nur noch 5 % unter τ_∞ liegt, nach $t = 5\,\Theta$ nur noch 0,67 %. Auch dies ist aus dem Nomogramm Abb. 2 leicht abzulesen.

Für Körper aus gleichartigen Materialien, die auch gleiche Oberflächenbeschaffenheit haben, z. B. Schienen aus Blankkupfer, ausgespannte Drähte (Hitzdrähte), Streifen aus Bimetall u. dgl. mehr, hängt die Zeitkonstante nur von der Form ab, denn c und h und das spezifische Gewicht sind konstant, d. h. es ist

$$\Theta = \text{konst.}\,\frac{V}{O} \qquad (V = \text{Volumen}).$$

Für Runddrähte gleichen Materials ist demnach die Zeitkonstante proportional dem Durchmesser. Von allen Körpern gleichen Inhalts hat die Kugel die größte Zeitkonstante, von gestreckten Leitern gleichen rechteckigen Querschnittes der mit quadratischem Querschnitt. Die Zeitkonstante von Runddrähten ist größer als die von Vierkantdrähten gleichen Querschnitts, am kleinsten ist die von dünnen Bändern.

3. Erwärmung durch Strom, Überstrom-Zeitcharakteristik.

Wird ein einfacher homogener Leiter vom Strom I durchflossen, z. B. ein Draht, dessen Einspannstellen so weit voneinander entfernt sind, daß sie die Wärmeabfuhr in dem betrachteten Drahtabschnitt nicht beeinflussen, so ist die Enderwärmung

$$\tau_\infty = b\,I^2,$$

wo b eine Konstante ist. Die Änderung der spezifischen Wärme und des spezifischen Widerstandes mit der Temperatur sind hierbei vernachlässigt. Dies gilt für jede beliebige Stromstärke innerhalb der durch die Vernachlässigungen gegebenen Grenzen. Es interessiert nun besonders zu wissen, in welcher Zeit t_a (Abb. 3) der Leiter,

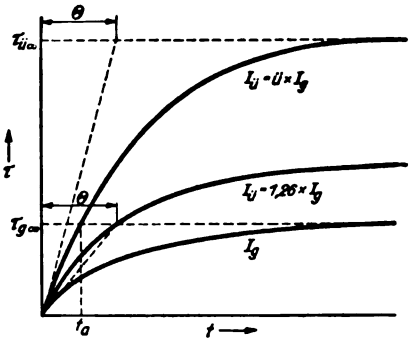


Abb. 3. Erwärmung bei Überstrom.

in diesem Falle ein Wärmeauslöser, beim Durchgang eines beliebigen Überstromes $I_{\ddot{u}}$ diejenige „Grenzerwärmung" $\tau_{g\infty}$ erreicht, die er bei Durchgang eines bestimmten Stromes, des Grenzstromes I_g, als Enderwärmung annimmt. Die Beziehung zwischen diesen Größen stellt die Überstrom-Zeitcharakteristik des Auslösers dar, d. h. den funktionalen Zusammenhang zwischen der Höhe des Überstromes und der Zeit t_a bis zur Erreichung der Grenzerwärmung, bei der die Abschaltung eingeleitet wird. Wir müssen also in der Gl. (3), die die allgemeine Beziehung zwischen t und τ herstellt, t ersetzen durch t_a, τ durch $b\,I_g^2$, τ_∞ durch $b\,I_{\ddot{u}}^2$. Die Gleichung erhält dann die Form:

$$t_a = \Theta \ln \frac{1}{1 - \left(\frac{I_g}{I_{\ddot{u}}}\right)^2}$$

oder wenn $I_{\ddot{u}} / I_g = \ddot{u}$ (Überstromverhältnis) gesetzt wird,

$$t_a = \Theta \ln \frac{\ddot{u}^2}{\ddot{u}^2 - 1} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

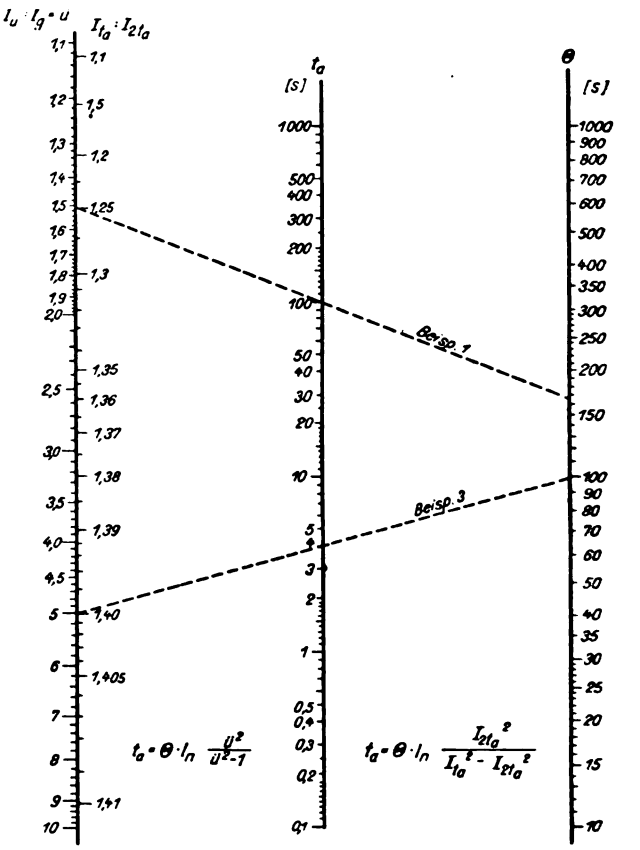
Für

$$\ddot{u} = \sqrt{\frac{e}{e-1}} = 1{,}26$$

wird

$$t_a = \Theta.$$

Hieraus ergibt sich die bekannte, besonders einfache Art der Bestimmung der Zeitkonstante als Auslösezeit bei 1,26fachem Grenzstrom (Abb. 3). In Abb. 3 ist ferner die Erwärmungskurve für einen beliebigen Überstrom $I_{\ddot{u}}$ gezeichnet. Die Anfangstangente schneidet auch hier auf der Asymptote $\tau_{\ddot{u}\infty}$ die Strecke Θ ab.



Beispiel 1: Bekannt: $\ddot{u} = 1{,}5$, $t_a = 100$ s. Gesucht: Θ. Verbindungslinie von $\ddot{u} = 1{,}5$ mit $t_a = 100$ s schneidet $\Theta = 165$ s ab.

Beispiel 3: Bekannt: $I_{t_a} = 140$ A; $I_{2t_a} = 100$ A; $t_a = 4$ s. Gesucht: I_g u. Θ. $I_{t_a} / I_{2t_a} = 1{,}4$, daher $\ddot{u} = 5$, $I_g = 28$ A; Verbindungslinie von $I_{t_a} / I_{2t_a} = 1{,}4$ mit $t_a = 4$ s schneidet $\Theta = 100$ s ab.

Abb. 4. Überstrom-Zeitcharakteristik von Wärmeauslösern.

Gl. (5) gestattet besonders in Form des Nomogrammes Abb. 4 eine bequeme Bestimmung einer der drei Größen $\ddot{u}$, t_a, Θ, wenn zwei davon bekannt sind. Das Nomogramm umfaßt also (innerhalb des betrachteten Gebietes) die Überstrom-Zeitcharakteristik aller Wärmeauslöser oder -relais und aller sonstigen Leitergebilde, für die Gl. (5) gilt, d. h. also in erster Linie von einfachen Leitern mit kleinem Temperaturkoeffizienten, z. B. aus Widerstandsmaterial, und bei nicht allzu hohen Temperaturen.

Beispiel 1: Bei dem 1,5fachen Grenzstrom ist eine Auslösezeit von 100 s gemessen worden. Die Verbindungslinie von $\ddot{u} = 1{,}5$ mit $t_a = 100$ schneidet auf Θ den Wert 165 ab. Die Zeitkonstante beträgt also 165 s.

Beispiel 2: Als Zeitkonstante ist z. B. mittels des 1,26fachen Grenzstromes 300 s festgestellt worden. Gesucht wird die Auslösezeit bei 5fachem Grenzstrom. Die Verbindungslinie von $\ddot{u} = 5$ mit $\Theta = 300$ schneidet $t_a = 12$ s ab.

Digitized by Google

Ist $\ddot{u} \gg 1$, so geht Gl. (5) durch Reihenentwicklung über in

$$t_a = \frac{\Theta}{\ddot{u}^2}, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

d. h. bei großem $\ddot{u}$, also bei hohen Überströmen oder Kurzschluß ist die Auslösezeit gleich der Zeitkonstanten, dividiert durch das Quadrat des Überstromverhältnisses. Der Fehler in der Bestimmung von t_a beträgt bei $\ddot{u} = 5$ rd. $-2\,\%$, bei $\ddot{u} = 10$ nur noch $-0{,}5\,\%$.

Die Ermittelung des Grenzstromes ist im allgemeinen ziemlich zeitraubend, und man kann daher wie folgt verfahren: Man nimmt drei (oder mehr) Punkte der Überstrom-Zeitcharakteristik auf und legt eine Kurve $t_a = f(I)$ durch. Dann sucht man zwei Stromwerte I_{t_a}, I_{2t_a}, deren Auslösezeiten t_a sich verhalten wie 1 : 2. Mittels der Gleichung

$$t_a = \Theta \ln \frac{I^2_{2t_a}}{I^2_{t_a} - I^2_{2t_a}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

lassen sich dann Θ und aus t_a und Θ der Grenzstrom I_g ermitteln. Bequemer ist folgendes Verfahren:

Gl. (7) ist in Abb. 4 ebenfalls als Nomogramm dargestellt. Aus dem Verhältnis $I_{t_a} : I_{2t_a}$ ergeben sich auf demselben Skalenträger das Überstromverhältnis $\ddot{u}$ und der Grenzstrom I_g. Die Verbindungslinie von $\ddot{u}$ mit dem Punkte t_a schneidet auf dem Skalenträger Θ die Zeitkonstante ab (Abb. 4, Beisp. 3).

4. Indirekte und transformatorische Beheizung des Wärmeelementes.

Diese Betrachtungen treffen nicht mehr zu, wenn der Wärmeauslöser nicht direkt vom Strom durchflossen wird, sondern sein Wärmeelement durch ein stromdurchflossenes Heizelement indirekt beheizt wird. Sie treffen auch nicht mehr zu für Wärmeelemente, die, z. B. zwecks Erhöhung der Zeitkonstante, mit Wärmebeschwerungsmassen versehen sind. Bei transformatorisch beheizten Wärmeelementen ist statt des Primärstromes der entsprechende Sekundärstrom einzusetzen, der das Wärmeelement durchfließt und der bei den üblichen Anordnungen zum Primärstrom nicht in einem festen Übersetzungsverhältnis steht, sondern wegen der Sättigung des meist kleinen Stromwandlers mit wachsendem Primärstrom langsamer wächst als dieser.

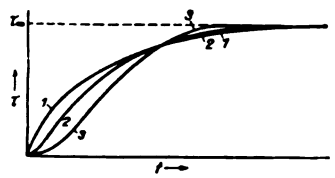


Abb. 5. Erwärmungskurven bei indirekter Beheizung.

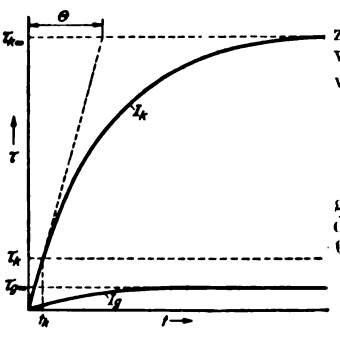


Abb. 6. Erwärmung von Wärmeauslösern bei Kurzschluß.

Bei indirekt beheizten Wärmeelementen gilt die Theorie jedoch noch annähernd, wenn die Wärmewiderstände zwischen Heizwicklung und Wärmeelement klein sind. Nur dann kann man auch noch von einer Zeitkonstanten sprechen. Sind die Wärmewiderstände nicht mehr klein, so folgt die Erwärmung nicht mehr dem einfachen Erwärmungsgesetz, sondern der Temperaturanstieg des Wärmeelementes ist gegenüber dem der Heizwicklung zu Anfang verzögert, gegen Ende — bezogen auf ein direkt beheiztes Element mit gleicher Enderwärmung — beschleunigt. Natürlich ist in solchen Fällen infolge des Temperaturgefälles in dem zwischenliegenden Wärmewiderstand die Erwärmung der Heizwicklung um dieses Gefälle höher als die des beheizten Wärmeelementes. Abb. 5 zeigt solche Erwärmungskurven *2* und *3* im Vergleich zu der eines direkt beheizten Wärmeelementes (*1*), u. zw. sind es Kurven, die verschieden hohen Überströmen ($3 > 2$) entsprechen, jedoch des besseren Vergleichs halber auf gleiches τ_∞ gebracht sind. Das Nachhinken wird um so stärker, je größer der Strom ist. Wenn man in solchen Fällen überhaupt noch von einer „Zeitkonstanten" sprechen kann, so ist darunter die Zeitkonstante einer reinen Erwärmungskurve zu verstehen, die mit der fraglichen Kurve die Enderwärmung τ_∞ und einen Punkt gemeinsam hat. Je nachdem wo dieser Punkt liegt, ist diese „Zeitkonstante" verschieden; sie ist also keine Konstante mehr, sondern eine Funktion der Stromstärke. Trotzdem ist es bequem, einen entsprechenden Begriff beizubehalten. Er soll im folgenden, soweit von solchen Systemen die Rede ist, „Zeitfaktor" genannt werden, u. zw. soll damit die Größe Θ bezeichnet werden, die sich aus der Gl. (5) errechnet, wenn $\ddot{u}$ und t_a gegeben sind. Der „Zeitfaktor" ist also gleich der Zeitkonstanten eines gedachten einfachen homogenen Wärmeelementes, das den gleichen Grenzstrom wie das nicht homogene hat und bei gleichem Überstrom nach der gleichen Zeit auslöst.

5. Kurzschlußfestigkeit.

Die bisherigen Betrachtungen bezogen sich auf Überströme. Ebenso wichtig und interessant ist das Verhalten der Wärmeauslöser bei hohen Stromstärken, wie sie durch Kurzschluß in dem angeschlossenen Motor oder dessen Zuleitungen auftreten können. Bei den folgenden Betrachtungen wird zunächst angenommen, daß der Schalter mit einer unverzögert wirkenden magnetischen Kurzschlußauslösung versehen ist. Nach Gl. (1) ist

$$\tau - \tau_0 = \tau_{g\infty}\left(1 - e^{-\frac{t}{\Theta}}\right).$$

Dann sind je nach der Erwärmung τ_0 im Augenblick des Kurzschlusses zwei Grenzfälle zu unterscheiden, nämlich

a) $\tau_0 = 0$ und b) $\tau_0 = \tau_{g\infty}$.

a) $\tau_0 = 0$. — Der Kurzschlußstrom I_k setze also zu einer Zeit ein, wo das Wärmeelement keine Übertemperatur hat. Der Strom I_k bringe den Schalter zum unverzögerten Ansprechen. Die Abschaltzeit t_k gleich Eigenzeit plus Lichtbogenzeit des Schalters ist klein gegen Θ (Bruchteile von Sekunden gegenüber Minuten). Für den (konstanten) Strom I_k lautet die Erwärmungsgleichung

$$\tau = \tau_{k\infty}\left(1 - e^{-\frac{t}{\Theta}}\right).$$

Diese Gleichung darf natürlich nur in dem Gebiet gebraucht werden, wo die Annahme konstanten spezifischen Widerstandes, konstanter spezifischer Wärme und die Vernachlässigung der Strahlung noch nicht zu großen Fehlern führen.

Der Kurzschlußstrom I_k erzeugt in der Zeit t bis zu seiner Unterbrechung in dem Wärmeelement eine Erwärmung τ_k. Da $t_k \ll \Theta$, erhält man durch Reihenentwicklung

$$\frac{\tau_k}{\tau_{k\infty}} = 1 - \left(1 - \frac{t_k}{\Theta} \ldots\right) = \frac{t_k}{\Theta}.$$

Abb. 6 läßt die Entstehung dieser Beziehung auch geometrisch erkennen. Ihre Einfachheit rührt daher, daß die Erwärmungskurve für I_k in dem betrachteten Teil (bis τ_k) geradlinig verläuft. Anderseits ist

$$\frac{\tau_{g\infty}}{\tau_{k\infty}} = \left(\frac{I_g}{I_k}\right)^2.$$

Durch Division erhält man

$$\frac{\tau_k}{\tau_{g\infty}} = \frac{t_k}{\Theta}\left(\frac{I_k}{I_g}\right)^2.$$

Setzt man $I_k : I_g = k$ (Kurzschlußstromverhältnis), so wird

$$k = \sqrt{\frac{\Theta}{t_k}\,\frac{\tau_k}{\tau_{g\infty}}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Aus Gl. (8) läßt sich z. B. für einen Wärmeauslöser, dessen $I_g, \tau_{g\infty}$ und Θ bekannt sind und der in einem Schalter mit bekannten t_k eingebaut ist, die Erwärmung bestimmen, die das Wärmeelement bei verschiedenen Kurzschlußströmen annimmt. Vor allem dient Gl. (8) aber zur Ermittlung des höchstzulässigen Kurzschlußstromes. Er bestimmt sich aus dieser Gleichung, wenn man $\tau_k = \tau_{max}$ setzt, d. h. gleich derjenigen Erwärmung, die für das Wärmeelement gerade noch zugelassen werden darf. Es wird dann

$$\frac{I_{max}}{I_g} = k_{max} = \sqrt{\frac{\Theta}{t_k}\,\frac{\tau_{max}}{\tau_{g\infty}}} \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

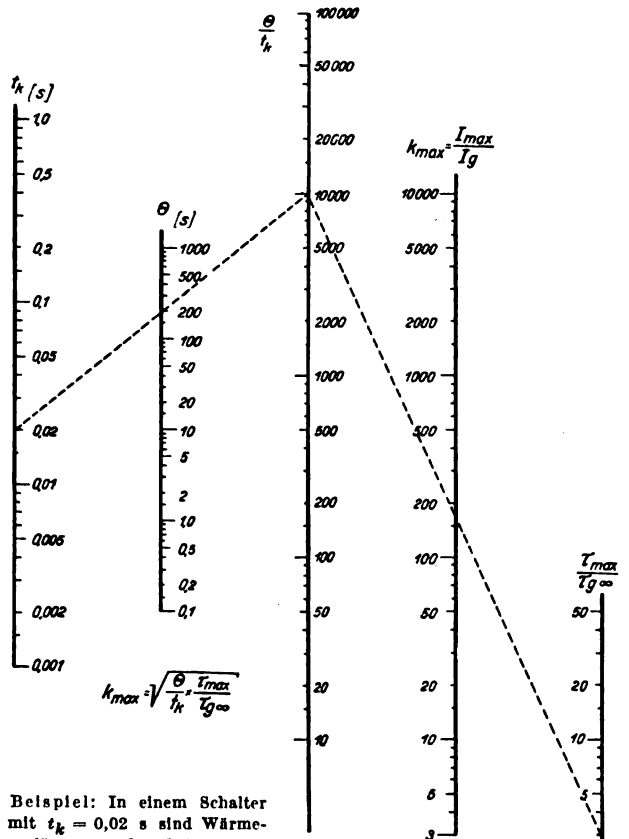
k_{max} kann als „Kurzschlußfestigkeit" des Elementes bezeichnet werden und ist dasjenige Vielfache des Grenzstromes, welches ohne Schaden für das Wärmeelement von dem Schalter noch abgeschaltet werden kann. Hierbei ist selbstverständlich vorausgesetzt, daß der Schalter auch die entsprechende Schaltleistung aufweist.

Digitized by Google

b) $\tau_0 = \tau_{g\infty}$. — Besitzt der Schalter keine unverzögerten Kurzschlußauslöser, sondern löst auch bei Kurzschluß thermisch aus, so ist in Gl. (9) τ_{max} zu ersetzen durch $\tau_{max} - \tau_{g\infty}$ und die Gleichung erhält die Form

$$k_{max} = \sqrt{\frac{\Theta}{t_k}\left(\frac{\tau_{max}}{\tau_{g\infty}} - 1\right)}. \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

Dasselbe gilt für den Fall, daß der Kurzschluß nicht den kalten Wärmeauslöser trifft, sondern in einem Augenblick einsetzt, wo das Wärmeelement bereits die Grenzerwärmung erreicht hat. Wenn z. B. bei einem kurzschlußfesten Wärmeauslöser $\tau_{max} = 3\tau_{g\infty}$ ist, so ist k_{max} bei Einsetzen des Kurzschlusses in grenzwarmem Zustande immerhin noch rd. 80 % von k_{max} bei kaltem Zustande des Wärmeauslösers. Die betriebsmäßigen Kurzschlüsse liegen zwischen diesen beiden Grenzfällen. In Abb. 7 ist Gl. (9) in Form eines Nomogrammes dargestellt.



Beispiel: In einem Schalter mit $t_k = 0{,}02$ s sind Wärmeauslöser von $\Theta = 200$ s, $\tau_{max} = 300°$, $\tau_{g\infty}$ 100°, eingebaut. Wie groß ist k_{max}? Verbindungslinie $t_k = 0{,}02$ mit $\Theta = 200$ schneidet auf Zapfenlinie Θ/t_k den Wert 10 000 ab. Verbindungslinie dieses Punktes mit $\tau_{max}/\tau_{g\infty} = 3$ ergibt $k_{max} = 170$.

Abb. 7. Kurzschlußfestigkeit von Wärmeauslösern.

Beispiel 1: Es soll die Kurzschlußfestigkeit eines mit Wärmeauslösern versehenen Schalters bestimmt werden, dessen $t_k = 0{,}02$ s ist. Der Wärmeauslöser habe eine Zeitkonstante $\Theta = 200$ s, $\tau_{max} = 300°$, $\tau_{g\infty} = 100°$. Die Verbindungslinie von $t_k = 0{,}02$ mit $\Theta = 200$ schneidet auf der Skala $\Theta : t_k$ den Wert 10 000 ab. Verbindet man diesen Punkt mit dem Punkt 3 der Skala $\tau_{max} : \tau_{g\infty}$, so erhält man $k_{max} = 170$. Ist also beispielsweise der Grenzstrom 25 A, so ist das Wärmeelement in Verbindung mit diesem Schalter kurzschlußfest bis $170 \cdot 25 = 4250$ A.

Beispiel 2: Das Nomogramm ist auch zur Auswertung der Gl. (8) oder (10) brauchbar. Für Gl. (8) wird k_{max} ersetzt durch k und entsprechend τ_{max} durch τ_k. Für Gl. (10) wird $\tau_{max} : \tau_{g\infty}$ ersetzt durch $\frac{\tau_{max}}{\tau_{g\infty}} - 1$.

Z. B. erreicht das Wärmeelement des Schalters aus Beispiel 1 bei rein thermischer Auslösung durch einen Kurzschlußstrom von 2500 A gerade die doppelte Grenzerwärmung, denn die Verbindungslinie $\Theta : t_k = 10\,000$ mit $k = 100$ schneidet auf der Erwärmungskala, die in diesem Falle den Wert $\frac{\tau_k}{\tau_{g\infty}} - 1$ angibt, gerade den Wert 1 ab. Es ist also

$$\frac{\tau_k}{\tau_{g\infty}} - 1 = 1; \quad \tau_k = 2\tau_{g\infty}.$$

6. Bedingungen für die Konstruktion kurzschlußfester Wärmeauslöser.

Aus Gl. (9) ergeben sich die Bedingungen für die Konstruktion thermisch kurzschlußfester Wärmeauslöser für Motorschutzschalter. Die Kurzschlußfestigkeit wird hiernach um so größer

1. je größer die Zeitkonstante Θ des Wärmeelementes,
2. je kleiner die Abschaltzeit t_k des Schalters,
3. je höher die für das Wärmelement zulässige Höchsterwärmung τ_{max},
4. je niedriger die Grenzerwärmung $\tau_{g\infty}$ des Wärmeelementes ist.

Zu 1. Die obere Grenze der Zeitkonstante ist natürlich durch die Bedingung des Motorschutzes gegeben; sie darf nicht größer sein als die des Motors. (Inwieweit man von einer „Zeitkonstante" des Motors sprechen kann, ist unter Abschnitt 8. behandelt.) Die Gefahr, daß die Zeitkonstante des Wärmeelementes zu groß wird, ist im allgemeinen, wenigstens bei direkt vom Strom durchflossenen Wärmeelementen, nicht zu befürchten. Es ist im Gegenteil mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft, die Zeitkonstante solcher Wärmeelemente so groß zu machen, daß eine genügende Anpassung an die Erwärmungsverhältnisse des Motors erzielt wird. Die Vergrößerung von Θ, die also sowohl wegen der Kurzschlußfestigkeit als auch wegen der Ausnutzung des Motors erwünscht ist, läßt sich bei kleinen Stromstärken, z. B. bis zu 25 A, durch Wahl eines Materials mit möglichst hohem spezifischen Widerstand erreichen, weil dann der Querschnitt des Wärmeelementes groß wird, also z. B. von Chromnickel mit $\varrho = 1$ oder Spezial-Bimetall mit $\varrho = 0{,}8 \ldots 0{,}9$. Durch Kunstgriffe, wie Parallelschalten von mehreren ineinanderliegenden Bimetallstreifen, läßt sich mit wachsender Nennstromstärke gleichzeitig die Zeitkonstante erhöhen, wie ja auch die des Motors mit wachsender Nennstromstärke im allgemeinen steigt.

Zu 2. Um die Eigenzeit des Schalters klein zu halten, muß man die Konstruktion so gestalten, daß die Kurzschlußauslöser den Schalter möglichst direkt, ohne elektrische Zwischenglieder und unter Vermeidung langer Wege auslösen, sowie die Rückzugskräfte des Schalters und den Kontaktdruck groß machen. Als untere Grenze für t_k wird man etwa zwei Halbperioden annehmen können, weil ja die Lichtbogenzeit nur in günstigen Fällen weniger als eine Halbperiode beträgt und die mechanische Eigenzeit normaler Schalter für die in Frage kommenden Stromstärken nur mittels unwirtschaftlichen Aufwandes unter eine Halbperiode herunterzubringen ist.

Zu 3. Die zulässige Höchsterwärmung läßt sich hochtreiben durch die Wahl geeigneter Materialien, deren Festigkeitseigenschaften erst bei sehr hohen Temperaturen nachlassen, wie z. B. Nickelstahl und ähnliche Legierungen. Natürlich dürfen diese Materialien nur unter verhältnismäßig geringen Zug- und Druckbeanspruchungen stehen, damit ihre Elastizitätsgrenze bei den höchsten zugelassenen Temperaturen nicht überschritten wird.

Zu 4. In bezug auf die Grenzerwärmung ist man an eine gewisse untere Grenze gebunden mit Rücksicht auf die Raumtemperatur und, bei Schaltkästen, auf die Temperatur im Inneren des Kastens, die ja immer etwas über der des umgebenden Raumes liegt. Man wird also zweckmäßig, um die Beeinflussung der Grenzstromstärke durch Änderungen der Umgebungstemperatur klein zu halten, mit nicht zu niedrigen Temperaturen arbeiten, anderseits mit Rücksicht auf die Kurzschlußfestigkeit mit nicht zu hohen; Temperaturen von 60 ... 200 ° sind üblich. Bei indirekt beheizten Wärmeelementen beziehen sich die Größen τ_{max} und $\tau_{g\infty}$ meist nicht auf das Wärmeelement, sondern auf das Heizelement, in jedem Falle auf das empfindlichere von beiden. Bei transformatorisch beheizten Wärmeelementen beziehen sich diese Größen im allgemeinen auf die Primärwicklung.

7. Kurzschlußschutz durch vorgeschaltete Schalter oder Sicherungen; Kurzschlußbegrenzung.

Es gibt Fälle, in denen die Abschaltung der Kurzschlüsse, die hinter dem Motorschutzschalter auftreten, nicht diesem selbst, sondern einer vor dem Schalter lie-

Digitized by Google

genden Überstrom-Schutzeinrichtung überlassen wird, also einem Überstromschalter oder einer Schmelzsicherung. Dieses Verfahren wird besonders in Amerika geübt, wo die Motorschutzschalter häufig so bemessen sind, daß sie zwar den Kurzschlußstrom des Motors abzuschalten vermögen, aber keine wesentlich höheren Stromstärken. Die Motorschutzschalter haben daher nur thermische Auslöser und kommen bei Kurzschlüssen nicht zum Auslösen, weil der vorgeschaltete Schalter mit unverzögerter magnetischer Auslösung schneller abschaltet. Auch in diesem Falle gilt Gl. (9), nur ist dann für τ_k die Abschaltzeit des vorgeschalteten Schalters einzusetzen. Es dürfen also in solchen Fällen wohl Motorschutzschalter mit geringer Abschaltleistung verwendet werden, die Kurzschlußfestigkeit der Wärmeelemente ist jedoch auch dann noch zu fordern, sofern man sich nicht damit abfinden will, nach jedem Kurzschluß die Wärmeelemente auszuwechseln.

Beispiel: In einem Abzweige sei der größte mögliche Kurzschlußstrom $I_k = 100\, I_g$, also $k = 100$. Der betreffende Motorschutzschalter habe eine Schaltleistung von nur 50 I_g und ein $t_k = 0{,}02$ s. Für den Wärmeauslöser sei $t_k\, k^2_{max} = 200$, also $k_{max} = 100$. Wenn der Schalter die Schaltleistung von $100\, I_g$ besäße, wären Schalter und Wärmeelement kurzschlußfest. In Verbindung mit der geringen Schaltleistung des Schalters ist jedoch die Kurzschlußfestigkeit des Wärmeelementes nicht ausnutzbar. Baut man nun zur Abschaltung von Kurzschlüssen, die diese Schaltleistung von 50 I_g überschreiten, einen Gruppenschalter mit höherer Schaltleistung in die Zuleitung ein, z. B. mit einem Abschaltstrom vom 200fachen I_g des Abzweiges, so muß darauf geachtet werden, daß die Abschaltzeit des vorgeschalteten Schalters möglichst nicht höher liegt als die des Abzweigschalters. Es kann sonst der Fall eintreten, daß die Wärmeelemente des Abzweigschalters gefährdet sind. Hätte dieser Gruppenschalter z. B. ein t_k' von 0,06 s, so würde

$$k'_{max} = \sqrt{\frac{200}{0{,}06}} = 58,$$

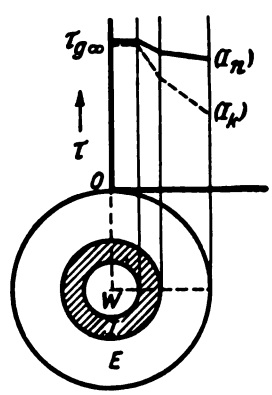
d. h. der Gruppenschalter würde zwar den Kurzschluß vom 100fachen Nennstrom des Abzweiges hinsichtlich der Schaltleistung bewältigen, aber die Wärmeelemente des Abzweigschalters nähmen dennoch Schaden, weil sie den 100fachen Strom während $t_k' = 0{,}06$ s aushalten müssen, während sie infolge der größeren Abschaltzeit des Gruppenschalters nur bis zum 58fachen kurzschlußfest sind. Werden als vorgeschaltete Schutzeinrichtungen Sicherungen verwendet, so besteht diese Gefahr nur dann, wenn der Nennstrom der Sicherungen zu hoch gewählt ist, wobei natürlich vorausgesetzt ist, daß die Sicherung auch die entsprechende Abschaltleistung besitzt. —

Der kombinierte Überstromschutz durch einen Motorschutzschalter sehr geringer Schaltleistung mit einer davorliegenden Schutzeinrichtung gegen Kurzschlüsse schon von etwa 10fachem Nennstrom an hat sich in die deutsche Praxis bisher nicht in gleichem Maße einführen lassen. Diese Kombination bringt es u. a. mit sich, daß entweder jedem Schalter ein solcher Kurzschlußschutz vorgeschaltet werden muß oder aber, wenn eine Gruppe von Motoren mit zugehörigen Schaltern hinter einem gemeinsamen Kurzschlußschutz zusammengefaßt wird, daß der Gesamtnennstrom der Gruppe durch den relativ kleinen Nennstrom der vorgeschriebenen Sicherung bzw. den relativ geringen Einstellstrom der unverzögerten Auslösung des vorgeschalteten Überstromschalters bestimmt wird, die Gruppe also klein gehalten werden muß. Außerdem muß man die Stillegung der ganzen Gruppe in Kauf nehmen, wenn in einem Abzweig ein Kurzschluß auftritt. Nicht immer gestattet der Betrieb solche Anordnungen; in Industrieanlagen und Zentralen z. B. können sie meist nur als Notbehelf angesehen werden.

In solchen Anlagen muß der Motorschutzschalter auch die aufkommenden Kurzschlüsse ohne Schaden abschalten können, d. h. also Stromstärken, die etwa das 50 ... 200fache der Nennstromstärke betragen. Über das Verhältnis $k_{max} = 200$ hinauszugehen, dürfte in den meisten Fällen nicht mehr wirtschaftlich sein. Ein größeres k ist in der Regel nur in Eigenbedarfsanlagen von Zentralen zu erwarten, wo große Transformatoren oder Generatoren über kurze Zuleitungen die Motoren für die Hilfsbetriebe des Kraftwerkes speisen. Aber auch in solchen Anlagen dürfte sich meistens durch Unterteilung der Transformatorenleistung und Bemessung ihres Spannungsabfalles ein Gesamtspannungsabfall von 1 ... 0.5 % bis zum Schalter erreichen lassen. Bei dieser Gelegenheit sei daran erinnert, daß der tatsächliche Wert des Kurzschlußstromes in Niederspannungsanlagen fast immer beträchtlich unter dem rechnerischen liegt, weil in der Rechnung der Lichtbogenwiderstand, Spannungsabfall an Kontaktstellen, Widerstandserhöhung durch Erwärmung usw. nicht berücksichtigt werden. Wo dennoch der Höchstwert von k_{max} überschritten wird, können Begrenzungsdrosselspulen vorgesehen werden oder — wegen der leichteren Abschaltbarkeit induktionsarmer Leistung — besser Begrenzungswiderstände. Der Dauerverbrauch solcher Widerstände ist um so geringer, je höher die Abschaltleistung der Schalter (unter Berücksichtigung der Kurzschlußfestigkeit der Wärmeauslöser) ist. Beispielsweise wird für einen Motor von 10 kW bei $k_{max} = 200$ der Wattverbrauch der Widerstände im ungünstigsten Falle ½ % = 50 W betragen. Meist wird man mit weniger auskommen, da ja ein gewisser Spannungsabfall bereits vorhanden ist. Besonders geringen Dauerverbrauch haben Spezial-Eisenwiderstände, die bei Kurzschluß durch ihre Temperatursteigerung eine sehr starke Widerstandszunahme erfahren[3].

8. Motorschutz, „Zeitkonstante" des Motors.

Der Erwärmungsvorgang bei Motoren spielt sich nun nicht so einfach ab, wie Gl. (1) besagt. Die Motorwicklung, die geschützt werden soll, ist kein einfacher homogener Leiter, der nur an die umgebende Luft Wärme abgibt. Die Wicklungen sind vielmehr unter Zwischenschaltung von Isolierstoffen in Eisen eingebettet. Das thermische Schema eines Motors ist in Abb. 8 wiedergegeben. Die Wärme wird, abgesehen von den Eisenverlusten, in der Wicklung W erzeugt und pflanzt sich durch die Isolation I und das Eisen E in die umgebende Luft fort. Bei Nennstrom des Motors vollzieht sich der Erwärmungsvorgang in der Wicklung so langsam, daß demgegenüber die Zeit, die die Wärme zum Durchtritt durch die Isolation und das Eisen braucht, keine nennenswerte Rolle spielt. Der Motor wirkt also in seiner Gesamtheit fast wie ein homogenes Gebilde. Dementsprechend ist bei Nennstrom die Temperaturverteilung grundsätzlich so, wie in Abb. 8 für I_n angegeben, d. h. das Temperaturgefälle in der Isolation und im Eisen ist verhältnismäßig klein. Anders bei Überströmen: Je höher der Überstrom liegt, desto stärker macht sich die Verzögerung geltend, mit der Isolation und Eisen die Kupfertemperatur annehmen. Die Erwärmungskurven des Eisens zeigen den typischen Wendepunkt der Kurven für indirekt beheizte Körper in Abb. 5. Nur ist die Wirkung auf die Zeitkonstante der Wicklungsisolation als des gefährdeten Teils umgekehrt; der „Zeitfaktor" der Wicklung wird mit wachsendem Überstrom kleiner. Er bewegt sich zwischen zwei Grenzwerten, einem oberen Wert bei Nennstrom — der gewöhnlich als Zeitkonstante des Motors angegeben wird, in der Gegend von einer bis mehreren Stunden liegt und die Zeitkonstante des gesamten Motors (Kupfer plus Isolation plus Eisen) darstellt — und einem unteren Wert beim Kurzschlußstrom des Motors, der durch die Erwärmungsverhältnisse der Wicklung allein gegeben ist. Dieser Wert ist nach Messungen viel kleiner als die Zeitkonstante bei Nennstrom. Abb. 8 zeigt schematisch die Temperaturverteilung beim Kurzschlußstrom I_k des Motors in dem Augenblick, wo die Wicklung die gleiche Temperatur erreicht hat wie bei Nennstrom[4].



W Wicklung *I* Isolation *E* Eisen

Abb. 8. Thermisches Schema eines Motors.

9. Anforderungen der Praxis; einwandfreie und nicht einwandfreie Wärmeauslöser.

Der Motorschutz durch Wärmeelemente kann und braucht diese Verhältnisse nicht genau nachzuahmen. Das thermische Abbild, das die Temperatur des Motors aufs empfindlichste mitfühlt, bleibt ein praktisch bedeutungsloses Ideal. Die Motorschutzschalter der Praxis müssen Motoren verschiedener Stromart, Leistung, Drehzahl, Herkunft, also mit ganz verschiedenen Erwärmungsverhältnissen schützen, die nur das eine gemeinsam haben: den Nennstrom. Es ist technisch unmöglich, für jede Motortype ein besonderes Wärmeelement zu schaffen. Für die

[3] Küppers, ETZ 1929, S. 674.
[4] Diskussion zum Vortrag Schmitz, ETZ 1927, S. 1090.

Digitized by Google

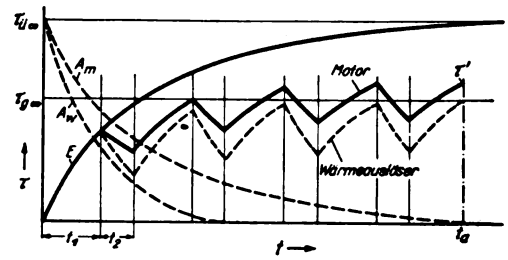
Bedürfnisse der Praxis genügt es vollkommen, wenn die Zeitkonstante des den Motor überwachenden Wärmeauslösers erstens nicht größer ist als der kleinste Zeitfaktor des Motors, zweitens sich diesem soweit anpaßt, daß eine genügende Ausnutzung des Motors gewährleistet ist.

Gefährlich wäre es dagegen, Wärmeelemente zu verwenden, deren Zeitkonstante bei irgendeinem Überstrom größer ist als der Zeitfaktor des Motors, wie dies z. B. bei indirekt beheizten Elementen mit großen Wärmewiderständen der Fall sein kann, weil deren Zeitfaktor mit wachsendem Überstrom stark ansteigt. Nicht ungefährlich sind auch solche Wärmeelemente, deren Zeitfaktor bei der Erwärmung erheblich größer ist als der bei Abkühlung. Im letzteren Falle genügt es für den Schutz des Motors auch nicht, wenn an sich die „Zeitkonstanten" der Erwärmung und der Abkühlung kleiner sind als die des Motors, sondern die Gefahr ist durch die starke Verschiedenheit der Zeitfaktoren bei Erwärmung und bei Abkühlung gegeben. Solche Wärmeelemente sind z. B. die transformatorisch beheizten, sofern die Transformatoren in dem Stromgebiet vom Grenzstrom bis zum Kurzschlußstrom des Motors bereits Sättigungserscheinungen zeigen. Diese Wärmeelemente haben, bezogen auf den Motorstrom, der die Primärwicklung durchfließt, einen Zeitfaktor, der mit wachsendem Überstrom steigt. Der Grund liegt natürlich nicht darin, daß sich die Erwärmungskonstanten selbst ändern, sondern darin, daß infolge der Sättigung der Primärstrom im Sekundärkreis nur geschwächt abgebildet wird, u. zw. um so mehr, je höher er ist. Dadurch wird zwar das Wärmeelement relativ kurzschlußfest, aber der Motor kann bei aussetzendem Betriebe oder bei stark wechselnder Belastung über die zulässige Grenze erwärmt werden, ohne daß der Schalter auslöst. Solche Motorschutzschalter sollten daher nur für Betriebe mit ziemlich gleichmäßiger Belastung verwendet werden. Selbstverständlich kann man durch geeignete Bemessung des Heizstromwandlers diesen Fehler vermeiden. Der Wandler würde jedoch dann so groß werden, daß sich ein wirtschaftlicher Motorschutzschalter damit kaum aufbauen ließe. In Abb. 9 ist die Erwärmung eines Motors bei aussetzendem Betriebe aufgezeichnet, darunter die Erwärmung eines transformatorisch beheizten Wärmeelements. Der Einfachheit halber ist angenommen, der Erwärmungsvorgang E des Wärmeelementes folge beim Vollaststrom genau dem des Motors, und die Enderwärmung $\tau_{\ddot{u}\infty}$ des Wärmeelementes sei gleich der des Motors. Die Abkühlung A_w erfolgt jedoch schneller als die des Motors A_m, und daher bleibt das Wärmeelement von t_1 an immer kälter als der Motor. In dem Augenblick, wo es auslöst, hat der Motor bereits die unzulässige Erwärmung τ', d. h. das Wärmeelement hat den Motor nicht zu schützen vermocht.

Nach diesen Betrachtungen ist die Aufgabe, einen Motor einwandfrei durch Wärmeauslöser zu schützen, nur zu lösen mit Hilfe von Wärmeelementen, die direkt vom Motorstrom durchflossen sind oder wenigstens, wenn sie indirekt beheizt sind, nur geringe Wärmewiderstände zwischen Heiz- und Wärmeelement aufweisen. Anderseits darf nicht geleugnet werden, daß es bei direkt stromdurchflossenen Wärmeelementen einerseits nicht so einfach ist, hohe Kurzschlußfestigkeit zu erreichen wie bei transformatorisch beheizten, anderseits nicht ganz so einfach, hohe Zeitkonstante bei gegebenem Wattverbrauch zu erreichen wie bei indirekt beheizten.

Die Merkmale der Wärmeauslöser sind also zusammengefaßt folgende:

a) Transformatorisch beheizte Auslöser: Nur für Wechselstrom brauchbar; kurzschlußfest; Zeitfaktor wächst mit wachsendem Überstrom im Gegensatz zu dem des Motors; Zeitkonstante bei Abkühlung im allgemeinen bedeutend kleiner als Zeitfaktor bei Erwärmung. Der Motor wird bei wechselnder Belastung um so stärker ausgenutzt, je höher die Überströme sind. Er ist nicht unter allen Umständen geschützt, sondern kann bei stark wechselnder Belastung und aussetzendem Betriebe gefährdet werden.



E Erwärmung des Motors und des Wärmeauslösers bei Vollaststrom
A_m, A_w Abkühlung des Motors und des Wärmeauslösers
$\tau_{\ddot{u}\infty}$ höchstzulässige Erwärmung des Motors
t_1 Einschaltdauer t_2 Pause

Abb. 9. Unzureichender Motorschutz im aussetzenden Betriebe.

b) Indirekt beheizte Auslöser (mit großem Wärmewiderstand): Verhältnismäßig geringe Kurzschlußfestigkeit; Grenzerwärmung und damit Erwärmung der Motorwicklung beim Auslösen liegen bei höheren Überströmen höher als bei geringen; thermische Nachwirkung, d. h. bei wechselnder Belastung löst das Wärmeelement einige Zeit nach Aufhören des Überstromes durch Nachbeheizung aus; unnötig lange Wartezeit bis zum Wiedereinschalten; schützt den Motor einwandfrei, wenn Zeitfaktor beim größtmöglichen Überstrom (Kurzschlußstrom des Motors) nicht höher ist als der des Motors. Zeitfaktor steigt mit wachsendem Überstrom im Gegensatz zu dem des Motors.

c) Direkt beheizter Auslöser: Kurzschlußfest bei richtiger Wahl der Zeitkonstante, des Materials, der Auslöse-Grenzerwärmung und der Schalterkonstruktion; gute Anpassung an den Motor, weil Zeitkonstante nicht mit dem Überstrom steigt. Durch passende Wärmebeschwerungen läßt sich, was jedoch nicht nötig ist, erreichen, daß die Zeitkonstante ebenso wie die des Motors mit wachsendem Überstrom sinkt; unbedingter Schutz des Motors auch bei den schwierigsten Betriebsarten.

(Schluß folgt.)

Praktische Methode zur Berechnung des Dauerkurzschlußstroms einfach gespeister Netze*.

Von **Franz Ollendorff**, Berlin.

(Fortsetzung von S. 198.)

VI. Die numerische Kurzschlußentfernung.

Mittels der Normalcharakteristik und der abgeleiteten Berechnungsformel für den relativen Erregerstrom v läßt sich die graphische Bestimmung des dreipoligen Dauerkurzschlußstromes einheitlich für alle Generatoren durchführen. Man verlängert hierzu entsprechend Abb. 13 die Spannungskathete des Potier-Dreiecks im Verhältnis

$$a = \frac{x_s + x_n}{x_s} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

auf $a\,x_s$ und erhält durch Verbindung des Endpunktes mit dem Punkte v_n der Erregerstromachse die Kurzschlußgerade des Netzes für dreipoligen Kurzschluß. Zu der Hypotenuse dieses Dreiecks zieht man durch den Punkt v_l der Läufererregung vor Kurzschlußeintritt die Parallele bis zum Schnitt mit der Normalcharakteristik. Fällt man nun von diesem Schnittpunkt das Lot auf die Erregerstromachse bis zum Punkte $v_k^{(3)}$, so stellt die Stromrückwirkung des Ankerfeldes

$$v_d^{(3)} = v_l - v_k^{(3)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

den dreipoligen Dauerkurzschlußstrom im Maße des relativen Erregerstromes dar. Der Strommaßstab ergibt sich, indem man die Strecke v_a dem Nennstrom des Generators gleichsetzt.

Ganz ähnlich kann man, wie aus der Ableitung der Gl. (5) hervorgeht, den zweipoligen Dauerkurzschlußstrom in einheitlicher Weise graphisch ermitteln. Man hat hierzu die Spannungskathete des Potier-Dreiecks im Verhältnis

$$2\,\frac{x_s + x_n}{x_s} = 2\,a \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21$$

zu verlängern und für die entstehende Netzgerade die oben beschriebene Konstruktion entsprechend Abb. 14 durchzuführen. Als Resultat erhält man den zweipoligen Dauer-

* Gehört zur Aufsatzreihe über die Herleitung der Kurzschluß-Berechnungsmethode des VDE (vgl. ETZ 1930, S. 193).

Digitized by Google

kurzschlußstrom durch Subtraktion der Strecken $v_k^{(2)}$ von v_l als Stromrückwirkung des Ankerfeldes

$$v_d^{(2)} = v_l - v_k^{(2)}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

Da nun, wie früher gezeigt, ein zweipoliger Belastungsstrom nur das $\frac{1}{\sqrt{3}}$-fache Ankerfeld eines gleichstarken Drehstromes erzeugt, hat man für die Stromstrecke Gl. (22) einen $\sqrt{3}$ mal so großen Maßstab anzuwenden wie für die Strecke Gl. (20) des dreipoligen Dauerkurzschlußstromes. Man verifiziert diese Überlegungen übrigens leicht durch Zurückgehen auf Gl. (3 a) und (5).

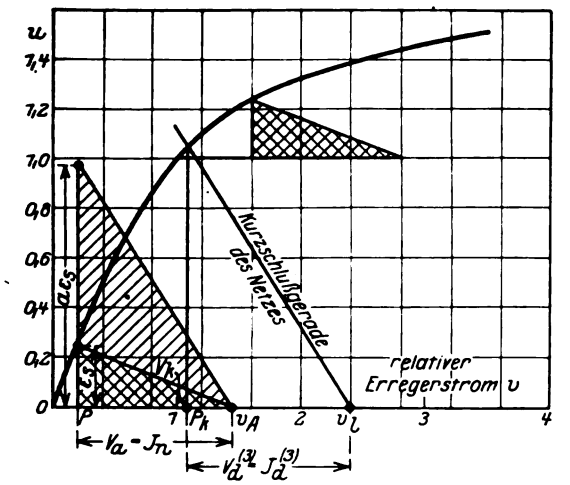


Abb. 13. Dreipoliger Dauerkurzschlußstrom im Netz.

Durch die Definitionen (19) und (21) gelingt es, den Einfluß der Netzreaktanz auf die Größe des Dauerkurzschlußstromes in einer dimensionslosen Zahl zu erfassen. Diese Erkenntnis ist für das Folgende grundlegend. Wir definieren die Zahl a als numerische Kurzschluß-entfernung; in dieser Bezeichnungsart bedeutet also $a = 1$ den Klemmenkurzschluß, $a > 1$ den Kurzschluß im Netz, wobei insbesondere ein Kurzschluß der Eigenschaft $a \gg 1$ als weitab vom Kraftwerk bezeichnet werden kann. Man erkennt schon hier, daß für einen bestimmten Generator die zwei- und dreipoligen Dauerkurzschlußströme bei bekanntem Vorbelastungszustand der Maschine nur noch Funktionen der numerischen Kurzschlußentfernung werden. Die Bedeutung der Größe a geht aber über die Berechnungsformeln für den Dauerkurzschlußstrom weit hinaus. Wir werden in einer späteren Arbeit zeigen, daß auch die Gesetze der Stoßkurzschlußströme mittels des Begriffes der numerischen Kurzschlußentfernung eine einfache Darstellung erfahren.

VII. Der Kurzschluß-Sättigungsfaktor.

Wir greifen jetzt auf die Kurzschlußgleichungen (3 a) und (5) der ungesättigten Maschine zurück, welche mit Einführung der numerischen Kurzschlußentfernung lauten

$$\overline{I}_d^{(3)} = \frac{1{,}05\, U_n}{\sqrt{3}\,(x_a + a\, x_s)} \quad \ldots\ldots \quad (23)$$

und

$$\overline{I}_d^{(2)} = \frac{1{,}05\, U_n}{x_a + 2\, a\, x_s}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

In der ungesättigten Maschine ist der Kurzschlußstrom der Erregung vor Kurzschlußeintritt streng proportional. Unter der Wirkung des relativen Erregerstromes v würden also die Ströme der Gl. (23), (24) auf

$$\overline{\overline{I}}_d^{(3)} = \frac{1{,}05\, U_n}{\sqrt{3}\,(x_a + a\, x_s)}\, v = \overline{I}_d^{(3)}\, v \quad \ldots \quad (23a)$$

und

$$\overline{\overline{I}}_d^{(2)} = \frac{1{,}05\, U_n}{I_a + 2\, a\, x_s}\, v = \overline{I}_d^{(2)}\, v \quad \ldots\ldots \quad (24a)$$

anwachsen, falls die Maschinencharakteristik auch hierfür noch als geradlinig angesehen werden kann.

Die ideellen Kurzschlußströme (23 a), (24 a) der ungesättigten, aber entsprechend ihrer Vorbelastung erregten Maschine können auch graphisch mittels eines Verfahrens bestimmt werden, das der Konstruktion nach Abb. 13 und 14 völlig analog verläuft. Man hat hierzu nur nötig, neben der magnetischen Normalcharakteristik nach Abb. 15 diejenige geradlinige „Ersatzcharakteristik" einzutragen, welche durch den Punkt $u = 1$, $v = 1$ des Generatorleerlaufs hindurchgeht. Diese Konstruktion liefert an Stelle der wahren Betriebspunkte $v_k^{(3)}$ und $v_k^{(2)}$ die ideellen Werte $\overline{\overline{v}}_k^{(3)}$ und $\overline{\overline{v}}_k^{(2)}$, wobei die Differenzen $v_l - \overline{\overline{v}}_k^{(3)}$ und $v - \overline{\overline{v}}_k^{(2)}$ in den früher angegebenen Maßstäben genau zu den Werten (23 a), (24 a) der Dauerkurzschlußströme zurückführen.

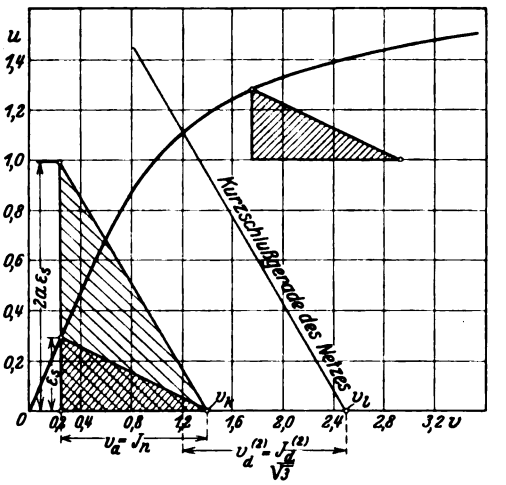


Abb. 14. Zweipoliger Dauerkurzschlußstrom im Netz.

Hierdurch ist die Möglichkeit gewonnen, die wahren Größen der Dauerkurzschlußströme mit der Rechnung nach Gl. (23 a), (24 a) zu vergleichen. Der Korrekturfaktor, der die Rechenwerte der ungesättigten Maschine in die wahren Werte überführt, kann formal durch die Schreibweise erhalten werden

$$I_d^{(3)} = \overline{\overline{I}}_d^{(3)}\, \frac{I_d^{(3)}}{\overline{\overline{I}}_d^{(3)}} = \overline{I}_d^{(3)}\, \frac{I_d^{(3)}}{\overline{\overline{I}}_d^{(3)}}\, v = \overline{I}_d^{(3)}\, k \quad \ldots \quad (25)$$

und

$$I_d^{(2)} = \overline{\overline{I}}_d^{(2)}\, \frac{I_d^{(2)}}{\overline{\overline{I}}_d^{(2)}} = \overline{I}_d^{(2)}\, \frac{I_d^{(2)}}{\overline{\overline{I}}_d^{(2)}}\, v = \overline{I}_d^{(2)}\, k. \quad \ldots \quad (26)$$

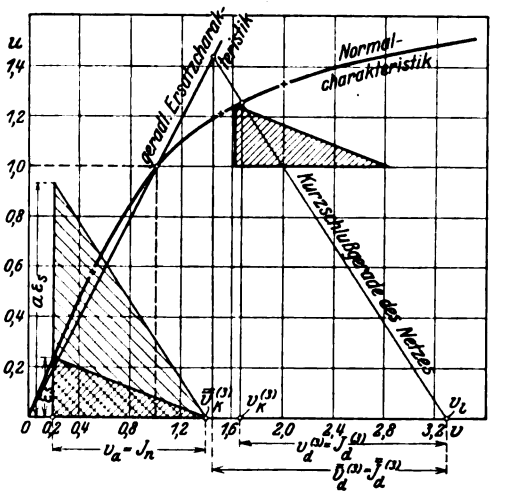


Abb. 15. Vergleich des wahren Dauerkurzschlußstromes mit dem ideellen Werte nach der geradlinigen Ersatzcharakteristik.

Darin bedeuten $\overline{I}_d^{(3)}$ und $\overline{I}_d^{(2)}$ die Kurzschlußströme der ungesättigten Maschine bei Leerlaufserregung, während die Beeinflussung der Kurzschlußströme sowohl durch die Eisensättigung der Generatoren als auch durch die wirkliche Erregung über $v = 1$ hinaus durch die Korrekturfaktoren k berücksichtigt wird. Wir definieren diese Zahlen k, die natürlich unter sonst gleichen Umständen für den drei- und zweipoligen Kurzschluß eine verschiedene Größe besitzen, als die Kurzschluß-Sättigungsfaktoren. Nach dieser Definition folgen also die richtigen Werte der Dauerkurzschlußströme aus den Strömen ungesättigter Generatoren nach Gl. (3 a) und (5) durch Multiplikation mit dem jeweils gültigen Kurzschlußfaktor.

Digitized by Google

Die Definitionsgleichungen (25) und (26) lehren eine graphische Ermittlung der Sättigungsfaktoren. Man hat hierzu nur für irgend gewählte Werte des relativen Erregerstromes v_l und der numerischen Kurzschlußentfernung a den Dauerkurzschlußstrom graphisch einmal für die Normalcharakteristik, zum zweiten für die geradlinige Ersatzcharakteristik zu bestimmen; ihr Verhältnis, multipliziert mit v, liefert die Sättigungsfaktoren. Hieraus folgt

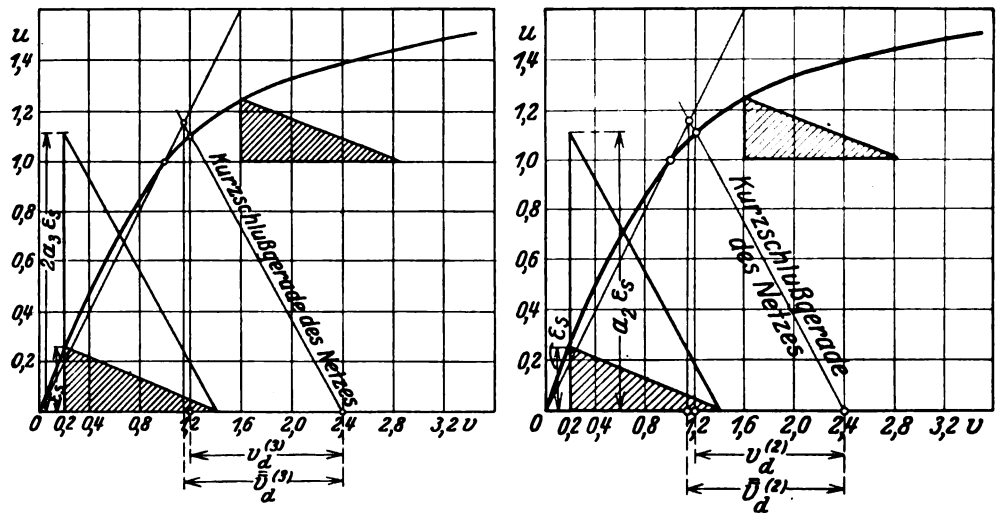


Abb. 16. Erläuterung der Gl. (27); gleiche Lage der Kurzschlußgeraden für dreipoligen Kurzschluß in der numerischen Kurzschlußentfernung $2a$, zweipoligen Kurzschluß in der numerischen Kurzschlußentfernung a.

sogleich eine grundlegende Beziehung für die Kurzschluß-Sättigungsfaktoren des drei- und zweipoligen Kurzschlusses. Denn nach der früher gegebenen Vorschrift erhält man bei einer bestimmten Maschine für vorgegebene Läufererregung ein und denselben Betriebspunkt auf der Charakteristik sowohl für den zweipoligen Dauerkurzschlußstrom der numerischen Kurzschlußentfernung a als auch für den dreipoligen Dauerkurzschlußstrom der numerischen Kurzschlußentfernung $2a$. Unterscheidet man daher die Sättigungsfaktoren für drei- und zweipoligen

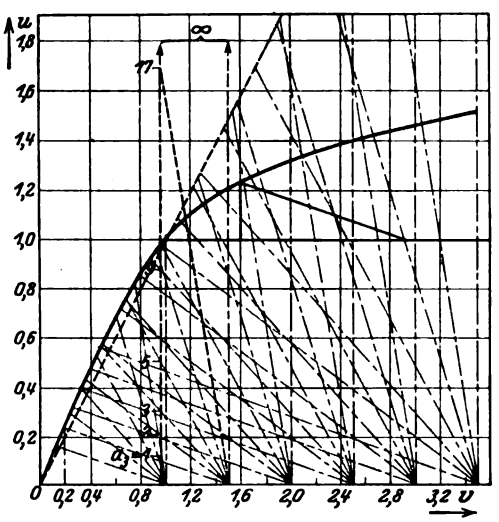


Abb. 17. Ermittlung des Sättigungsfaktors für Turbogeneratoren.

Kurzschluß durch die Symbole $k(a_3)$ und $k(a_2)$, um ihre Abhängigkeit von der numerischen Kurzschlußentfernung a darzutun, so gilt bei fester relativer Maschinenerregung stets nach Abb. 16

$$k(a_2) = k(2\,a_3). \quad \ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

Es ist demnach nicht nötig, den Kurzschluß-Sättigungsfaktor für beide Kurzschlußfälle zu bestimmen, sondern man kann beispielsweise aus dem Sättigungsfaktor des dreipoligen Kurzschlusses den Sättigungsfaktor des zweipoligen Kurzschlusses sogleich mit entnehmen, sofern man nur die Verschiedenheit der zugehörigen numerischen Kurzschlußentfernungen nach Gl. (27) beachtet. Von dieser Möglichkeit wird in der Folge Gebrauch gemacht, indem wir lediglich den Sättigungsfaktor des dreipoligen Kurzschlusses bestimmen. Man gewinnt hierdurch zugleich die Unterlagen für die Kurzschlußberechnung von Einphasengeneratoren, deren Strom offenbar aus Gl. (4) durch Multiplikation mit dem Kurzschluß-Sättigungsfaktor $k(a_3)$ erhalten wird.

Der angegebene Berechnungsgang ist, abgesehen von der Bezugnahme auf die Normalcharakteristik, in Strenge gültig, wenn der Sättigungsfaktor für jeden Generator individuell bestimmt wird. Er wird zu einem Näherungsverfahren, wenn wir ihn über verschiedene Generatoren mitteln und damit den Sättigungsfaktor als eine universell für alle Generatoren gültige Funktion ansehen.

Um die Berechtigung dieser neuen Mittelwertsbildung zu untersuchen, ist der Sättigungsfaktor an den schon oben angeführten 19 Generatoren der verschiedensten Größe und Bauart zahlenmäßig bestimmt worden (Abb. 17 u. 18). Es ist hierbei zweckmäßig, zunächst zwischen Turbogeneratoren und Schenkelpolläufern zu unterscheiden, da diese nach Zahlentafel 4 unter sich recht verschiedene Konstanten aufweisen. Das Ergebnis zeigen die folgenden Zahlentafeln:

Zahlentafel 6. Sättigungsfaktor $k(a_3)$ des dreipoligen Kurzschlusses für Turbogeneratoren (Abb. 19).

Numerische Kurzschlußentfernung a_3	1	2	3	5	9	17	∞
$v = 1$	1,02	1,055	1,06	1,07	1,07	1,05	1,00
1,5	1,54	1,57	1,57	1,57	1,51	1,44	1,21
2	2,06	2,06	2,06	2,00	1,85	1,63	1,33
2,5	2,56	2,56	2,52	2,36	2,02	1,75	1,41
3	3,06	3,03	2,96	2,57	2,16	1,84	1,45
3,5	3,55	3,50	3,28	2,72	2,28	1,91	1,51

Zahlentafel 7. Sättigungsfaktor $k(a_3)$ des dreipoligen Kurzschlusses für Schenkelpolläufer (Abb. 20).

Numerische Kurzschlußentfernung a_3	1	2	3	5	9	17	∞
$v = 1$	1,05	1,06	1,08	1,09	1,07	1,06	1,00
1,5	1,55	1,58	1,59	1,57	1,50	1,38	1,21
2	2,08	2,08	2,06	1,95	1,72	1,54	1,33
2,5	2,60	2,56	2,46	2,17	1,87	1,66	1,40
3	3,09	3,00	2,73	2,36	2,00	1,76	1,46

Man erkennt durch Vergleich der beiden letzten Zahlentafeln, daß in der Tat die Sättigungsfaktoren beider Maschinentypen nur um sehr geringe Größen voneinander abweichen. Ohne daß man den in der Annahme einer einheitlichen Normalcharakteristik liegenden Fehler vergrößert, darf man deshalb die Werte nach Zahlentafel 6 und 7 ausgleichen und erhält mit Beachtung von Gl. (27) folgende Zahlentafel für den allgemein gültigen Sättigungsfaktor, auf ganzzahlige Werte a bezogen:

Zahlentafel 8. Sättigungsfaktor $k(a_3)$ und $k(a_2)$ des drei- und zweipoligen Kurzschlusses.

Relative Kurzschlußentfernung		1	2	4	8	16	32	∞
	a_3							
	a_2	—	1	2	4	8	16	∞
$v = 1$		1,03	1,06	1,08	1,07	1,06	1,03	1,00
1,5		1,55	1,58	1,57	1,52	1,42	1,31	1,21
2		2,07	2,08	2,04	1,83	1,61	1,47	1,33
2,5		2,58	2,55	2,38	1,98	1,73	1,57	1,41
3		3,09	3,02	2,63	2,15	1,82	1,64	1,46
3,5		3,50	3,49	2,94	2,35	1,94	1,73	1,51

Digitized by Google

Um zwischen den Werten der Tafel bequem interpolieren zu können, ist in den Abb. 21 und 22 der Sättigungsfaktor graphisch dargestellt worden. Für eine vorgegebene numerische Kurzschlußentfernung erhält man in Abhängigkeit vom relativen Erregerstrom Kurven nach Abb. 22, welche ähnlich der magnetischen Charakteristik der Maschine verlaufen; in der Tat kann man sie mittels

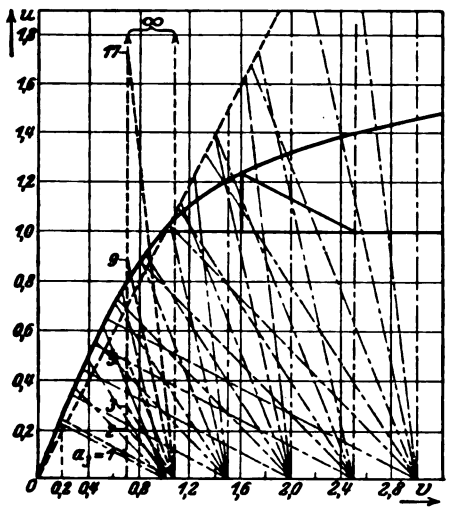


Abb. 18. Ermittlung des Sättigungsfaktors für Schenkelpolläufer.

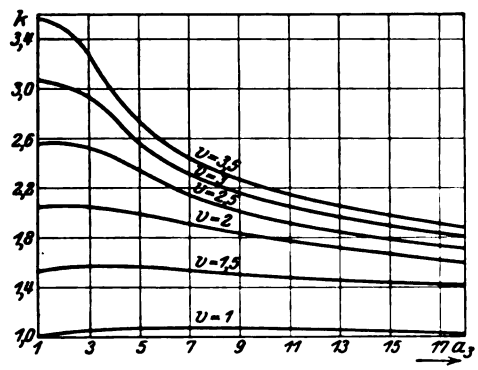


Abb. 19. Sättigungsfaktor für Turbogeneratoren.

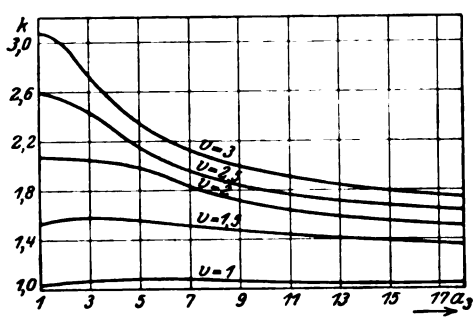


Abb. 20. Sättigungsfaktor für Schenkelpolgeneratoren.

einer Ähnlichkeitstransformation (Übergang auf schiefwinklige Koordinaten) unmittelbar aus der Normalcharakteristik ableiten. Dagegen zeigen die Schaulinien der Abb. 21 an, wie sich mit wachsender numerischer Kurzschlußentfernung bei festem relativen Erregerstrom der Sättigungsfaktor mehr und mehr verringert, sobald der Betriebspunkt in das Gebiet hoher Maschinensättigung rückt.

VIII. Berechnung der Streureaktanz und Ankerreaktanz.

Indem wir den Begriff des Sättigungsfaktors in die Gleichungen und Kurzschlußströme einführen, erhalten wir für den dreipoligen Dauerkurzschlußstrom die endgültige Darstellung

$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}05\,U_n}{\sqrt{3}\,(x_a + x_s + x_n)}\,k(a_3) = \frac{U}{\sqrt{3}\,(x_a + x_s + x_n)}\,k(a_3) \qquad (28)$$

und ebenso für den zweipoligen Dauerkurzschlußstrom

$$I_d^{(2)} = \frac{1{,}05\,U_n}{x_a + 2\,(x_s + x_n)}\,k(a_2) = \frac{U}{x_a + 2\,(x_s + x_n)}\,k(a_2)\,. \qquad (29)$$

Zur Berechnung der Streureaktanz x_s dienen die Angaben des Leistungschildes der Maschine in Verbindung mit der relativen Streuspannung ε_s. Als Mittelwert dieser Streuspannung hatten wir oben $\varepsilon_s = 0{,}24$ genannt; hier wurde beachtet, daß die im Dauerkurzschluß wirksame Streuung infolge der bei Normalbelastung im allgemeinen sehr viel höheren Maschinensättigung größer als die Ständerstreuung einzusetzen ist[8], und es wurde als maßgebender Streuwert für die Konstruktion des Potier-Dreiecks die Ständerstreuung einschließlich der Streuung des Bohrungsfeldes benutzt. Auf Grund von Erfahrungen ist nämlich die Bohrungstreuung im Mittel ein brauchbarer

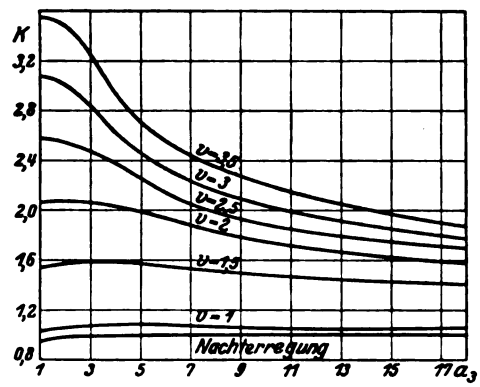


Abb. 21. Gemittelter Sättigungsfaktor.

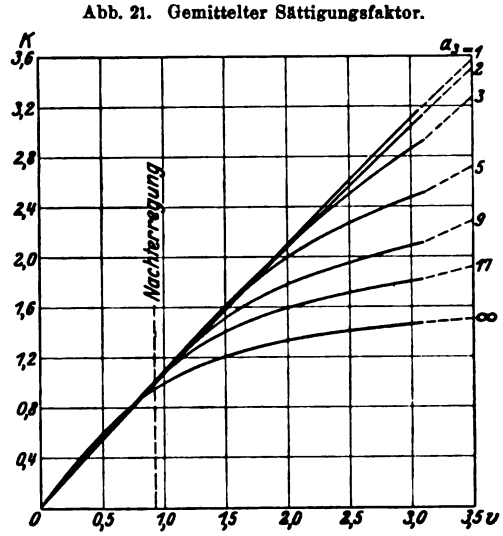


Abb. 22. Gemittelter Sättigungsfaktor.

Anhalt für die Größe der Läuferstreuung, die in Wahrheit zu berücksichtigen wäre. Diese überschlägliche Rechnungsart ist im allgemeinen hinreichend, da die Ankerreaktanz um ein Vielfaches größer ist als die Streureaktanz, so daß der genaue Wert der Streuung keinen großen Einfluß auf die Größe der Dauerkurzschlußströme ausübt.

Sei nun U die Maschinennennspannung, I_a der Nennstrom der Maschine und ε_s die relative Streuspannung im oben erläuterten Sinne, so hat man die Definitionsgleichung der relativen Streuspannung

$$\varepsilon_s = \frac{x_s\,I_n\,\sqrt{3}}{U} \qquad \ldots\ldots\ldots \qquad (30)$$

Hieraus folgt rückwärts zur Ausführung der praktischen Rechnung

$$x_s = \varepsilon_s\,\frac{U}{I_n\,\sqrt{3}} \qquad \ldots\ldots\ldots \qquad (30a)$$

Um die Ankerreaktanz zu bestimmen, beachten wir, daß nach Zahlentafel 8 bei Klemmenkurzschluß ($a_3 = 1$) und Leerlauferregung ($v = 1$) der Sättigungsfaktor des dreipoligen Kurzschlusses nur sehr wenig von 1 abweicht. Den unter diesen Bedingungen eintretenden dreipoligen

[8] Sumec, ETZ 1911, S. 77.

Digitized by Google

Dauerkurzschlußstrom hatten wir mit I_k bezeichnet; man findet somit aus Gl. (28) in sehr guter Näherung

$$I_k = \frac{1{,}05\,U_n}{\sqrt{3}\,(x_a + x_s)} = \frac{U}{\sqrt{3}\,(x_a + x_s)}. \quad \ldots \quad (31)$$

Hieraus findet man sofort

$$x_a = \frac{U}{\sqrt{3}\,I_k} - x_s. \quad \ldots \quad (32)$$

Wir wollen diese Beziehung in Parallele zu der Berechnungsformel (30 a) setzen, indem wir schreiben

$$x_a = \lambda \frac{U}{I_n \sqrt{3}}, \quad \ldots \quad (33)$$

wo die dimensionslose Zahl λ sinngemäß als relative Ankerspannung zu bezeichnen ist. Für sie folgt aus Gl. (32) und (33) leicht

$$\lambda = \frac{1}{I_k/I_n} - \frac{x_s\,I_n\sqrt{3}}{U} = \frac{1}{I_k/I_n} - \varepsilon_s, \quad \ldots \quad (34)$$

wobei Gl. (30) beachtet wurde.

Alle diese einfachen Formeln lassen sich ohne Schwierigkeit auf Einphasengeneratoren übertragen. Für den zweipoligen Dauerkurzschlußstrom dieser Maschinen gilt

$$I_d = \frac{1{,}05\,U_n}{x_a + x_s + x_n}\,k(a_3) = \frac{U}{x_a + x_s + x_n}\,k(a_3). \quad (35)$$

Da die Streuspannung hierbei auf die zweipolige Belastung als Normalfall bezogen ist, hat man einfach

$$x_s = \varepsilon_s \frac{U}{I_n} \quad \ldots \quad (36)$$

und ähnlich für die Ankerreaktanz

$$x_a = \lambda \frac{U}{I_n}, \quad \ldots \quad (37)$$

wobei für die relative Ankerspannung λ die von der Phasenzahl der Maschine unabhängige Gl. (34) beizubehalten ist. Wenn also Streuung und Kurzschlußverhältnis bei Leerlauf bekannt sind, können stets die Streu- und Ankerreaktanz angegeben werden. Genau dieselben Maschinenkonstanten sind zur Berechnung der Läufererregung vor Kurzschlußeintritt und der numerischen Kurzschlußentfernung erforderlich. Somit ist die Berechnung der Dauerkurzschlußströme einheitlich auf der Kenntnis dieser zwei Maschinenkonstanten begründet.

IX. Die Restspannung am Generator.

Neben der Größe der Dauerkurzschlußströme interessiert der Spannungswert, welcher im Kurzschlußlauf an den Generatorklemmen verbleibt. Er berechnet sich am einfachsten als Produkt des Kurzschlußstromes mit der Reaktanz der Kurzschlußstrombahn zwischen den Klemmen und dem Fehlerort.

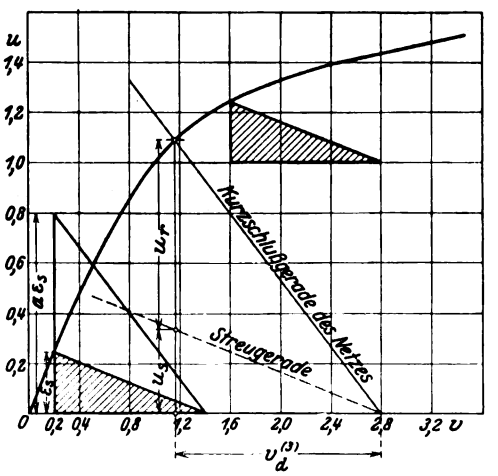


Abb. 23. Graphische Ermittlung der Restspannung des Generators im dreipoligen Kurzschluß.

Für den dreipoligen Kurzschluß erhält man nach dieser Überlegung die verkettete Restspannung an den Generatorklemmen

$$U_r = I_d\,x_n\sqrt{3} \quad \ldots \quad (38)$$

Sie kann auch graphisch nach Abb. 23 bestimmt werden, wenn man beachtet, daß die Summe aus der relativen Restspannung U_r und dem relativen Spannungsabfall U_n in der Generatorstreureaktanz der relativen Generator-EMK gleicht. Zieht man es vor, unter Umgehung des Dauerkurzschlußstromes diese Spannung unmittelbar zu berechnen, so ergibt sich wegen Gl. (28)

$$U_r = \frac{1{,}05\,U_n\,x_n}{x_a + x_s + x_n}\,k(a_3) = U\frac{x_n}{x_a + x_s + x_n}\,k(a_3), \quad (39)$$

also

$$\frac{U_r}{U} = \frac{x_n}{x_a + x_s + x_n}\,k(a_3) = \frac{(a-1)\,x_s}{x_a + a\,x_s}\,k(a_3). \quad (39a)$$

Diese Formel gilt ohne jede Änderung auch für die Restspannung zweipolig kurzgeschlossener Einphasengeneratoren, sofern man nur wie verabredet x_n auf die Reaktanz der Hin- und Rückleitung bezieht und die numerische Kurzschlußentfernung a ebenfalls entsprechend berechnet.

Dagegen ergeben sich beim zweipoligen Kurzschluß der Drehstromgeneratoren wesentlich kompliziertere Verhältnisse. Zunächst erhält man leicht die verkettete Generatorrestspannung zwischen den kurzgeschlossenen Phasenleitern aus

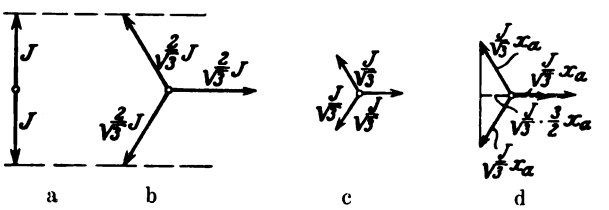
$$U_r = I_d^{(2)}\,2\,x_n, \quad \ldots \quad (40)$$

weil der Kurzschlußstrom die Phasenleiterreaktanzen x_n in Reihe durchfließt, oder mit Rücksicht auf Gl. (29)

$$U_r = \frac{1{,}05\,U_n \cdot 2\,x_n}{x_a + 2\,(x_s + x_n)}\,k(a_2) = U\frac{2\,x_n}{x_a + 2\,(x_s + x_n)}\,k(a_2) \quad (41)$$

oder

$$\frac{U_r}{U} = \frac{2\,x_a}{x_a + 2\,(x_s + x_n)}\,k(a_2) = \frac{2\,(a-1)}{x_a + 2\,a\,x_s}\,k(a_2). \quad (41a)$$



a gegebenes zweipoliges Stromsystem
b Drehstromsystem mit gleichem Augenblickswert
c rechtsläufige Drehfeldkomponente (äquivalenter Drehstrom für gleiche Ankerrückwirkung)
d Ankerspannungen

Abb. 24. Ankerspannungen des zweipoligen Dauerkurzschlußstromes.

Um nun die Spannung $\overline{U_r}$ des gesunden Phasenleiters gegen den Kurzschlußpunkt zu finden, gehen wir auf die Felder eines ungesättigten Generators zurück. Indem man das Drehfeld des Stromes $I_d^{(2)}$ mit dem Felde des äquivalenten symmetrischen Dreiphasenstromes $I' = \frac{I_d^{(2)}}{\sqrt{3}}$ vergleicht, ergibt sich eine Ankerspannung vom Betrage (Abb. 24)

$$I' \cdot \frac{3}{2}\,x_a = I_d^{(2)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\,x_a \quad \ldots \quad (42)$$

zwischen dem Kurzschlußpunkt und dem gesunden Phasenleiter; sie ist von der Leerlaufspannung $\frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \frac{3}{2} = U \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$ abzuziehen, so daß nach Gl. (5) für die ungesättigte Maschine entsteht

$$\overline{U_r} = U \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - I_d^{(2)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\,x_a = U \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\,\frac{2\,(x_s + x_n)}{x_a + 2\,(x_s + x_n)}. \quad (43)$$

Anderseits erhält man aus Gl. (41) für die ungesättigte Maschine

$$U_r = U\frac{2\,I_n}{x_a + 2\,(x_s + x_n)}. \quad \ldots \quad (41b)$$

Das Verhältnis der beiden Restspannungen ist deshalb

$$\frac{U_r}{\overline{U_r}} = \frac{2}{\sqrt{3}}\,\frac{x_n}{x_s + x_n} = \frac{2}{\sqrt{3}}\,\frac{a-1}{a}; \quad \ldots \quad (44)$$

es ist von der Ankerreaktanz der Maschine unabhängig, so daß diese Beziehung auch für die gesättigte Maschine gilt. Hat man also vermittels Gl. (40) oder (41 a) die Restspannung zwischen den kurzgeschlossenen Phasenleitern gefunden, so kann man nach (44) die Spannung auch des gesunden Leiters gegen den Kurzschlußpunkt angeben. Aus diesen beiden Spannungen ergibt sich endlich die

Digitized by Google

Restspannung $\overline{\overline{U_r}}$ zwischen dem gesunden und einem der beiden anderen Phasenleiter nach Abb. 25 zu

$$\overline{\overline{U_r}} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}U_r\right)^2 + \overline{U_r}^2} = \frac{1}{2}U\frac{2x_n}{x_a + 2(x_s + x_n)}k(a_2)\sqrt{1+3\left(\frac{a}{a-1}\right)^2}. \quad (45)$$

Die Deformation des Restspannungs-Dreiecks wird daher durch das Verhältnis geschildert (Abb. 26)

$$\frac{\overline{\overline{U_r}}}{\overline{U_r}} = \frac{1}{2}\sqrt{1+3\left(\frac{a}{a-1}\right)^2}. \quad \ldots\ldots \quad (45a)$$

Man erkennt hieraus, daß und in welchem Maße mit wachsender numerischer Kurzschlußentfernung die Deformation des Spannungsdreiecks abnimmt.

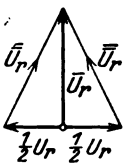


Abb. 25. Restspannungs-Dreieck des Generators im zweipoligen Kurzschluß.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, möge hier ausdrücklich wiederholt werden, daß diese Ergebnisse nur für die mit Dämpferkäfig ausgerüstete Maschine gelten. Fehlt die Dämpferwicklung, so treten beim zweipoligen Kurzschluß in dem gesunden Phasenleiter hohe Überspannungspitzen auf, welche die Kurvenform seiner Spannung stark verzerren. Für das Verhältnis der Restspannungs-Effektivwerte dürfte jedoch Gl. (45a) auch in diesem Falle einen brauchbaren Anhalt liefern.

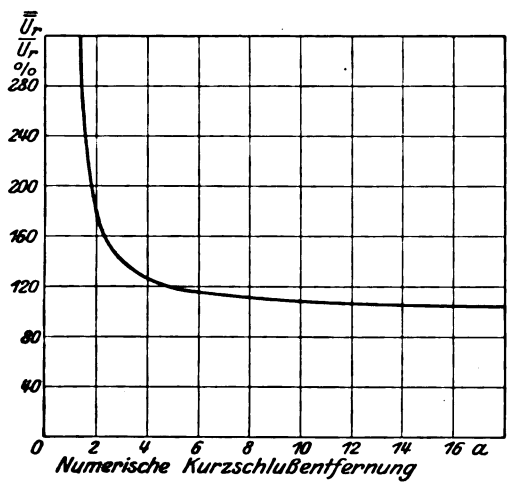


Abb. 26. Deformation des Restspannungs-Dreiecks beim zweipoligen Kurzschluß.

X. Einfluß der Vorbelastung.

In den bisherigen Rechnungen ist die Belastung des Generators vor Kurzschlußeintritt lediglich durch die über die Leerlauferregung hinaus gesteigerte Erregung v entsprechend Gl. (17) berücksichtigt worden. In den meisten Fällen reicht die hiermit erzielte Genauigkeit der Kurzschlußberechnung völlig aus.

Dennoch ist es gelegentlich erwünscht, den Einfluß der Vorbelastung genauer zu kennen. Diese Frage läßt sich leicht für den dreipoligen Kurzschluß von Drehstromgeneratoren und in vollkommen analoger Weise für den zweipoligen Kurzschluß von Einphasenmaschinen beantworten.

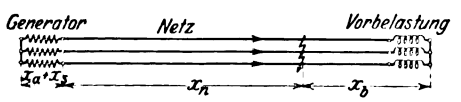


Abb. 27. Dreipoliger Kurzschluß mit gleichzeitigem Kurzschluß der Vorbelastung.

Im einfachsten Falle liegt die Vorbelastung nach Abb. 27 hinter dem Kurzschluß, so daß sie durch ihn spannungslos gemacht wird und nunmehr keine Ströme vom Generator bezieht. Das bisherige Verfahren zur Berechnung der Dauerkurzschlußströme bleibt dann richtig, der Generatorstrom gleicht dem Kurzschlußstrom.

Wenn dagegen nach Abb. 28 die Vorbelastung parallel zur Kurzschlußbahn liegt, verbleibt am Generator eine Restspannung, welche der Vorbelastung weiterhin, wenn auch in vermindertem Grade Strom zuführt. Daher sind die Generatorströme um diese verringerten Vorbelastungsströme größer als die eigentlichen Kurzschlußströme. Um diese Erscheinungen zu übersehen, bezeichnen wir die Reaktanz der Vorbelastung mit x_b; wir setzen sie der Einfachheit halber als rein induktiv voraus. Demnach ist auch die Kombinationsreaktanz aus der Netzreaktanz x_n und der Vorbelastung für den Generator eine rein induktive Belastung mit der „wirksamen Reaktanz"

$$x = \frac{x_n x_b}{x_n + x_b}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (46)$$

welche nun die Rolle der „Netzreaktanz" übernimmt. Demnach ist die wirksame numerische Kurzschlußentfernung a_w jetzt zu berechnen aus

$$a_w = \frac{x_s + x}{x_s} = 1 + (a-1)\frac{x_b}{x_n + x_b} = \frac{x_n + a\,x_b}{x_n + x_b}, \quad (47)$$

wenn a wie früher die numerische Entfernung des Kurzschlusses nach Gl. (19) bedeutet. Der gesamte Generatorstrom ist als Kurzschlußstrom für die Netzreaktanz Gl. (46 aufzufassen, so daß nach Gl. (28)

$$I_g = \frac{U}{\sqrt{3}(x_a + x_s + x)}k(a_{w_3}). \quad \ldots\ldots \quad (48)$$

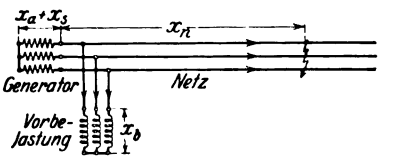


Abb. 28. Dreipoliger Kurzschluß mit paralleler Vorbelastung.

Dieser Strom teilt sich im umgekehrten Verhältnis der Reaktanzen auf den Netzzweig als eigentlicher Kurzschlußstrom und auf den Vorbelastungszweig als verminderter Vorbelastungstrom auf. Für den Dauerkurzschlußstrom ergibt sich deshalb

$$I_d^{(3)} = I_g\frac{x_b}{x_b + x_n} = \frac{U}{\sqrt{3}(x_a + x_s + x)}\frac{x_b}{x_b + x_n}k(a_{w_3}) \quad (49)$$

und mit Beachtung von Gl. (46)

$$I_d^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}\left[(x_a + x_s)\dfrac{x_b + x_n}{x_b} + x_n\right]}k(a_w)$$

$$= \frac{U}{\sqrt{3}\left[x_a\left(1 + \dfrac{x_n}{x_b}\right) + x_s\left(1 + \dfrac{x_n}{x_b}\right) + x_n\right]}k(a_{w_3}). \quad (49a)$$

Im Grenzfalle $x_b \to \infty$ kommt man hiernach natürlich auf die früher genannten Beziehungen zurück, während für $x_b \to 0$ der Dauerkurzschlußstrom verschwindet und der Generator einen Strom vom Betrage des dreipoligen Dauerkurzschlußstromes bei Klemmenkurzschluß führt.

Erheblich schwieriger sind die Erscheinungen beim zweipoligen Dauerkurzschluß der vorbelasteten Maschine zu übersehen. Denn die hier für den dreipoligen Kurzschluß der Dreiphasenmaschine durchgeführten Überlegungen lassen sich nur dann auf den zweipoligen Kurzschluß übertragen, wenn auch die Vorbelastung nur einen zweipoligen Strom im Generator hervorrief; dies ist, abgesehen von Einphasengeneratoren, nur in Ausnahmefällen erfüllt. Vielmehr erfolgt im allgemeinen der zweipolige Kurzschluß nach einer voraufgegangenen dreipoligen symmetrischen Generatorbelastung. Die Erregung vor Kurzschlußeintritt ist deshalb auch für diesen Fall nach Gl. (17) zu berechnen. Wenn es nur auf die Größenordnung des Dauerkurzschlußstromes ankommt, kann man unter Beachtung dieses richtigen Erregungswertes den Kurzschluß näherungsweise als zweipoligen Strom mit nur zweipoliger Vorbelastung auffassen, so daß mit Gl. (46) und (47) entsteht

$$\left.\begin{aligned} I_d^{(2)} &\approx \frac{U}{x_a + 2(x_s + x)}\frac{x_b}{x_b + x_n}k(a_{w_2}) \\ &= \frac{U}{x_a\left(1 + \dfrac{x_n}{x_b}\right) + 2x_s\left(1 + \dfrac{x_n}{x_b}\right) + 2x_n}k(a_{w_2}). \end{aligned}\right\} \quad (50)$$

Die genaue Rechnung ist wesentlich umständlicher. Man hat hier auch schon dann eine Abweichung von dem früher behandelten Normalfall des zweipoligen Kurzschlusses,

Digitized by Google

wenn die Vorbelastung nach Abb. 29 durch den Kurzschluß selbst zweipolig überbrückt wird. Die Rechnung ergibt

$$I_d^{(2)} = \frac{U}{x_a\left(1+\frac{x_s+x_n}{x_b+x_s+x_n}\right)+2(x_s+x_n)}\,k(a_{w_2})$$

$$= \frac{U}{x_a+2\,a_w\,x_s}\,\frac{a_w}{a}\,k(a_{w_2}), \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (51)$$

wobei die wirksame numerische Kurzschlußentfernung zu bestimmen ist nach

$$a_w = a\,\frac{x_b+x_s+x_n}{x_b+2(x_s+x_n)} = a\,\frac{x_b+a\,x_s}{x_b+2\,a\,x_s} \quad \ldots \quad (52)$$

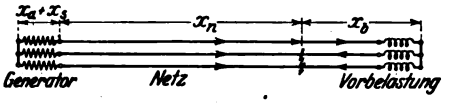


Abb. 29. Zweipoliger Kurzschluß über dreipolige Vorbelastung.

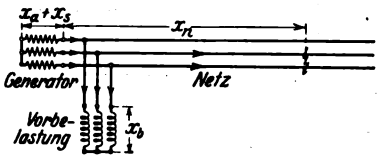


Abb. 30. Zweipoliger Kurzschluß mit paralleler dreipoliger Vorbelastung.

Man erkennt mit Rücksicht auf Gl. (27), daß man für $x_b \to \infty$ auf unsere früheren Formeln zurückkommt. Die Vorbelastung wird also in einer Vergrößerung der Ankerrückwirkung und einer Verkleinerung der numerischen Kurzschlußentfernung wirksam.

Wenn die Vorbelastung nach Abb. 30 parallel zum Kurzschlußzweig unmittelbar am Generator liegt, erhält man als zweipoligen Dauerkurzschlußstrom

$$I_d^{(2)} = \frac{U}{x_a\left(1+\frac{x_a}{x_b+x_a}\cdot 2\,\frac{x_n}{x_b}\right)+2\,x_s\left(1+\frac{x_n}{x_s}\right)+2x_n}\,k(a_{w_2})$$

$$= \frac{U}{x_a+2\,a_w\,x_s}\,\frac{a_w}{a+\frac{x_n}{x_b}}\,k(a_{w_2}) \quad \ldots\ldots \quad (53)$$

mit

$$a_w = \frac{\frac{1}{2}\left(1+\frac{x_n}{x_b}\right)+(a-1)\left(1+a\,\frac{1}{2}\,\frac{x_b}{x_n}\right)}{\left(1+\frac{x_n}{x_b}\right)+(a-1)\left(1+\frac{1}{2}\,\frac{x_b}{x_n}\right)} \quad \ldots \quad (54)$$

oder in sehr guter Näherung für $a > 2$

$$a_w \approx \frac{a}{2\,\frac{x_n}{x_b}+1}+\frac{\left(2\,\frac{x_n}{x_b}\right)^2}{\left(2\,\frac{x_n}{x_b}+1\right)^2} \quad \ldots \quad (54a)$$

Der Beweis der wichtigen Gleichungen (51) ... (54a) wird in einer besonderen Arbeit nachgetragen werden, welche den zweipoligen Kurzschluß bei dreipoliger Vorbelastung behandelt. *(Schluß folgt.)*

Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn*.

Von Dr.-Ing. **Walter Reichel**, Berlin.

(Fortsetzung von S. 169.)

III. Inbetriebnahme der Anlagen der Berliner elektrischen Hoch- und Untergrundbahn.

Es ist von Interesse, die Vergrößerung der Energieerzeugung im Laufe der Jahre gleich an dieser Stelle zu verfolgen. Bald nach der ersten Inbetriebnahme des Kraftwerks Anfang des Jahres 1902 und besonders nach der Streckenverlängerung bis zum Knie stieg der Strombedarf rasch an. Daher mußte eine weitere stehende Zweifach-Expansionsmaschine der Görlitzer Maschinenfabrik, 100 U/min, direkt gekuppelt mit einem Gleichstromgenerator mit Außenpolen, 1100 kW Leistung, aufgestellt werden, 1904 noch eine solche Maschine. Für die im Jahre 1906 neu gebaute Strecke Knie—Wilhelmplatz ist zum ersten Male die Drehstromspeisung vom Kraftwerk bis zum Umformerwerk Bismarckstraße (unterirdisches Unterwerk) notwendig geworden. Es wurden im Kraftwerk Trebbiner Straße zwei Einankerumformer von je 730 kW aufgestellt, die über einen Transformator 10 kV Spannung hervorbringen konnten bei einer Frequenz von 40 Hz, die mit Rücksicht auf die Kommutierung gewählt war. Zwei solcher Einankerumformer wurden im Unterwerk Bismarckstraße aufgestellt und auch hier durch eine Pufferbatterie mit Pirani-Maschinen unterstützt. Die Drehstromübertragung erfolgte also mit 10 kV bei 40 Hz.

Das Unterwerk Bismarckstraße wurde 1908 für die anschließende Strecke Bismarckstraße—Reichskanzlerplatz in der Weise erweitert, daß die zwei Einankerumformer vom Kraftwerk Trebbiner Straße nach dem Unterwerk Bismarckstraße übergeführt wurden und im Kraft-

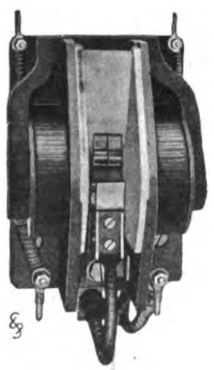


Abb 41. Gleichstromhüpfer, Bauart 1906.

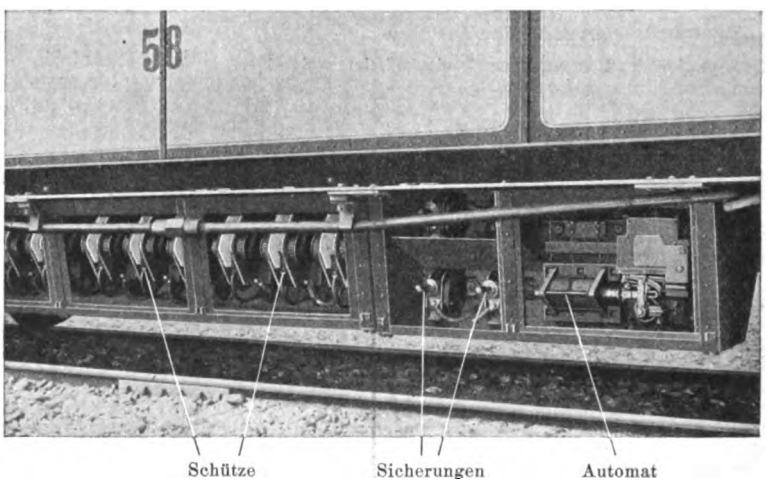


Abb. 42. Schützensteuerung am Wagen der Berliner Hoch- und Untergrundbahn, 1906.

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins.

Digitized by Google

werk zwei Motorgeneratoren von je 1000 kW bei 780 V Gleichstrom und 10 kV Drehstrom, 40 Hz, aufgestellt wurden. Gleichzeitig wurde das Kraftwerk mit zwei Zoelly-Turbosätzen von je 2 × 1200 kW Leistung ver-

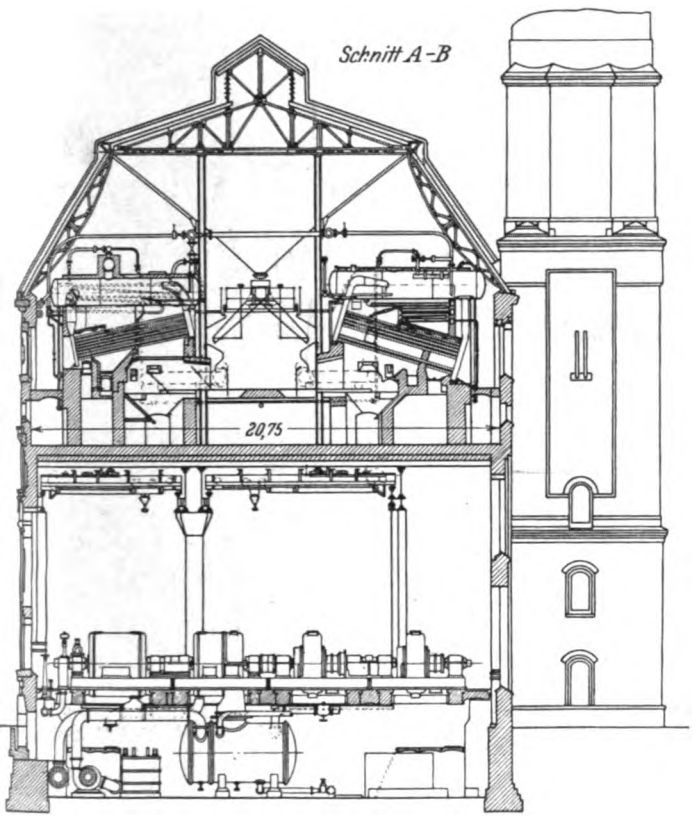


Abb. 40 a.

mit Drehstromerzeugung von 10 000 V und 40 Hz in drei Turbogruppen von je 4000 kVA, späteren Erweiterungen mit einem Turbogenerator von 4750 kVA und zwei Einheiten von je 10 500 kVA unter Wegfall einer der ältesten Maschinen, so daß es insgesamt bei vorübergehender geringer Überlastung etwa 40 000 kVA hergeben kann.

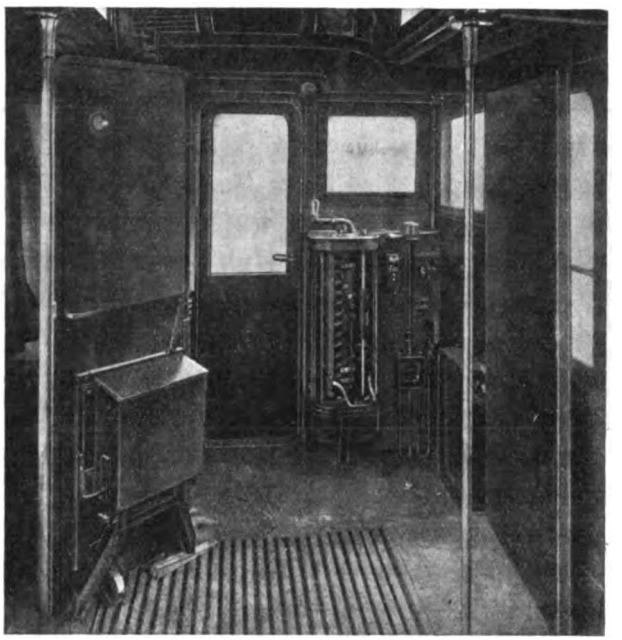


Abb. 43. Führerstand und Steuerstrom-Fahrschalter im Wagen der Berliner Hoch- und Untergrundbahn, 1906.

Der Ausbau der weiteren Strecken Leipziger Platz—Spittelmarkt—Alexanderplatz—Schönhauser Allee—Nordring bis zum Jahre 1914 einerseits und auf der anderen Seite die Strecken nach Schöneberg sowie die Strecke Reichskanzlerplatz—Stadion verlangten die Anlage der Unterwerke am Senefelderplatz, in der Baumeisterstraße

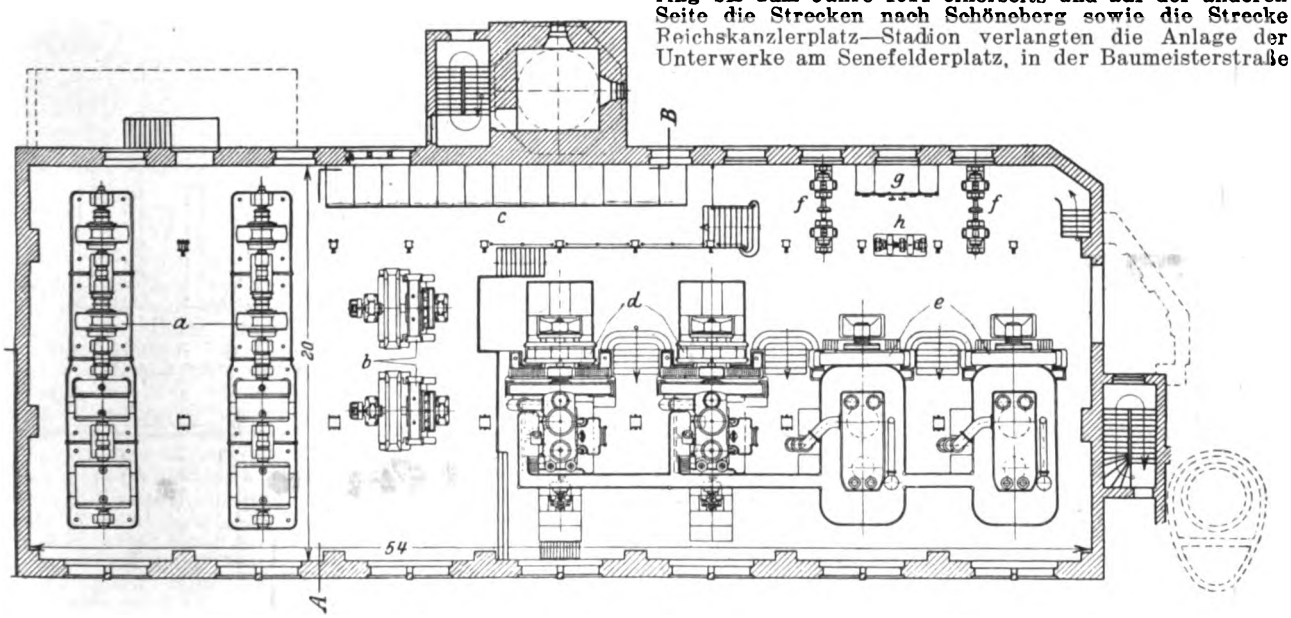


Abb. 40 b.

a Zoelly-Turbosätze, je 2 × 1200 kW, 1000 U/min
b Motorgeneratoren, je 1000 kW, 300 U/min
c Hauptschaltanlage
d Dampfmaschinen mit Innenpoldynamos, je 800 kW, 115 U/min
e Dampfmaschinen mit Außenpoldynamos, je 1100 kW, 100 U/min
f, *h* Hilfsmaschinen
g Batterie-Schalttafel

Abb. 40 a und b. Aufriß und Grundriß des Kraftwerkes Trebbiner Straße der Berliner Hoch- und Untergrundbahn, nach 1908.

größert, so daß nunmehr das ganze Kraftwerk die Gestalt bekam, wie sie Abb. 40 a und b zeigen.

Um die Leistungsteigerung der nächsten Jahre 1908/12 zu bewältigen, wurde das Kraftwerk Unterspree gebaut und in Betrieb genommen als normale Überlandzentrale und in der Forckenbeckstraße, die alle mit Kaskadenumformern von 750 oder 1500 kW sowie mit Pufferbatterie und Lancashire-Schaltung ausgerüstet wurden. Während des Weltkrieges 1914/18 und einige Jahre nachher traten keine Veränderungen ein.

Digitized by Google

Im letzten Jahrzehnt veraltete das Kraftwerk Trebbiner Straße immer mehr und wurde schließlich stillgelegt, nachdem im Jahre 1925/26 ein Umformerwerk „Gleisdreieck" errichtet worden war mit vier Kaskadenumformern von je 3000 kW, welche vom Kraftwerk „Unterspree" mit 10 000 V bei 40 Hz gespeist werden. Die zwei Synchron-Motorgeneratoren von je 1000 kW und die Pufferung durch Batterie blieben als einziger Rest übrig.

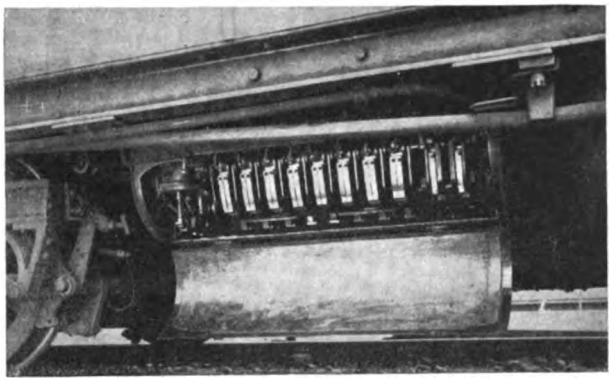


Abb. 44. Fahrtwender am Wagen der Berliner Hoch- und Untergrundbahn, 1906.

Die Speisung der Strecken erfolgt nunmehr nur aus neuzeitlichen Unterwerken über Streckenschnellschalter.

Die endgültige Entwicklung der ganzen Kraftversorgung ist den Weg gegangen wie auch in allen möglichen andern Anlagen, so daß schließlich im Kraftwerk nur noch Drehstromhochspannung erzeugt und in den Unterwerken mit Hilfe von Umformern Drehstrom in Gleichstrom umgewandelt wird. Damit hat sich die Ausgestaltung eines Kraftwerks für die Zwecke einer Stadtschnellbahn in gleicher Weise entwickelt wie für sonstige Licht- und Kraftanlagen, und der Schwerpunkt der bahnseitigen Sonderausrüstung ist nach den Unterwerken verlegt worden.

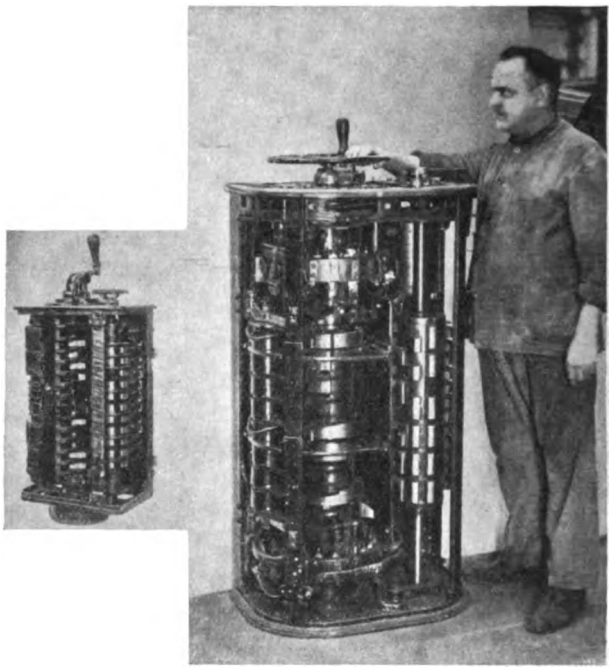
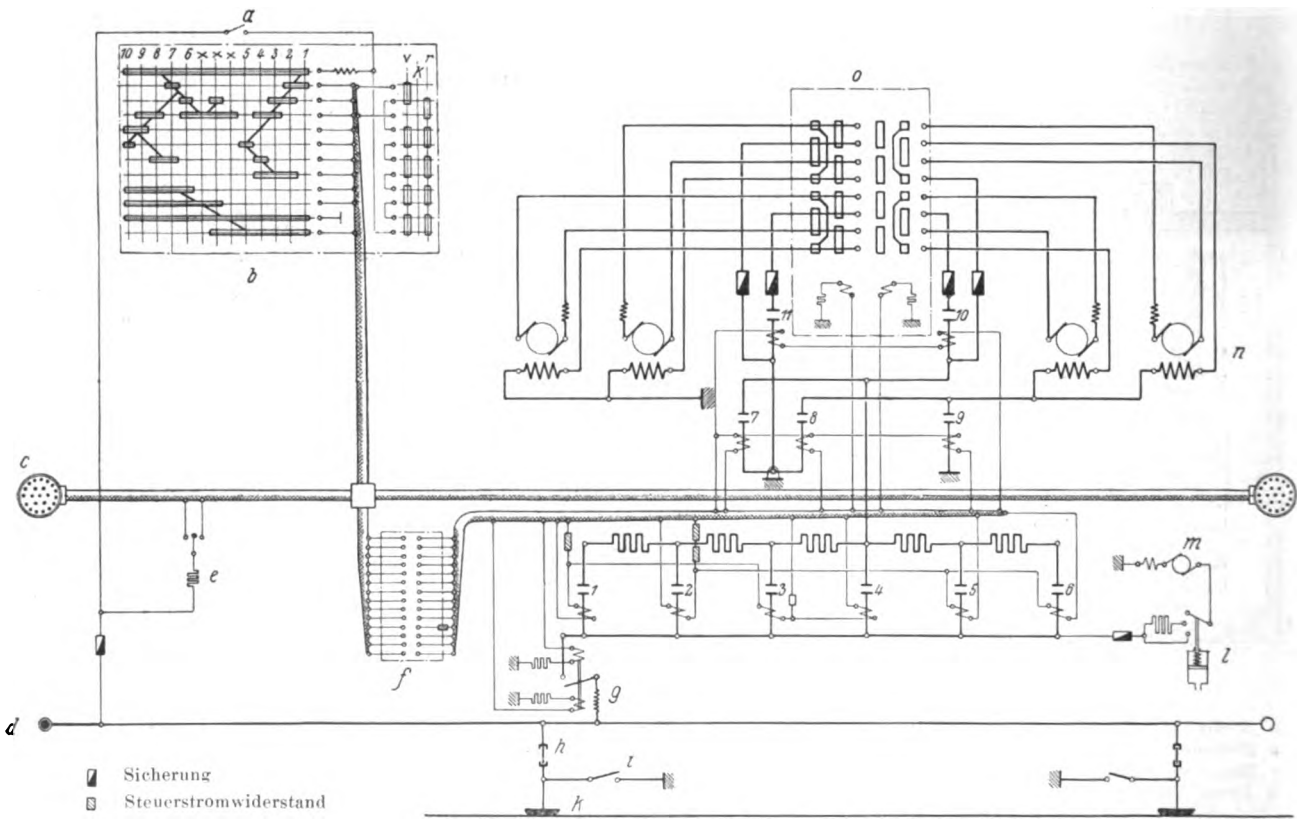


Abb. 45. Führerschalter der Berliner Hoch- und Untergrundbahn, links für Fernsteuerung (nach 1906), rechts für Starkstromschaltung (vor 1906).



a	Steuerstromschalter		Vielfachschalter	*k*	Stromabnehmer
b	Führerschalter	*g*	Automat	*l*	selbsttätiger Schalter für *m*
c	Steuerstromkupplung	*h*	Stromabnehmer-Sicherung	*m*	Luftpressermotor
d	Starkstromkupplung			*n*	Fahrmotoren
e	Schalter für den Automaten	*i*	Kurzschließer	*o*	Fahrtwender

1 ... 6 Stufenschütze
7 u. 9 Parallelschaltungsschütze
8 Reihenschaltungsschütz
10 u. 11 Motortrennschütze

Abb. 46. Vereinfachtes Schaltbild der Vielfachsteuerung des Wagens der Berliner Hoch- und Untergrundbahn.

Digitized by Google

Die Inbetriebsetzung der Strecken und der Züge im Februar 1902 ging störungslos vonstatten, ebenso wie der nachfolgende Betrieb die Betriebstüchtigkeit der Züge und aller geschaffenen Anlagen in vollem Umfange erwies. Da der Verkehr bald innerhalb der ersten Betriebsjahre stark zunahm, so mußte auch bald die Bildung von Doppelzügen durchgeführt und wegen Ersparnis eines zweiten Führers zu einer anderen Art der Steuerung übergegangen werden, welche sich gerade in der Zeit zu Anfang des Jahrhunderts zu entwickeln begann: die sog. Vielfachsteuerung der Züge. (Die Aufgabe ist erstmalig von dem Amerikaner Sprague gelöst worden, der mit Hilfe eines kleinen Motors den Hauptfahrschalter jedes Motorwagens bewegte.) Der Grundgedanke der Vielfachsteuerung war derselbe wie bei irgendwelchen anderen Schaltapparaten, die infolge ihrer Größe oder infolge ihrer Vielheit sich nicht ohne weiteres von Hand bewegen lassen, bei denen vielmehr ein Betätigen von einer abseits liegenden Stelle mit Hilfe der sog. Fernsteuerung entweder auf magnetischem Wege oder mit Druckluft oder mit Elektromotor erforderlich ist. Für jede einzelne Fahrstufe ist eine bestimmte Anzahl von Kontakten zu schließen, und daher tauchte sehr bald der Gedanke auf, diese Schließung nicht von Hand an einer Hauptschaltwalze, sondern durch ferngesteuerte Magnete zu bewirken, welche die betreffenden Kontakte zu öffnen und zu schließen hatten. Solche einzelnen Kontaktgeber nannte man Hüpfer oder Schütz (Abb. 41). Fügte man eine größere Anzahl von derartigen Schützen zueinander (Abb. 42) und betätigte die Magnete derselben mit Steuerstrom von einem kleinen Steuerstrom-Fahrschalter vom Führerstande aus (Abb. 43), so war der Gedanke der Fernsteuerung gelöst. Die Fahrtwendung sollte dabei durch einen Fahrtwender (Abb. 44) gesondert bewirkt werden. Den Größenunterschied zwischen dem Führerschalter für Fernsteuerung und dem Führerschalter für die Starkstromschaltung bringt die Abb. 45 klar zum Ausdruck, in der beide im gleichen Maßstab dargestellt sind. Ein vereinfachtes Schaltbild der Vielfachsteuerung ist in Abb. 46 wiedergegeben.

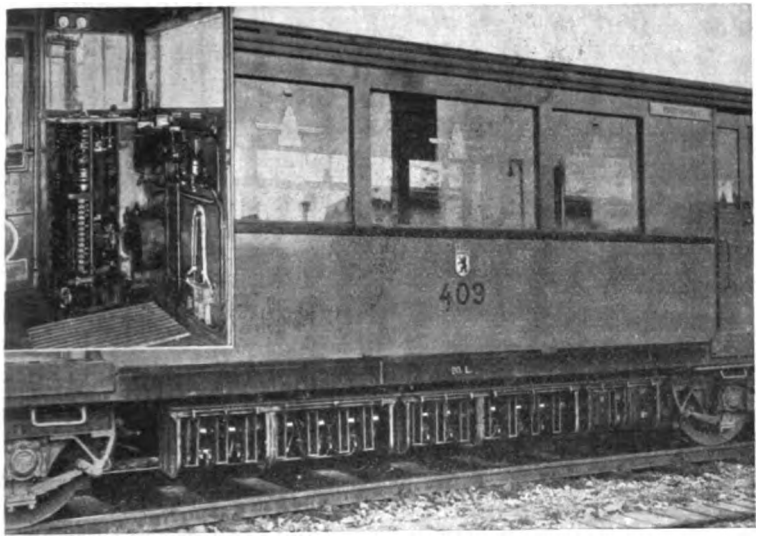


Abb. 47. Selbsttätige Steuerung des Wagens der Berliner Hoch- und Untergrundbahn; Walze des Führerschalters durch Motor angetrieben, 1927.

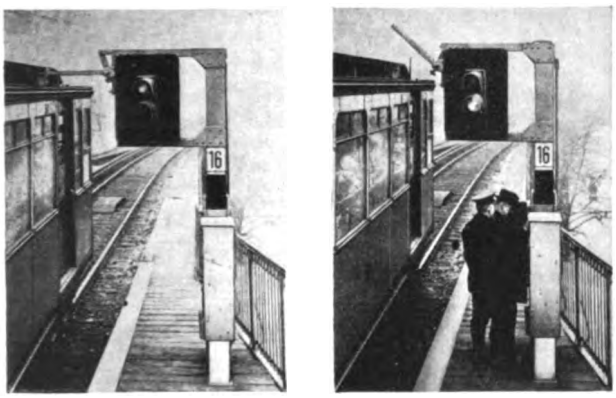


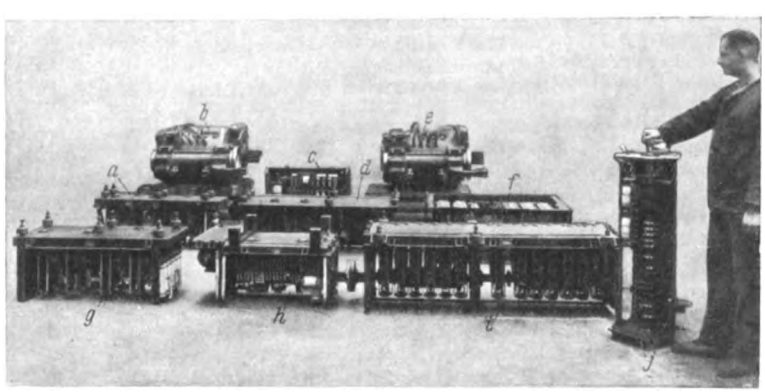
Abb. 48. Fahrsperre der Berliner Hoch- und Untergrundbahn.

Die Entwicklung der Zugsteuerung nahm zeitlich den Verlauf, daß bis 1906 nur Wagen mit direkter Handsteuerung fuhren, daß dann 1902/04 verschiedene Versuche mit Druckluftantrieb und mit Sprague-Schaltung und 1906/07 mit Vielfach-Hüpfersteuerung angestellt wurden, welch letztere endgültig gewählt wurde. Im Verlauf der weiteren Betriebsjahre wurden dann nach und nach sämtliche Motorwagen der elektrischen Hoch- und Untergrundbahn mit dieser Zugsteuerung versehen, und damit wurde die Möglichkeit geschaffen, nicht nur Blockzüge von 3 oder 4 Wagen, sondern auch solche von 6 und 8 Wagen nach Belieben zu fahren. Vom Jahre 1927/28 ab wurden Züge mit selbsttätiger Steuerung beschafft, u. zw. Schützensteuerung mit einem Führerschalter, dessen Walze von einem Hilfsmotor so angetrieben wird, daß nach Belieben des Führers entweder Stufe für Stufe eingestellt oder die Kurbel gleich in eine Endstellung gestellt werden kann und der Motor das Nachlaufen der Walze bewirkt (Abb. 47). Man kann diese Steuerung auch als halbselbsttätige benutzen. Solche Steuerung ist in den letzten Jahren bereits für nahezu 100 Motorwagen und 100 Beiwagen beschafft worden.

Die Hochbahn verwendet immer noch die Zweikammerbremse von Knorr, deren Durchschlagsgeschwindigkeit verbessert ist durch Einbau von mit Batteriestrom betätigten elektropneumatischen Brems- und Löseventilen. Außerdem wurden nach dem Unglück auf dem Gleisdreieck die Motorwagen mit einer Fahrsperre ausgerüstet[4] (Abb. 48).

Der gesamte Wagenpark (also umgebaute Wagen, handgesteuerte und selbsttätig gesteuerte Wagen) der Hochbahn besteht heute aus 420 Motorwagen und 370 Beiwagen. Je nach Erfordernis werden 8-, 6-, 4-, 3- und 2-Wagenzüge zusammengestellt. Im Laufe der Jahre hat sich das Netz der Berliner Hoch- und Untergrundbahn immer weiter ausgedehnt und hinzugetreten sind die Städtische Berliner Nordsüdbahn, welche mit 47 Fünfwagenzügen (2 Triebwagen, 3 Beiwagen) und 6 Vierwagenzügen betrieben wird, sowie die Bahn Gesundbrunnen—Neukölln.

[4] ETZ 1910, S. 108.



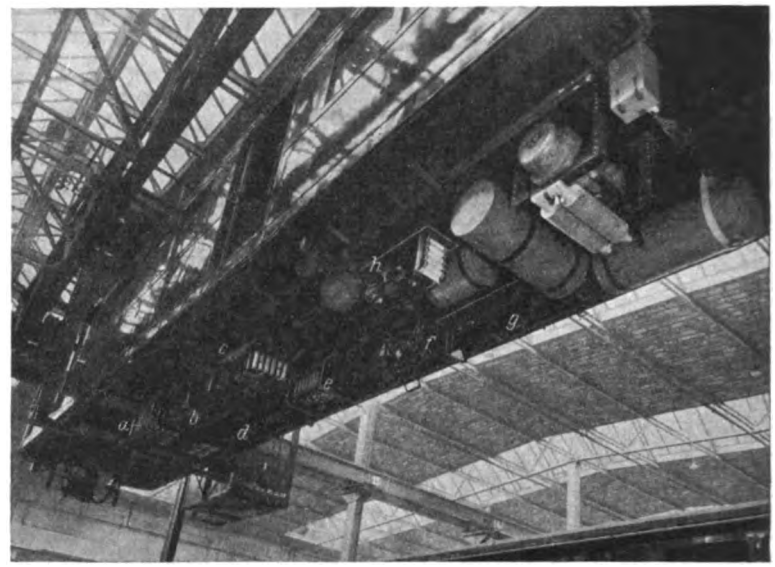
a Relais
b, *e* Fahrmotoren
c Fahrtwender
d selbsttätiger Ausschalter
f Anfahrwiderstände
g Linienschütze
h selbsttätiger Steuerschalter
i Nockenschaltwerk
j Führerschalter

Abb. 49. Selbsttätige Vielfachsteuerung mit elektrisch angetriebenem Nockenschaltwerk; Bahn Gesundbrunnen—Neukölln, 1929.

Digitized by Google

Den Wagenpark dieser G.-N.-Bahn bilden 114 zweimotorige Triebwagen mit rein elektrischer selbsttätiger Steuerung der Siemens-Schuckertwerke, bestehend aus einem kleinen Führerschalter (Abb. 49), von dem aus der mit Motor angetriebene Steuerschalter mit Nockenschützen gesteuert wird (Abb. 50). Die Bremse ist eine vereinfachte Kunze-Knorr-Bremse, die vermittels Kniehebel auf Radsatz-Bremsscheiben wirkt. Der Wagenpark weist ferner aus: 30 zweimotorige Triebwagen mit selbsttätiger Steuerung mit Einzelschützen und Kurzschlußbremse (AEG); die Bremsstufen werden von Hand gesteuert. Die Schlußbremsung erfolgt mit auf das Getriebe wirkender Federbremse.

Der Stand der Strecken und Unterwerke am Ende des Jahres 1929 wird etwa durch Tafel 1 zum Ausdruck gebracht. Der Entwicklung weiterer Schnellbahnlinien ist eine Grenze nicht gezogen. Der gute Betrieb und die Betriebserfolge der Berliner Hoch- und Untergrundbahn haben dann in der Folgezeit auch noch Veranlassung dazu gegeben, nach dem Vorbilde der Berliner Hoch- und Untergrundbahn unter Verwendung von deren Grundlagen mit gewissen Abwandlungen eine Hoch- und Untergrundbahn Hamburg zu bauen, die im Jahre 1912 als gemeinsame Arbeit der SSW und AEG eröffnet wurde. Auch diese Bahn hat im Laufe der Jahre bis heute erhebliche Erweiterungen erfahren und hat sich im Betriebe tadellos bewährt.



a Anfahrwiderstände
b selbsttätiger Ausschalter
c Linienschütze
d Nockenschaltwerk
e selbsttätiger Steuerschalter
f Fahrtwender
g Hilfsschütze
h Relais

Abb 50. Steuerungsteile am Wagen der Bahn Gesundbrunnen—Neukölln.

Tafel 1. Strecken und Unterwerke; Stand Ende 1929.

I. Berliner Hoch- und Untergrundbahn.

Umformerwerk Gleisdreieck
gespeist vom Kraftwerk Unterspree mit 10 kV, 40 Hz.

Installierte Leistung: 4×3000 = 12 000 kW in Kaskadenumformern
2×1000 = 2 000 kW in Synchronmotor-Generatoren

Gespeiste Strecken:
1. Gleisdreieck—Nollendorfplatz
2. Nollendorfplatz—Wittenbergplatz—Uhlandstraße
3. Nollendorfplatz—Viktoria-Luise-Platz (Schöneberger Bahn)
4. Nollendorfplatz—Zoologischer Garten mit Abzweig Wittenbergplatz—Nürnberger Platz (Wilmersdorfer Bahn)
5. Gleisdreieck—Kaiserhof
6. Kaiserhof—Spittelmarkt

Umformerwerk Bismarckstraße
gespeist vom Kraftwerk Unterspree mit 10 kV, 40 Hz.

Installierte Leistung: 4× 730 = 2920 kW in Einankerumformern
3×1150 = 3450 kW in Großgleichrichtern

Gespeiste Strecken:
1. Zoologischer Garten—Bismarckstraße
2. Bismarckstraße—Wilhelmplatz mit Abzweig nach Sophie-Charlotte-Platz
3. Sophie-Charlotte-Platz—Reichskanzlerplatz
4. Reichskanzlerplatz—Stadion—Ruhleben

Umformerwerk Senefelderplatz
gespeist vom Umspannwerk Marienburg der BEWAG mit 6 kV, 50 Hz (kürzlich umgebaut von 40 Hz in 50 Hz).

Installierte Leistung: 3×1500 = 4500 kW in Kaskadenumformern
1×2000 = 2000 kW „ „
1×3000 = 3000 kW in einem Gleichrichter

Gespeiste Strecken:
1. Spittelmarkt—Klosterstraße
2. Klosterstraße—Senefelderplatz
3. Senefelderplatz—Nordring

Umformerwerk Baumeisterstraße
gespeist vom Elektrizitätswerk Süd-West mit 6 kV, 50 Hz.

Installierte Leistung: 2×750 = 1500 kW in Kaskadenumformern
1× rd. 800 = rd. 800 kW im Großgleichrichter

Gespeiste Strecke:
Viktoria-Luise-Platz—Hauptstraße (Schöneberger Bahn)

Umformerwerk Forckenbeckstraße
steht im Kraftwerk Forckenbeckstraße des Elektrizitätswerkes Süd-West, welches dafür 6 kV, 50 Hz erzeugt.

Installierte Leistung: 2×1500 = 3000 kW in Kaskadenumformern
1× rd. 1200 = rd. 1200 kW in Großgleichrichter

Gespeiste Strecken:
1 Nürnberger Platz—Heidelberger Platz
2. Heidelberger Platz—Podbielski-Allee
3. Podbielski-Allee—Thielplatz

Diese Wilmersdorfer Bahn ist zur Zeit in der Verlängerung begriffen bis Aisenstraße, Zehlendorf. Dafür ist nahezu vollendet das Umformerwerk Zehlendorf, in welchem installiert sind:
2×1200 = 2400 kW in Großgleichrichtern.

II. Berliner Nordsüdbahn.

Umformerwerk Wedding
gespeist vom Umspannwerk Moabit mit 6 kV, 50 Hz.

Installierte Leistung: 4×1500 = 6000 kW in Kaskadenumformern

Gespeiste Strecken:
1. Seestraße—Reinickendorfer Straße
2. Reinickendorfer Straße—Stadtbahn

Umformerwerk Hallesches Tor
gespeist von den Umspannwerken Kottbuser Ufer und Mauerstraße der BEWAG mit 6 kV, 50 Hz.

Installierte Leistung: 4×1500 = 6000 kW in Kaskadenumformern
2×2400 = 4800 kW „ „

Gespeiste Strecken:
1. Stadtbahn—Hallesches Tor
2. Hallesches Tor—Gneisenaustraße mit Abzweig nach Belle-Alliance-Straße
3. Belle-Alliance-Straße—Tempelhof

Die bisher unter den Umformerwerken Wedding und Hallesches Tor aufgezählten Strecken gehören zur Nordsüdbahn.

4. Gleisdreieck—Prinzenstraße
5. Prinzenstraße—Görlitzer Bahnhof
6. Görlitzer Bahnhof—Warschauer Brücke

Die unter 4., 5., 6. genannten Strecken gehören der ursprünglichen Hochbahn-Stammstrecke an.

III. Bahn Gesundbrunnen—Neukölln.

Umformerwerk Hermannplatz (Neukölln)
gespeist vom Umspannwerk Kottbuser Ufer der BEWAG mit 6 kV, 50 Hz.

Installierte Leistung: 6×1150 = 6900 kW in Großgleichrichtern
2× 750 = 1500 kW „ „

Gespeiste Strecken:
1. Gneisenaustraße—Hermannplatz
2. Hermannplatz—Bergstraße

Diese Strecken gehören noch zur Nordsüdbahn.

3. Leinestraße—Hermannplatz
4. Hermannplatz—Neanderstraße.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Verminderung der Verluste im Bleimantel von Einleiterkabeln. — Die Anwendung von Einleiterkabeln nimmt zufolge der Höhe der heutigen Übertragungsspannungen ständig zu. Dabei gewinnen die Bleimantelverluste immer mehr an Bedeutung. Sie hängen ab vom Kabeltyp, von der Stromstärke, der Frequenz und dem Abstand der Phasen voneinander. Wie die Verluste von den Abmessungen des Kabels und dem Abstand bedingt werden, zeigt Zahlentafel 1, unter 1) und 2) für ein Kabel von 254 mm² Leiterquerschnitt, 15,8 mm Isolation, 3,2 mm Bleistärke, und unter 3) und 4) für 760 mm², 9,5 mm Isolation und 3,2 mm Bleistärke.

Zahlentafel 1.

Abstand	7,6 cm	15,2 cm	23 cm	30 cm	38 cm	
1) Verluste bei kurzgeschl. Bleimantel	15	45	65	82	97	% der Cu-Verluste
2) zulässige Belastung bei gleicher Übertemperatur	97	93	89	87	86	% der Vollast
3) wie 1)	45	134	196	245	284	% der Cu-Verluste
4) wie 2)	91	78	70	65	64	% der Vollast

Erdung und Verbindungen der Bleimäntel sind notwendig, um das Entstehen gefährlicher Spannungen zu verhindern.

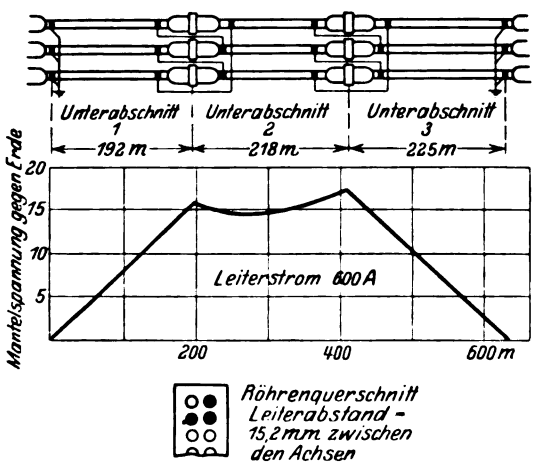


Abb. 1. Über Kreuz verbundene Kabelabschnitte mit Isoliermuffen; Verteilung der Spannung gegen Erde im Mantel.

Die hohen Bleimantelverluste lassen sich nun nach einem neuen Vorschlag von Searing und Kirke durch die in Abb. 1 dargestellte Anordnung vermindern. Ein Kabelabschnitt wird in drei möglichst gleiche Teile geteilt, die Abschnittenden werden geerdet und die Unterabschnitte nach dem Schema der Abb. 1 durch Ioliermuffen getrennt und gekreuzt verbunden. Durch dieses Kreuzen entsteht gewissermaßen eine geschlossene Transformatordreieckwicklung, und die induzierten Spannungen heben sich um so vollständiger auf, je genauer die Unterabschnitte unter sich gleich sind. Die Isoliermuffen haben sehr verschiedenartige Bedingungen zu erfüllen, müssen insbesondere bei Formänderungen des Kabels druckdicht und auch bei Verlegung im Wasser unversehrt bleiben. Diese Aufgabe läßt sich in verschiedener Weise lösen. Was man mit dem Kreuzen erreichen kann, zeigt die Zahlentafel 2, welche sich auf das erste der oben genannten Kabel bezieht.

Zahlentafel 2.

Strom im Leiter	100 A	175 A	250 A	350 A	
Gesamtverluste kV/km	3,5	10,8	21,6	43	Bleimäntel verbunden
in 1 Phase	2,4	6,9	14,5	28,5	„ gekreuzt verb.

Man sieht, wie sich der Vorteil des Verfahrens gerade bei hohen Belastungen auswirkt. Im Fehlerzustand wird eine Spannung zwischen den Bleimänteln von 200 V als höchstzulässig erachtet, im Normalbetrieb also etwa 20 V; daraus berechnet sich unter Berücksichtigung der übrigen bereits festliegenden Größen die Abschnittlänge. Der untere Teil der Abb. 1 zeigt die Spannungsverteilung über die Gesamtlänge dreier Unterabschnitte des in der Zahlentafel 1 unter 3) und 4) angeführten Kabels.

Untersuchungen über die elektrolytischen Vorgänge haben erwiesen, daß eine Wechselspannung von 20 V in dieser Hinsicht unbedenklich ist, selbst wenn die Bleimäntel ganz im Grundwasser liegen. Außerdem tritt diese Spannung nur bei Vollast, also nicht dauernd auf. Wenn eiserne Verlegungsröhren, die an sich zu vermeiden sind, unumgänglich sind, empfiehlt sich die Parallelschaltung eines Hilfsleiters zu dem Eisenkanal. Bei ölgefüllten Kabeln mit gemeinsamem Ölbehälter müssen die Ölleitungen Isoliermuffen erhalten, um Kurzschluß-Schleifen zu vermeiden. (H. R. Searing u. W. B. Kirke, El. World Bd. 92, S. 685.) *Eg.*

Die Eignung von Kabeln zur Verlegung. — Wenn das Streben der Kabeltechniker darauf gerichtet ist, Kabel zu konstruieren, die eine besonders hohe Betriebsicherheit und elektrische Beanspruchung gewährleisten, so ist mit der Lösung dieser Aufgabe auch indirekt die Frage des Gewichtes verknüpft, ohne daß sie besonders in den Vordergrund tritt. Sie ergibt sich aber aus den Forderungen des Wettbewerbs. Es fällt daher auf, wenn einmal versucht wird, den umgekehrten Weg zu beschreiten und geringes Gewicht und größte Handlichkeit des Kabels als Richtlinien für eine Kabelkonstruktion zu wählen. Diesen Weg ist Sommerfeld[1] gegangen, indem er die traditionelle Kreisform der Kabelquerschnitte aufgab und alles in der Kabelseele fortließ, was elektrisch entbehrlich war. Er kam so zu einem Dreieckquerschnitt mit abgerundeten Ecken, der im übrigen den Aufbau der Kabelseele hinsichtlich Leiteraufbau, Isolationsstärke und Verseilung unangetastet läßt. Dieses SO-Kabel besitzt also infolge des verminderten Querschnittes unter dem Bleimantel, des verminderten Umfanges des Bleimantels und des daraus folgenden geringeren Aufwandes an Füll- und Deckmaterial sowie an Blei selbst ein wesentliches Mindergewicht gegenüber dem Rundkabel. Der Vorteil besteht in geringeren Frachtkosten, der Möglichkeit größerer Fabrikationslängen, größerer Handlichkeit bei der Verlegung und müßte sich auch im Preis auswirken, wenn nicht besondere Marktverhältnisse dies verhindern. Über diese Selbstverständlichkeiten hinaus wird nun der Nachweis geführt, daß das SO-Kabel eine 15 ... 50 % höhere Biegsamkeit als das Rundkabel aufweist, was sich bei der Verlegung besonders günstig auswirken würde. Den Nachweis erbringen Messungen mit Hilfe besonders ausgearbeiteter Methoden, die sich an die üblichen Biegeproben der Metalltechnik anlehnen und auf der Biegung eines einseitig eingespannten Stabes und auf der Zusammenziehung einer Schlinge beruhen. Leider werden diese Untersuchungen nicht durch elektrische Prüfungen ergänzt, und es wäre gerade hier interessant, das Verhalten des Dreieckquerschnittes in der Biegeprobe nach den VDE-Vorschriften kennenzulernen. (E. Weiß, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 673.) *Wn.*

Elektromaschinenbau.

Reihenwicklungen mit toten Spulen oder halbblinden Stegen. — Oft kann die Formel für Reihenwicklungen bei gegebenen Pol-, Ankerstromzweig- und Spulenseitenzahlen (für 1 Nut) nicht erfüllt werden. Man hilft sich dann so, daß man entweder eine Spule nicht an den Stromwender anschließt (tote Spule) oder zwei Spulenseiten wegläßt, die gerade übereinander in derselben Nut liegen (blinde Spulenseiten), oder den überflüssigen Stromwendersteg und die überzählige Spule in einer der in den Abb. 2, 3 und 4 gezeigten Art aus der Wicklung ausschließt. Mit Hilfe einer Wicklungsdarstellung, die aus einer Verbindung des Spannungsvieleckes mit dem reduzierten Schema von Arnold besteht, werden diese verschiedenen Arten auf

[1] Sommerfeld, El. u. Maschinenb. Bd. 45, S. 835; Referat ETZ 1929, S. 742.

Digitized by Google

ihre Vor- und Nachteile untersucht und folgende Ergebnisse gefunden: in Wicklungen mit blinden Spulenseiten treten nur Ausgleichströme auf, die dadurch hervorgerufen werden, daß die Bürsten zwei Ankerstromzweige mit verschiedenen Spannungen nebeneinanderschalten, was durch die unsymmetrische Gestalt des Spannungsvieleckes in bezug auf jede Bürstenverbindungslinie erklärt wird; Wicklungen mit toten Spulen oder nach Art der Abb. 3 und 4 werden außer von den soeben besprochenen Ausgleichströmen auch noch von solchen durchflossen, die dadurch erzeugt werden, daß sich das Spannungsvieleck nicht schließt; endlich gibt es bei Wicklungen nach Abb. 2 Bürstenstellungen, bei denen neben den Ausgleichströmen, die früher angeführt wurden, noch durch Nebeneinanderschaltung von Spulen (*XI* und *XII* in Abb. 2) Ausgleichströme über die Bürsten gehen. Die beste Ausführung mit Rücksicht auf die Ausgleichströme (mit blinden Spulenseiten) hat gegenüber allen andern aber den großen Nachteil, daß hier Spulen ungleicher Weite verwendet werden müssen. Bei den Wicklungen mit toten Spulen oder blinden Spulenseiten sind die Schaltenden ungleich lang; bei den Wicklungen nach den Abb. 2, 3 und 4 sind nur die Schaltenden der Unterschichten von y_K-Spulen länger. (H. Sequenz, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 845). *Sb.*

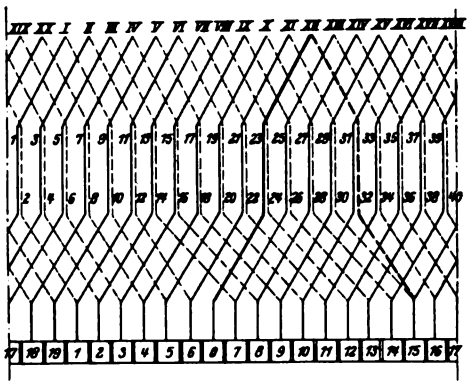


Abb. 2. Reihenwicklung mit halbblindem Steg.

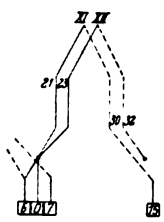


Abb. 3. Reihenwicklung mit halbblindem Steg.

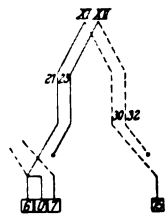


Abb. 4. Reihenwicklung mit blinder Spule und Stegschluß.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Ein Hochspannungsvoltmeter. — Für die Messungen sehr hoher Gleich- und Wechselspannungen beliebiger Frequenz wurde bereits im Jahre 1925 im Elektrophysikalischen Laboratorium der T. H. München ein Hochspannungsmesser gebaut. Gegenüber den bis jetzt bekannten Hochspannungselektrometern zeigt das vorliegende Instrument gewisse Vorzüge. Abb. 5 zeigt den Mechanismus des Instrumentes in schematischer Darstellung. Die Elektrode E_2 hat in der Mitte eine Öffnung, in die ein bewegliches Tellerchen A so eingeführt werden kann, daß es den Rand der Öffnung der Elektrode E_2 eben nicht berührt. Dieses Tellerchen ist an einer Uhrfeder F leitend aufgehängt. Von dem Aufhängedraht *St* führt ein spinnwebenfeiner Kokonfaden über eine Rolle r zu einem Bleigewicht. Die Rolle sitzt auf einer sehr gut ausbalancierten und fein gelagerten Achse a. Die Elektrode E_1 ist verstellbar angeordnet. Wird an E_1 und E_2 eine Spannung angelegt, so wird das Tellerchen A angezogen und die Achse a, auf der ein feines Spiegelchen aufgebracht ist, um einen gewissen Winkel verdreht. Der der angelegten Spannung proportionale Drehwinkel wird in üblicher Weise mittels Lichtstrahlzeigers an einer Skala abgelesen. Die Elektroden E_1 und E_2 sind genügend groß gewählt worden, damit der Einfluß der Umgebungsänderung auf die Feldverteilung in der Mitte, d. h. zwischen A und E_1 beseitigt wird. Die Versuche haben ergeben, daß dieser Einfluß nicht vorhanden ist.

Die Eichkurven, die bei verschiedenen Elektrodenentfernungen aufgenommen worden sind, ergeben in logarithmischer Darstellung Gerade, die parallel zueinander liegen. Dadurch gewinnt das vorliegende Instrument einen großen Vorteil vor dem Instrument von H. Starke und R. Schröder, bei dem die Eichkurven gekrümmt sind. Beim vorliegenden Instrument braucht man nur einige Eichpunkte aufzunehmen, um die Eichkurve über den ganzen Meßbereich für einen bestimmten Elektrodenabstand zu bekommen. Man kann diese wenigen Punkte bei verhältnismäßig kleinen Spannungen und bei kleinem Elektrodenabstand aufnehmen. Will man zu noch höheren Meßbereichen übergehen, so nimmt man noch eine Kurve auf, die die Abhängigkeit des Skalenausschlages φ von der Elektrodenentfernung δ bei konstanter Spannung darstellt. Diese Funktion $\lg \varphi = f(\lg \delta)$ ist auch eine Gerade. Sie bestimmt die Lage der übrigen Eichkurven bei anderen Elektrodenentfernungen. Auch diese Gerade kann erhalten werden, indem nur wenige Punkte bei niedrigen Spannungen aufgenommen werden.

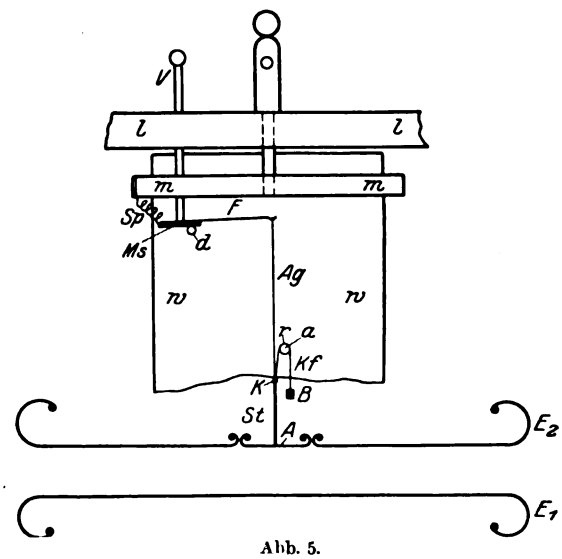


Abb. 5.

Die Konstruktion des Instrumentes ist äußerst einfach, wodurch die Herstellung verbilligt wird. Auch die Bedienung ist einfach. Wie einige bis jetzt bekannte Hochspannungsvoltmeter kann auch das vorliegende Instrument sowohl für Gleich- als auch für Wechselspannung beliebiger Frequenz verwendet werden, u. zw. sowohl für symmetrische Spannungen als auch gegen Erde. Die oberste Spannungsgrenze ist durch die verwendeten Isolatoren gegeben. Das Instrument gibt exakte Ausschläge und konstante Nullpunktslage auch ohne Dämpfung. Einige Hochspannungs-Voltmeter dieser Konstruktion sind bereits in den Werkstätten des Elektrophysikalischen Laboratoriums der T. H. München angefertigt worden. Dort werden auch Anfragen von Interessenten über das Instrument entgegengenommen. (A. Nikuradse, Arch. El. Bd. 22, H. 2, S. 171.)

Ein neuer Tarifapparat der Firma Aronwerke. — Das Tarifwesen des Elektrizitätsabsatzes ist im Begriff, sich zu einem umfangreichen und schwierigen Spezialgebiet zu entwickeln, das in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht eine unübersehbare Zahl von Problemen umfaßt. Die große Mannigfaltigkeit der Betriebsverhältnisse macht es meistens unmöglich, die in einem Falle als richtig erkannten Grundsätze ohne weiteres auf andere Fälle zu übertragen. Trotzdem bilden sich im Laufe der Zeit allgemein anwendbare Mittel der Tarifgestaltung heraus, die sich als geeignet erweisen, in einer großen Zahl von Fällen allen Forderungen gerecht zu werden, die auf der einen Seite von dem Elektrizitätswerk, auf der anderen Seite vom Konsumenten erhoben werden. Der von den Aron-Werken, Charlottenburg, entwickelte Tarifapparat, der auch auf der diesjährigen Leipziger Messe aufgestellt wird, stellt die Kombination einer Schaltuhr mit einem Zähler dar, die dem Konsumenten den Bezug des billigen Nachtstroms zum Betriebe von Wärmespeichern, Futterkochern oder anderen stromverbrauchenden Apparaten ermöglichen soll. Die Schaltuhr sorgt dafür, daß der angeschlossene Wärmeapparat nur während der Abend- und Nachtstunden in Betrieb gesetzt werden kann. Wird der Wärmeapparat innerhalb dieser Zeit eingeschaltet, so wird

Digitized by Google

der Verbrauch durch diesen Zähler und außerdem durch den Hauptzähler angezeigt, so daß er zu einem verbilligten Strompreis verrechnet werden kann. Soll der Wärmeapparat auch außerhalb dieser Zeiten eingeschaltet werden, so muß der Zähler zuvor durch einen in der Schaltuhr eingebauten Handschalter kurzgeschlossen werden, so daß der Verbrauch nur durch den Hauptzähler gemessen wird. In Abb. 6 ist das Schaltbild einer solchen Anlage schematisch dargestellt. Abb. 7 veranschaulicht den Aufbau der Schaltuhr, durch den erreicht wird, daß der von Hand geschlossene Schalter selbsttätig durch die Schaltuhr geöffnet wird, sobald der Verbrauchsstromkreis von der Uhr in dem eingestellten Zeitpunkt geschlossen wird. In den Abbildungen bedeuten *a* die durch ein Federwerk angetriebene Schaltwelle, die durch den Schaltnocken *d* den Kontakt *e* betätigt. Die Schaltwelle *a* trägt vier Sperrnocken *c*, die gegeneinander um je 90 ° versetzt sind. Diese Sperrnocken arbeiten mit vier Auslösehebeln *b* zusammen, die durch die nicht gezeichnete 24 h-Scheibe der Uhr betätigt werden, u. zw. nach Wahl entweder zweimal oder viermal im Tag. Unabhängig von der Schaltwelle *a* ist eine zweite Schaltwelle *g* angeordnet, auf der ein Schaltnocken *n* befestigt ist. Dieser öffnet und schließt einen Kontakt *k*, der parallel zum Kontakt *e* liegt. Die Schaltwelle *g* kann durch einen Einstellhebel *h* in eine Einschalt- und eine Ausschaltstellung gebracht werden. Wie Abb. 7 erkennen läßt, kann die Schaltwelle *g* nicht in die Einschaltstellung gebracht werden, solange der Kontakt *e* durch die Schaltuhr geschlossen gehalten wird. Wird dagegen der Kontakt *e* durch eine Drehung der Schaltwelle *a* um 90 ° geöffnet, so kann der Kontakt *k* nach Belieben von Hand ein- und ausgeschaltet werden. Wird nun durch eine weitere Drehung der Schaltwelle *a* um 90 ° der Kontakt *e* wieder geschlossen, so wird durch die besondere Ausbildung des Sperrgliedes *f* die Schaltwelle *g* selbsttätig in ihre Ausschaltstellung gebracht. Der von Hand zu bedienende Schalter kann auch so ausgeführt werden, daß er in eine dauernde Ausschaltstellung gebracht werden kann, so daß die Einschaltungen der Schaltuhr unwirksam bleiben. Eine solche dauernde Ausschaltung ist z. B. erforderlich, wenn der Besitzer der Uhr verreist ist und der stromverbrauchende Apparat nicht in Tätigkeit treten soll. Abb. 8 zeigt die Ansicht eines solchen Gerätes mit abgenommenem Deckel.

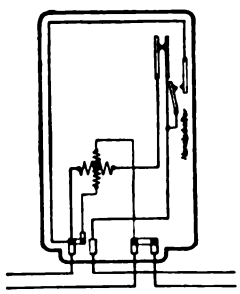


Abb. 6. Schaltbild eines Zählers mit eingebauter Schaltuhr und Überbrückungsschalter.

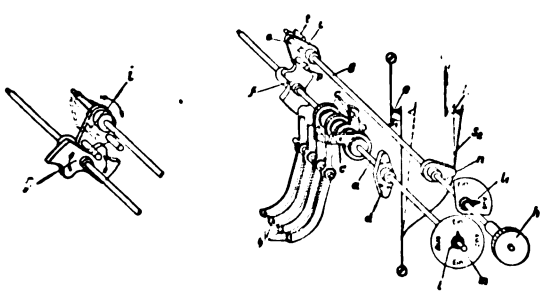


Abb. 7. Schaltwerk des Tarifapparates.

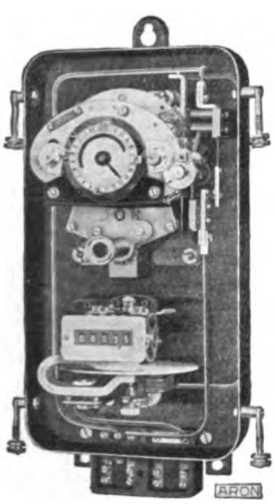


Abb. 8. Ansicht des offenen Tarifapparates.

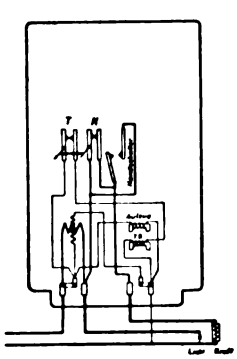


Abb. 9. Schaltbild eines Doppeltarifzählers mit eingebauter Schaltuhr und Überbrückungsschalter.

Die Abb. 9 zeigt das Schaltbild eines ähnlichen Tarifapparates, bei dem jedoch der Zähler nicht als Vergütungszähler wirkt, sondern als Doppeltarifzähler eingerichtet ist. Der von der Schaltuhr gesteuerte Kontakt (*K*) zur Schließung des Kraftstromkreises ist hierbei mit dem Tarifkontakt (*T*) des Zählers in der Weise kombiniert, daß das Zählwerk für niedrigen Tarif nur dann eingeschaltet ist, wenn der Kraftstromkreis durch die Schaltuhr geschlossen ist. Soll außerhalb der eingestellten Zeiten für niedrigen Tarif Kraftstrom entnommen werden, so muß der Überbrückungsschalter von Hand geschlossen werden, wobei jedoch der Stromverbrauch auf dem zweiten Zählwerk für hohen Tarif zur Anzeige kommt. Auch bei dieser Schaltuhr wird, wie oben beschrieben, der Handschalter selbsttätig ausgeschaltet, sobald die Schaltuhr von sich aus zu dem eingestellten Zeitpunkt den Kraftstromkreis und damit das Zählwerk für niedrigen Tarif einschaltet.

Das Gerät, dessen wesentliche Einzelheiten zum DRP. angemeldet sind, wird von einer Reihe großer Elektrizitätswerke in großem Maßstabe bei Konsumenten verwendet, die auf den Bezug des billigen Nachtstromes angewiesen sind. Es dient somit in gleichem Maße dem Verbraucher wie dem Erzeuger der elektrischen Energie. *ach*

Beleuchtung.

Amerikanische Straßenbeleuchtungs-Fernschaltanlagen. — Bei dem in den V. S. Amerika in Gebrauch befindlichen „pilot wire"-System wird jeweils eine Gruppe von Lampen mit etwa 2500 W Energieverbrauch von einem Relais eingeschaltet. Die Relais arbeiten mit Ruhestrom; ihre Wicklung wird an ein besonderes Fernschaltkabel und an einen zweiten Nulleiter angeschlossen. Die Speisung erfolgt meist mit 120 V Wechselstrom, 60 Hz. In der Zentrale wird zum Einschalten der Ruhestrom unterbrochen, so daß der abfallende Relaisanker den Beleuchtungsstromkreis schließt. Die Arbeitskontakte der Relais werden ebenfalls mit Wechselstrom von 120 V betrieben; der Lampenstromkreis liegt zwischen Außenleiter und Nulleiter. Besondere Rücksicht muß bei diesem System auf die Tatsache genommen werden, daß bei großen Entfernungen der Spannungsabfall im Fernschaltkabel so groß wird, daß der Ruhestrom nicht mehr ausreicht, den Relaisanker anzuziehen. Man hat daher an den Stellen, an denen die Spannung unter 105 V sinkt, sog. Kaskadenrelais eingebaut, die von einem besonderen Transformator gespeist werden und von denen aus wiederum eine ganze Anzahl Fernschaltrelais, meist 5 oder 6, gespeist werden.

Da die Relais die Lampen in kaltem Zustand einschalten, so müssen sie für den ziemlich hohen Einschaltstromstoß von gasgefüllten Glühlampen bemessen sein. Man hat Versuche angestellt, um für verschiedene Lampen die kurzzeitige Stromspitze beim Einschalten zu ermitteln. Für 100 W-Lampen ist das Verhältnis vom Einschaltstrom zum normalen Strom mit 9,1 : 1 und für 1000 W-Lampen mit 6,8 : 1 bestimmt worden. Das Verhältnis der Kälte- und Wärmewiderstände bei verschiedenen Lampen schafft kein klares Bild, da der Stromstoß in den langen Leitungen infolge des starken Spannungsabfalles sehr gedämpft wird. Die Zeit, innerhalb der der Einschaltstromstoß auf den Wert des Normalstromes abklingt, ist natürlich von der Wärmekapazität der Lampe abhängig; sie wurde für 100 W-Lampen zu etwa 0,091 s und für 1000 W-Lampen zu etwa 0.245 s bestimmt.

Da an die Betriebsicherheit der Relais sehr hohe Anforderungen gestellt werden, so sind eingehende Prüfungen der Lebensdauer solcher Relais angestellt worden. Diese Prüfungen beschränkten sich auf Isolationsmessungen, Erwärmungsmessungen und Strom- und Spannungsmessungen mit dem Oszillographen beim Ein- und Ausschalten. Für die Lebensdauerprüfung wurde eine besondere Schaltvorrichtung geschaffen. Der Verfasser ist nach dem Ergebnis der Versuche der Meinung, daß alle Relais für Belastungen über 2000 W Hilfskontakte haben sollten. Die sog. Kaskadenrelais sind für Stromstärken von 15 und 25 A ausgebildet. Dem System haften noch verschie-

Digitized by Google

dene Mängel an, so z. B., daß bei Versagen nur eines Kaskadenrelais nahe einer Unterstation eine ganze Reihe von weiteren Beleuchtungstromkreisen außer Tätigkeit gesetzt werden.

Es scheint, daß die in Deutschland, beispielsweise in Berlin eingebauten Fernschaltvorrichtungen auf einer höheren Stufe stehen. Als Schaltrelais werden hier normale Drehstromschütze verwendet, die bis 100 A ohne Schwierigkeiten ein- und ausschalten. Außerdem sind die Fernschaltvorrichtungen mit Rückmeldeanlagen so betriebsicher ausgebaut, daß Störungen sofort erkannt werden. (R. W. Gilette, El. World Bd. 94, S. 419.) *Wtr.*

Heizung. Öfen.

Bäckereien als Stromabnehmer. — F. Mörtzsch gibt eine zahlenmäßige Übersicht über die Verwendungsmöglichkeit der Elektrizität in Bäckereibetrieben und verweist auf die überwiegenden Vorteile des elektrischen Backofens gegenüber dem Dampf- und Gasbackofen. Insbesondere ist der Speicherbackofen ein für alle Elektrizitätswerke sehr willkommener Abnehmer, da er überwiegend als Nachtstromabnehmer mit einer durchschnittlichen Jahresabnahme von 80 000 kWh in Betracht kommt. In Deutschland entfällt gegenwärtig auf 600 Einwohner eine Bäckerei, was bei vollständiger Elektrisierung der Bäckereien einer Stromabnahme von 8 Mrd kWh gleichkommen würde. Der schnellen Einführung der elektrischen Backöfen stehen jedoch die Anschaffungskosten gegenüber Dampfbacköfen entgegen. Auf Grund von ausgeführten achttägigen Back- und Wärme-Abnahmeversuchen in einer Bäckerei Köck in Weiz (Österreich) wurde festgestellt, daß 50 % der erzeugten Wärme als Nutzwärme, 30 % in den Raum abgeht und 20 % für Verlustdeckung beim Öffnen der Türen verbraucht werden. Der Stromverbrauch beträgt im Durchschnitt für Roggenbrotherstellung 35 ... 45 kWh auf 100 kg Brot, für Weißbrot- oder Feingebäckherstellung 45 bis 55 kWh auf 100 kg. Die Energiekosten schwanken zwischen 3,5 und 4,5 Pf/kWh und sinken bei reinen Brotbäckereien bis auf 3 Pf/kWh. Bei Konditoreien kann der Preis bis 5 Pf/kWh ausmachen. Der Anschlußwert der Öfen liegt im Durchschnitt zwischen 15 und 40 kW. (F. Mörtzsch, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 1008.) *Ktw.*

Elektrische Warmbehandlungsanlage für Stahlguß. — Die vier elektrischen Warmbehandlungsöfen der Bucyrus Erie Co. für Warmbehandlung von Stahlguß sind einfach und kastenförmig mit einem Herd von 1530 × 2000 mm. Bei der Aufstellung der Pläne für diese Anlage hatte man in Erwartung einer großen Erzeugung zuerst die Errichtung selbsttätiger oder halbselbsttätiger kontinuierlicher Öfen in Erwägung gezogen, hat jedoch von diesem Vorhaben wieder Abstand genommen, weil diese Ofenart sich nicht so gut für die Behandlung von Gußstücken verschiedener Art und Größen eignen dürfte. Sind doch auf dem genannten Werk Stücke in Gewichten von 2,2 ... 900 kg zu behandeln. Die Einstellung der Öfen erfolgt selbsttätig durch Pyrometer bekannter Bauart mit einer Toleranz von ± 5 °. Die kammerartigen Öfen sind mit 2 Kammern versehen, und die Heizelemente aus Nickel-Chrom-Bändern befinden sich unter dem Herd und im Gewölbe. Der Herd wird durch legierte Gußstücke gebildet in Form eines auf den Kopf gestellten T, so daß nicht ein einheitlicher fortlaufender Herd entsteht, sondern eine Reihe von Schienen von 200 mm Höhe in einem Abstand von 200 mm von Mitte zu Mitte. Außer den vier kammerartigen Öfen wurde auch ein elektrischer Ofen mit fahrbarem Herd (915 × 4250 mm) aufgestellt. Dieser Ofen ist von üblicher Bauart; bei ihm befinden sich die Heizelemente nur in den Seitenwänden; die Anordnung einer Bodenbeheizung erwies sich bei diesem schmalen Ofen nicht als notwendig. Die ganze Anlage wird bedient durch einen 5 t-Kran, durch einen Gasolintraktor und durch eine Beschickungsmaschine besonderer Ausführung. Die Art des Beschickens der elektrischen Kammeröfen durch die Beschickungsmaschine ist eigenartig. Die Beschickungsmaschine ist im wesentlichen ein Halbportalkran mit 6 zackenartigen horizontalen Armen, die von einem Bedienungsmann gehoben oder gesenkt, vorwärts oder rückwärts bewegt werden können. Die ganze Maschine läuft auf Schienen. Eine erhöhte Plattform zieht sich an der Längsseite des Gebäudes hin; diese Plattform dient für die Aufnahme des Beschickungsgutes vor und nach der Vergütung. Zum Befördern des Gutes zu und von der Plattform werden der Kran und der Traktor benutzt. Die Plattform besitzt eine ähnliche Ausführung wie der Herd der Kammeröfen, damit die Beschickungsmaschine mit den zackigen Armen das Beschickungsgut von der Plattform abheben kann. Das Gut wird nun zunächst durch den Kran bzw. Traktor auf die Plattform gefördert und hier durch 2 Hilfsarbeiter seiner Größe und Art nach geordnet. Besonders kleine Stahlgußstücke werden in einen perforierten Behälter gebracht. Die Beschickungsmaschine greift nun mit den Armen die Stücke auf, hebt sie in den Ofen, setzt sie hier auf den Herd ab und wird darauf wieder herausgezogen. Die Beschickungsarbeit für ein Glühgutgewicht von 450 ... 1800 kg dauert 30 s bis 1 min. Ist der Guß im Glühofen hinreichend geglüht, so werden die Arme der Beschickungsmaschine wieder in den Ofen gefahren, die das Gut erfassen und mit der Beschickungsmaschine aus dem Ofen gezogen werden. Vom Glühofen aus bringt die Beschickungsmaschine das Gut zu den Abschreckbehältern. Nach dieser Abschreckbehandlung wird das noch immer von den Armen der Beschickungsmaschine gehaltene Gut in einen anderen Glühofen gebracht und hier wieder angelassen. Diese ganze Arbeit einschließlich des Öffnens der Ofentüren wird von einem Mann von der Plattform der Beschickungsbühne aus erledigt. Mit dieser Arbeitsweise hat man gute Erfahrungen gemacht; so bietet sie den Vorteil, daß die Stücke nicht durcheinander gemischt aufgestapelt, sondern gleichmäßig aufgestellt und in dieser Aufstellung behandelt werden. Jedes Stück ist dabei von allen Seiten der Glüh- und Härtewirkung gleichmäßig ausgesetzt. Der Ofen mit fahrbarem Herd ist nicht für Stücke bestimmt, die nach dem Glühen abgeschreckt werden sollen, sondern nur für solche Stücke, die lediglich geglüht werden, wie z. B. für lufthärtende Stahlstücke. (The Foundry Bd. 56, S. 453.) *Kp.*

Fernmeldetechnik.

Die neue Groß-Rundfunkstation Oslo. — Der von der Telefunken-Gesellschaft errichtete Sender liegt etwa 8 km vom Zentrum Oslos entfernt bei Lamberseter und ist mit dem Studio in der Stadt durch ein 8 km langes Rundfunk-Spezialbesprechungskabel verbunden. Die T-förmige Antenne wird von zwei abgespannten und isolierten Eisengittermasten von je 150 m Höhe getragen, die einen Abstand von 250 m besitzen. Als Erde wird ein eingegrabenes Netz von Kupferdrähten benutzt. Die Station wird aus einem Drehstromnetz mit 5000 V, 50 Hz gespeist. Der Drehstrom wird transformiert und durch Hochvakuum-Gleichrichter gleichgerichtet. Die Heizung der Röhren erfolgt aus Maschinen. Der Sender ist vierstufig und besitzt in der Endstufe wassergekühlte Röhren der 20 kW-Type. Die Leistung des Senders beträgt 60 kW in der Antenne bei Telephonie-Ruhestrom. Der Sender ist einer der stärksten aller in Betrieb befindlichen Sender Europas. — Die Station Oslo ist im Empfänger leicht zu finden, da sie unmittelbar über Prag liegt. *fi*

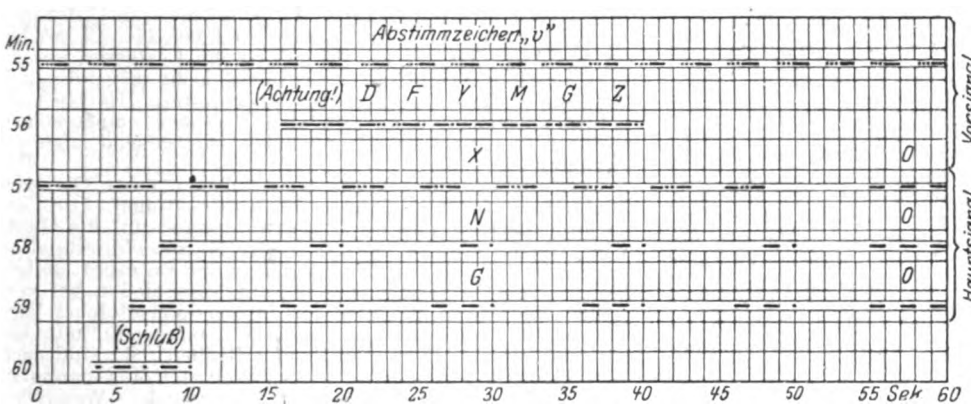
Lautsprecher zur Regelung von Verschiebebewegungen. — Die Untergrundbahn Philadelphia besitzt einen Verschiebebahnhof mit 22 Gleisen, der durch 4 Tunnelgleise mit dem eigentlichen U-Bahnnetz verbunden ist. Namentlich in den Stunden des Berufsverkehrs ist dieser Bahnhof außerordentlich überlastet, da stets ein Teil der Wagen der in der Mitte des Bahnhofes gelegenen Betriebs- und Reparaturwerkstatt zugeleitet werden muß, während die restlichen in kürzester Zeit zur neuen Einfahrt in den Tunnel umzusetzen sind. Bisher war zur Verständigung zwischen dem Fahrdienstleiter, der sich in einem an der Tunneleinfahrt vorgesehenen Stellwerk befindet, und den Zug- und Triebwagenführern eine Reihe von Fernsprechanschlüssen an besonderen Stellen des Verschiebebahnhofes angeordnet. Hierbei stellten sich Unzuträglichkeiten heraus, insbesondere Zeitverluste, da die Zugmannschaft zur Entgegennahme von Fahrbefehlen den Zug verlassen mußte. Auf Grund längerer Versuche ist daher eine Lautsprecheranlage eingebaut worden. Im Fahrdienstleiterraum befindet sich oberhalb des Klappenschrankes ein Mikrophon, das über einen Verstärker und unterirdisch verlegte Kabel mit 22 Kästen verbunden ist, die in der Nähe der Weichen an jedem Gleis angeordnet sind. Diese Kästen sind an Masten in Höhe des Führerstandfensters angebracht und mit einem Mikrophon sowie mit einem Lautsprecher ausgerüstet. Der Anruf des Fahrdienstleiters durch Drücken eines Knopfes an dem Kasten, woraufhin in der Befehlstelle eine Lampe aufleuchtet, sowie die Verständigung kann somit erfolgen, ohne daß der Triebwagenführer den Führerstand zu verlassen braucht. Als Empfänger in der Befehlstelle ist ein Kopfhörer vorgesehen. Die Anordnung ist hier so getroffen, daß der Fahrdienstleiter jederzeit ein Gespräch unterbrechen kann, ohne daß die Anruflampe erlischt, es sei denn, daß er ein Schlußzeichen gibt. Die bisherigen Betriebserfahrungen zeigten, daß der Lautsprecher auf 12 ... 15 m — also weiter

Digitized by Google

als infolge seiner Anordnung zum Gleis und somit zum Führerstand erforderlich — gut zu hören ist, und daß früher infolge des Lärmes der Verschiebebewegungen vielfach vorgekommene Mißverständnisse in der Befehlsübermittlung nicht mehr auftreten. (El. Railway Journ. Bd. 73, S. 1063.) *Spi.*

Zeitzeichen. — Anläßlich der Änderung des Vorsignals des deutschen Zeitzeichens sowie der Änderung der Wellenlänge, auf der das Zeitzeichen verbreitet wird, bringen wir unseren Lesern folgenden kurzen Überblick über den Zeitzeichendienst.

Die ersten Versuche der drahtlosen Übermittlung eines astronomisch genauen Zeitzeichens wurden in Deutschland bereits im Jahre 1906 von dem Direktor des Geodätischen Instituts zu Potsdam, Prof. Dr. Albrecht, mit gutem Erfolge durchgeführt. Fast zu gleicher Zeit waren das Reichsmarineamt sowie das Reichspostamt bemüht, eine möglichst nahe der Küste und damit für die Übermittlung an Schiffe möglichst günstig gelegene Funkstelle in den Zeitzeichendienst einzustellen. Die Abgabe von täglich zwei Zeitzeichen durch die Küstenfunkstelle Norddeich ließ sich jedoch erst vom März 1910 ab durchführen. Vom Januar 1917 ab wurden die Zeitzeichen durch die Großfunkstelle Nauen abgegeben, u. zw. um $01^h\,00^m$ und $13^h\,00^m$ auf der Welle 3100 m (gedämpft) und gleichzeitig auf der Welle 18 060 m (ungedämpft). Nach den inzwischen in Kraft getretenen Bestimmungen des Weltfunkvertrags und seiner Vollzugsordnungen dürfen aber gedämpfte Wellen über 800 m nicht mehr verwendet werden. Die Abgabe auf der Welle 3100 m (gedämpft) wird daher künftig durch folgende Aussendungen ersetzt. Um 1^h mittags wird das Zeitzeichen außer durch die Großfunkstelle Nauen (auf der Welle 18 060 m — ungedämpft) noch durch die Hauptfunkstelle Königswusterhausen auf der Welle 1608,3 m abgegeben. Das Zeitzeichen um 1^h nachts wird außer durch die Großfunkstelle Nauen (auf der Welle 18 060 m — ungedämpft) noch durch die Hauptfunkstelle Norddeich auf der Welle 1608,3 m verbreitet.



$01^h\,00^m$ und $13^h\,00^m$ MEZ. Wellen: 1608,3 m und 18060 m (ungedämpft)

Abb. 10. Das Nauener Zeitzeichen. Schematische Darstellung.

Die Auslösung des Nauener Zeitzeichens geschieht unmittelbar durch die Deutsche Seewarte in Hamburg. Bei dieser sind als Auslöseuhren drei Richtersche Sekundenpendeluhren von großer Genauigkeit aufgestellt, welche in bestimmten Zeitabständen je einen Kontakt schließen und durch Relais (in Hamburg und Nauen) über eine unmittelbare Drahtverbindung Hamburg—Nauen den Sender in Nauen betätigen. Das Zeitzeichen (vgl. nebenstehende schematische Darstellung) besteht aus dem Vor- und dem Hauptsignal. Als Vorsignal werden folgende Zeichen gegeben: $12^h\,55^m$ ... $12^h\,56^m$: Buchstabe V (···—); $12^h\,56^m$ ... $12^h\,57^m$: Achtungszeichen (—·—·—), Rufzeichen der Hauptfunkstelle Nauen: DFY (—·· ··—· —·——) und die Angabe: Mittlere Greenwichzeit = MGZ (—— ——· ——··); ab $12^h\,57^m$: Buchstabe X (—··—). Die Anordnung der einzelnen Zeichen des Hauptsignals läßt sich leicht an dem Kennwort „Onogo" merken, wenn man sie sich aus den Buchstaben des Morsealphabets

O ——— (1 mal)
N —· (5 mal)
O ——— (1 mal)
G ——· (5 mal)
O ——— (1 mal)

} der letzte Strich der Buchstaben O endet stets mit der vollen Minute (also um $00^h\,58^m$, $00^h\,59^m$ und $01^h\,00^m$ sowie um $12^h\,58^m$, $12^h\,59^m$ und $13^h\,00^m$)

zusammengesetzt denkt. Diese Art der Zeitzeichengebung, welche auf der Pariser Zeitsignalkonferenz festgelegt worden ist, wird heute außer von Nauen noch von einer großen Anzahl anderer Funkstellen der Erde verwendet.

Die Abgabe des Vorsignals kann sehr gut zur Einstellung des Empfangsgeräts benutzt werden. Dann faßt der Beobachter das Eintreten der zu den Zehnersekunden gegebenen Punktzeichen sowie das Ende der zu den vollen Minuten gegebenen Strichzeichen auf, indem er gleichzeitig den Blick auf den Sekundenzeiger der Beobachtungsuhr richtet und so einen Zeitunterschied feststellen kann.

Wenn die Abgabe des Zeitzeichens wegen Störung unterbleiben muß, wird (in Morsezeichen) die Meldung „Zeitsignal fällt aus" abgegeben; in den Fällen, in denen bei der Abgabe Ungenauigkeiten aufgetreten sind, folgt dem Zeitzeichen ein Irrungszeichen (zweimal 8 schnell aufeinanderfolgende Punkte) und hierauf die Meldung „Zeitsignal ungültig".

Außer für die Schiffahrt ist das funkentelegraphische Zeitzeichen auch für gewerbliche Zwecke von großem Wert. So nimmt z. B. in Deutschland eine größere Anzahl von Uhrmachern, Normalzeitgesellschaften und größeren Werken mit Zentraluhranlagen das Zeitzeichen auf. Für die Zwecke dieser Kreise reichte das vorstehend beschriebene Verfahren nicht aus. Seit einigen Jahren wird daher von der Großfunkstelle Nauen im Anschluß an das Zeitzeichen ein Koïnzidenzzeichen (wissenschaftliches Zeitzeichen) abgegeben, das die Möglichkeit bietet, den Gang einer Uhr bis zu einer Genauigkeit von $^1/_{60}$ s zu beobachten. Das Koïnzidenzzeichen beginnt um 01^h bzw. $13^h\,00^m$ 59,4 s mit einem Strich von $^1/_5$ s Dauer. Diesem schließen sich 5 Reihen von je 59 Punkten an, die voneinander durch je einen Strich getrennt werden; das Zeichen endet mit einem Strich, der um 01^h bzw. $13^h\,05^m$ $52{,}5^s$ bis 01^h bzw. $13^h\,05^m\,53^s$ abgegeben wird.

Um die Aufnahme des Zeitzeichens weitesten Kreisen des Volkes zu ermöglichen, wird es gleichzeitig auf die deutschen Rundfunksender übertragen und von diesen auf der üblichen Wellenlänge verbreitet. Für Rundfunkteilnehmer, die zu wenig geübt sind, um die einzelnen Zeichen des funktelegraphischen Zeitsignals auseinanderzuhalten, wird eine Minute nach Schluß des Zeitzeichens angesagt: „Jetzt ein Uhr — eins!"

Das deutsche Zeitzeichen steht hinsichtlich seiner Genauigkeit hinter den besten ausländischen Zeitzeichen nicht zurück. Seine Verbreitung über die Rundfunksender hat bei den Rundfunkhörern, namentlich bei der Landbevölkerung, großen Anklang gefunden, weil sie so ihre Uhren auf einfachste und bequemste Weise täglich richtig stellen können. —*rg.*

Werkstatt und Baustoffe.

Untersuchungen über dielektrische Verluste von Transformatorölen. — Zur Messung der dielektrischen Verluste von Transformatorölen wurde eine direkte Methode benutzt. Das Öl befand sich in einem Kondensator, der eine bestimmte Zeit lang an eine höhere Spannung gelegt wird. Die Temperaturerhöhung wird thermoelektrisch gemessen. Der Kondensator wird mit Gleichstrom geeicht. Die Methode hat den Vorteil, daß sie für jede Frequenz anwendbar ist. Auch spielen Verluste in Nebenkapazitäten bei richtiger Anordnung der Thermoelemente nur eine geringe Rolle. Die Temperatursteigerung ist von der Größenordnung 0,001 ... 0,01 °; sie kann also die Verlustmessung nicht merkbar beeinflussen. Untersucht wurden bisher verschiedene Öle im Frequenzbereich von 0 bis 500 Hz. Die Versuche ergaben für einzelne Öle in diesem Bereich keine merkliche Abhängigkeit von der Frequenz. Man kann daraus schließen, daß die gemessenen Verluste in der Hauptsache Leitungsverluste sind. In der Tat ergaben Leit-

Digitized by Google

fähigkeitsmessungen mit Gleichstrom Werte für den Leitungstrom, welche die thermisch gemessenen Verluste quantitativ als Leitungsverluste zu erklären gestatten. Die thermischen Versuche zeigten vielfach ein Sinken der Verluste bei längerer Belastung bis zu einem Grenzwert. Diesem Sinken der Verluste ging eine Abnahme des Leitungstromes parallel. Die Verfasser erklären diese Abnahme des Leitwerts durch einen elektrolytischen Vorgang. Sehr stark und längere Zeit getrocknetes Öl zeigt diese Erscheinung nicht, ebenso reines synthetisch bereitetes Hexan. Läßt man die veränderten Öle im Meßkondensator stehen, so kann man nach etwa 24 h eine Zunahme des Leitwertes konstatieren. Auch Rühren im Öle hat merklichen Einfluß und beschleunigt den Rückgang der durch Elektrolyse entfernten Substanzen. Ebenso bewirkt Umkehr der Feldrichtung am Kondensator zunächst eine Zunahme des Leitwertes. Welche Substanz bei der Elektrolyse aus dem Öle tritt, konnte noch nicht festgestellt werden. Das stabilisierte Öl behielt monatelang seine neuen Eigenschaften, wenn es aus dem Meßkondensator entfernt wurde oder so langsam durch einen Kondensator strömte, daß während der Durchflußzeit Stabilisierung eintrat. Als Zahlenbeispiel für die Änderungen der Eigenschaften sei folgendes angeführt. Ein Transformatoröl hatte eine Durchschlagspannung von 20 kV/cm und leitete bei 17,5 kV/cm einen Strom von $0{,}4 \cdot 10^{-6}$ A/cm². Nach fünfstündiger Stabilisierung erst bei 16 kV/cm, dann bei 45 kV/cm war die Durchschlagspannung auf 50 kV/cm gestiegen, während der Leitwert bei 17,5 kV/cm abgenommen hatte bis auf $0{,}2 \cdot 10^{-8}$ A/cm², also auf ein Zweihundertstel. Die Verfasser untersuchten nun die Eigenschaften eines derart stabilisierten Öles. Die Verlustmessungen bei verschiedenen Frequenzen zeigten eine deutliche Frequenzabhängigkeit. Mit den bei Gleichspannung bestimmten Leitungsverlusten kann man die Wechselspannungsverluste korrigieren und erhält dann den reinen Hysteresisverlust. Im allgemeinen steigen die Hysteresisverluste linear mit der Frequenz an; doch ist das Material noch zu gering und der Frequenzbereich zu klein, um mit Sicherheit Behauptungen aufstellen zu können. Die Verlustkurven verlaufen fast niemals horizontal, sondern sind geneigt oder weisen Knicke auf. Als Ursache stellte sich die Ionisation der Luft im Transformatoröl heraus. Wurde das Öl mehrere Stunden lang auf 130 ° erhitzt und darauf im Vakuum abgekühlt, so waren die Kurven nahezu horizontal. Abb. 11 zeigt diesen Einfluß der Erhitzung für

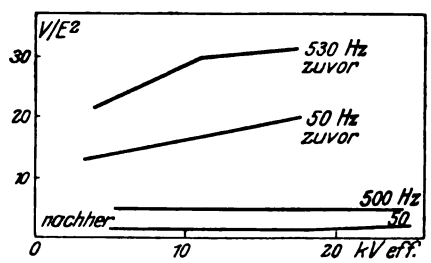


Abb. 11. Einfluß des Luftgehalts auf die Verluste.

ein Transformatoröl. Als Abszisse ist die angelegte effektive Spannung in Kilovolt, als Ordinaten sind die durch das Quadrat der zugehörigen Spannung dividierten Verluste aufgetragen. Die Abbildung zeigt auch, daß die Verluste des erhitzten Öles bedeutend kleiner sind. Ein Kabelöl hatte anfangs eine Durchschlagsfestigkeit von 84 kV/cm und vertrug nach der Erhitzung 125 kV/cm, während bei 63 kV/cm kein meßbarer Leitungstrom (Stromempfindlichkeit 10^{-10} A/cm²) mehr zu beobachten war. Die Verfasser haben endlich noch die Abhängigkeit der Leitfähigkeit von der Spannung bei verschiedenen Temperaturen untersucht. Diese Abhängigkeit läßt sich durch die Funktion wiedergeben $\sigma = A\, e^{bE}$. Bei höheren Temperaturen nähern sich die Kurven immer mehr geraden Linien. Eine gerade Linie ergab sich z. B. bei einer Probe Transformatoröl, Kabelöl und Kabelharz bei 100 °. Die Harze zeigten bis 70 ... 80 ° bei 40 kV/cm keine meßbare Leitung. Oberhalb dieser Temperatur wurde das Harz flüssig und damit stieg die Leitung sehr stark an. Für einige Transformatoröle wurde nicht nur die Temperaturabhängigkeit des Leitwertes, sondern auch diejenige der Viskosität mit einem Poisseuille-Apparat untersucht. Das Produkt von Leitfähigkeit und Viskosität erweist sich als konstant bis zu einer Temperatur von 40 °. Dann steigt es an, was vielleicht auf das Schmelzen von suspendierten Teilchen zurückzuführen ist. (L. S. Ornstein, G. J. D. J. Willemse, J. H. G. Mulders, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 241.) *Br.*

Verschiedenes.

Versuche über den Stromdurchgang durch den menschlichen Körper. — Die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich berichten über Versuche an 25 Personen, die angestellt wurden, um den Begriffen „gefährliche" und „ungefährliche" Spannung einen Inhalt zu geben. Bereits 1897 hat Prof. Weber in Zürich gleiche Untersuchungen angestellt wurden, um den Begriffen „gefährliche" und „ungefährliche" Spannung einen Inhalt zu geben. Bereits 1897 Elektroden mit nassen Händen von 50 V und mit trockenen Händen von 90 V nicht mehr erträglich sind. Die neueren Versuche haben ergeben, daß die gefährlichen Spannungen erheblich tiefer liegen. Wenn bei diesen Versuchen die Spannung als Maßstab gewählt wurde, so haben die Versuche doch ergeben, daß die Stromstärke den eigentlichen Maßstab für die Gefahr bietet und daß gleiche Stromstärken bei sämtlichen Individuen annähernd gleiche Wirkungen ausüben.

Bei Wechselstrom von 50 Hz und Stromdurchgang von Hand zu Hand bei Verwendung von Messingelektroden gleicher Form und Größe war bei Stromstärken unter 0,9 mA nichts zu spüren und 0,9 mA gerade spürbar. Bei 3,5 ... 4,5 mA wurden bereits Schmerzen geäußert und ein Gefühl ähnlich dem von Handfesseln angegeben. Bei 4 bis 5 mA ergab sich ein krampfhaftes Gefühl in den Händen, und bei 4,5 ... 5,5 mA steigt der Krampf bis zum Unterarm, bei 8,5 ... 9,5 mA bis zum Oberarm und von 11 ... 12 mA bis zu den Achseln. Bei 13 ... 14 mA ist ein Loslassen gerade noch möglich, bei 15 mA ist es nicht mehr möglich, auch ist diese Stromstärke nur 15 s auszuhalten. Hierbei muß betont werden, daß die von den Personen empfundenen Gefühle bei gleichen Stromstärken weitgehend übereinstimmten.

Gelegentlich der Versuche wurde auch der Ohmsche Widerstand des menschlichen Körpers bestimmt. Die Versuche bestätigen, daß der Hauptwiderstand auf die Hautwiderstände entfällt und der innere Körperwiderstand so gering ist, daß er bei Rechnungen außer Betracht bleiben kann. Diese Widerstände sind sehr verschieden bei verschiedenen Personen, selbst bei Verwendung gleicher Versuchselektroden und gleichartiger Umfassung mit annähernd gleich großen Berührungsflächen. Sie sind auch verschieden je nach der Höhe der angelegten Meßspannung, u. zw. um so geringer, je höher die Spannung ist. Wesentlich ist auch der Einfluß der Feuchtigkeit. Unter gleichen Bedingungen und bei trockenen Händen wurden bei Meßspannungen unter 10 V bei einer Person 11 500 Ω, bei einer anderen 3600 Ω gemessen, bei Meßspannungen von etwa 30 V bei der ersten Person 7800 Ω, bei der zweiten 2150 Ω. Der Widerstand fiel bei einer Meßspannung von 80,8 V bei der ersten Person auf 5740 Ω; bei der zweiten Person konnten die Messungen nicht weitergetrieben werden, weil die Stromstärke bei 30,1 V bereits 14 mA betrug. Bei einem weiteren Versuch, bei dem die Hände mit Brunnenwasser benetzt waren, ergab sich bei einer Person bei 3,8 V Meßspannung ein Widerstand von 7500 Ω, bei einer anderen bei einer Meßspannung von 1,4 V 2750 Ω und bei der ersten Person bei 25,5 V Meßspannung 4250 Ω, bei der zweiten bei 25,2 V 1800 Ω. Bei der ersten Person sank der Widerstand bei 44,6 V Meßspannung auf 3190 Ω, während bei der zweiten Person wegen der hohen Stromstärke, die bereits bei 25 V 14 mA betrug, mit höheren Spannungen Messungen nicht mehr ausgeführt werden konnten. Bemerkenswert ist die Feststellung, daß Stromstärken von 15 mA auch bei ausgesprochenen Schwerarbeitern mit dicker, schwieliger Haut Schweißperlen an den Berührungsstellen hervorrufen.

Bekannt ist, daß Säure und Laugen den Widerstand der Haut erheblich herabsetzen. Die Versuche bei mit Sodalauge benetzten Händen ergaben bei einer Versuchsperson bei einer Meßspannung von 2,5 V 4500 Ω Widerstand, der bei 24 V Meßspannung auf 2400 Ω herabsank. Bei einer anderen Person fanden sich bei einer Meßspannung von 0,96 V 1920 Ω und bei 13,8 V 1380 Ω. Die Versuche ergaben ferner, daß die Verschiedenheiten von Person zu Person bei nassen Händen geringer sind als bei trockenen Händen. Auffällig ist, daß eine Person, die die höchsten Widerstände bei trockenen Händen zeigte, bei benetzten Händen keineswegs die größten Widerstände aufwies. Es zeigte sich ferner, daß der Widerstand bei trockenen Händen mit zunehmender Stromstärke relativ mehr sinkt als bei feuchten oder mit Sodalauge benetzten Händen. Auch wurde mit der Dauer der Stromeinwirkung ein Absinken des Widerstandes auf 80 %, 70 %, in einem Falle auf 50 % des Anfangswertes des Widerstandes beobachtet. Allerdings wurde in einigen Fällen ein Anstieg beobachtet, der ohne weiteres nicht erklärlich ist und für

[1] Bull. SEV Bd. 19, S. 703; ein Referat hierüber wird in ETZ 1930 H. 8 erscheinen.

Digitized by Google

den physische Einflüsse angenommen werden. Vom medizinischen Standpunkt aus hat Prof. Dr. Gildemeister[1] die Widerstandsverhältnisse der Haut untersucht und dabei auch die Gründe für die Widerstandsabnahme mit zunehmender Meßspannung und der Dauer der Stromeinwirkung angegeben. Er hat gefunden, daß die Haut stark polarisierbar ist und sich daraus die Abhängigkeit des Widerstandes von Stromart, Spannung und Frequenz erklärt. Auch er folgert aus seinen Versuchen, daß die Widerstandswerte bei lebensgefährlichen Spannungen sehr viel niedriger liegen, als die üblichen Messungen ergeben. Leider waren anscheinend die Gildemeisterschen Arbeiten den Schweizer Forschern nicht bekannt.

Auch der Unterschied der Widerstände der rechten und linken Hand ein und derselben Person wurde gemessen und ergab in einem Falle für die rechte Hand 6000 Ω, für die linke Hand 3000 Ω unter sonst gleichen Verhältnissen. Zum Schluß wurden auch noch die Widerstände pro Flächeneinheit gemessen und der Satz aufgestellt, daß bei gleichgroßer Stromdichte und gleichem Hautzustand der Widerstand umgekehrt proportional der Berührungsfläche ist. Der Berührungsdruck ist nur insofern von Bedeutung, als durch denselben eine Vergrößerung der Berührungsfläche erzeugt wird. Nach den Schlußfolgerungen werden für den empfindlichsten Menschen und unter den ungünstigsten Verhältnissen für trockene Hände 30 V und für nasse Hände 22,5 V als gefährliche Spannung angegeben. Es wird aber auch gesagt, daß die Meßergebnisse erst durch die Praxis bestätigt werden müssen, ehe sie verallgemeinert werden dürfen, jedoch erscheinen schon jetzt die in den Vorschriften des SEV zugrunde gelegten oberen Grenzen der angeblich ungefährlichen Spannungen von 50 und 36 V zu hoch. (Bull. SEV Bd. 20, S. 428.)

Zu letzterem Punkt ist zu betonen, daß die Zahl der tödlichen Unfälle bei 125 V Wechselstrom gegenüber denen bei 220 V relativ schon außerordentlich gering ist und daß nach Ansicht des Berichters die Gefahrengrenze mit max. 65 V mit gutem Gewissen festgelegt werden könnte. Selbstverständlich kann bei dieser Spannung auch noch gelegentlich mal ein tödlicher Unfall unter sehr ungünstigen Umständen eintreten. Eine hundertprozentige Sicherheit wird man wohl auch bei niedrigen Spannungen ebensowenig erreichen können, wie man sie trotz der Vorbeugungsmaßnahmen und Vorschriften auch bei der Bekämpfung von Unfällen aus anderen Ursachen (Gas, Auto, Eisenbahn) niemals erreichen wird. Es wäre auch wohl kaum möglich, wirtschaftlich noch Anlagen mit geringeren Berührungspannungen herzustellen. Die geringe Zahl schwerer elektrischer Unfälle in Anbetracht der Ausbreitung der elektrischen Anlagen rechtfertigt keinesfalls weitergehende Forderungen. D. Ber. *Al.*

Belebung Scheintoter durch Elektrizität. — Bei der Erweckung Scheintoter durch Elektrizität nach der Methode des Dr. Gould aus Sidney, die letzthin von sich reden machte, handelt es sich um einen sogenannten heterotopen Reiz. Ein stillstehendes Herz kann, wenn es noch erregungsfähig ist, durch alle möglichen Mittel wieder zu vorübergehendem mehr oder minder regelmäßigem Schlagen gebracht werden. Ereignet sich z. B. während einer Bauchoperation ein Herzstillstand, so wendet der Chirurg die Herzmassage an; er versucht von der Bauchhöhle aus durch das Zwerchfell hindurch, das Bauchhöhle und Brusthöhle voneinander trennt, das Herz durch rhythmisches Auspressen mit der Hand zum Schlagen zu brjngen. Aber auch ohne Eröffnung der Brust- oder Bauchhöhle läßt sich das Herz von außen „massieren", indem man von außen die Herzgegend beklopft. Man kann auch Gifte, die besonders das Herz erregen, in das Herz bringen, um es zum Schlagen zu veranlassen. Diese Gifte können direkt durch Einstechen von außen in das Herz gebracht werden. Es ist aber zuzugeben, daß die Methode von Dr. Gould der letzteren deshalb vorzuziehen ist, weil kein Gift eingeführt zu werden braucht, und der elektrische Reiz praktisch unschädlich sein kann. Schlägt das Herz erst einmal, so erzeugt es nach den heutigen Vorstellungen durch seine rhythmische Schlagtätigkeit von selbst Stoffe, die das Herz immer wieder zu weiterem Schlagen veranlassen. Das stillstehende Herz braucht also nur einmal angestoßen zu werden, um dann von allein weiter zu schlagen. Ist es aber wegen eines länger dauernden Herzstillstandes (5 ... 10 min) zu Absterbeerscheinungen von anderen Organen (Gehirn) gekommen, so wird das künstlich in Schwung gebrachte Herz doch sehr bald seine Tätigkeit einstellen. Die Abhängigkeit wichtiger Organe voneinander ist zu groß, als daß einzelne wichtige Organe, wie das Herz eines ist, im Körper längere Zeit tätig sein können, wenn andere Organe (Gehirn) schon tot sind. Bei länger dauerndem Herzstillstand ist deshalb die Hoffnung, den „Scheintoten" dem Leben zu erhalten, deshalb so gering, weil bei selbst noch erregungsfähigem Herzen andere wichtige Teile des Organismus tot sind, die nicht mehr zum Leben zurückkehren. Es ist dann gleichgültig, mit welcher Methode das Herz eines „Scheintoten" wieder zum Schlagen gebracht wird.

E. Schilf, Berlin, Physiolog. Inst. der Universität.

[1] ETZ 1919, S. 463.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Richtlinien für die Bearbeitung von Ausstellungs- und Messefragen. — Das Deutsche Ausstellungs- und Messe-Amt gibt in seinem Mitteilungsblatt vom 17. I. Richtlinien bekannt, die in Ergänzung der Verordnung des Reichspräsidenten vom 13. VI. 1927 auf Beschluß der Reichsregierung für die Bearbeitung von Ausstellungs- und Messefragen aufgestellt worden sind.

Leipziger Frühjahrsmesse 1930. — Wie in den Vorjahren wird auch im Rahmen der kommenden Frühjahrsmesse vom VDMA und dem AWF wieder eine Getriebeschau gezeigt, u. zw. diesmal in Halle 7. Ebenso veranstaltet der AWF zusammen mit der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure abermals eine Betriebstechnische Tagung, für die der 10. und 11. III. vorgesehen sind. — Während der vom 2. bis 12. III. stattfindenden Großen Technischen Messe und Baumesse wird in Halle 12 eine besondere Ausstellung „Werkstoffe" abgehalten. — Zu derselben Zeit veranstaltet die Gruppe „Gesundheitstechnik" ihre Hygiene-Messe[1]. — Von den führenden Verbänden der deutschen Exporteure wird auf der diesjährigen Frühjahrsmesse im Meßpalast „Handelshof" eine Auskunftstelle errichtet, die allen Interessenten zur Verfügung steht.

7. Große Deutsche Funkausstellung Berlin 1930. — Diese vom Verband der Funkindustrie veranstaltete Fachausstellung findet vom 22. bis 31. VIII. voraussichtlich wieder in den drei größten Funkturmhallen statt, u. zw. diesmal zugleich mit einer Phonoschau des Reichsverbandes des deutschen Sprechmaschinen- und Schallplattenhandels.

Feuerschutz-Woche Berlin 1930. — In der Zeit vom 27. IV. bis 4. V. veranstalten die in der Arbeits- und Interessengemeinschaft deutscher Feuerwehrorgane zusammengeschlossenen Spitzenverbände der Feuerwehren Deutschlands eine Feuerschutz-Woche. Das Organisationsbüro befindet sich in Berlin SW 11, Schöneberger Straße 20.

Breslauer Technische Messe 1930. — Nach der Frankf. Zg. wird die diesjährige Breslauer Technische Messe und der Landwirtschaftliche Maschinenmarkt vom 15. bis 18. V. abgehalten.

Die Entwicklung des Kölner Messe- und Ausstellungswesens. — Unter diesem Titel hat das Messe- und Ausstellungsamt Köln eine Broschüre herausgegeben, aus deren Schluß hervorgeht, daß man in Köln neben den allgemeinen Messen den Fachmessen besondere Beachtung widmen will und die Ausstellungen, auch die internationalen, grundsätzlich weiterhin reine Fachveranstaltungen sein werden.

Energiewirtschaft.

Die Elektrisierung Transdanubiens[2]. — Durch den Ende 1927 erfolgten Abschluß des Vertrags zwischen der Ungarischen Transdanubischen Elektrizitäts AG. und der Ganz & Co.-Danubius AG., der letzterer sämtliche mit der Errichtung des Kraftwerks, der Unterwerke und Übertragungsleitungen zusammenhängenden Arbeiten als Generalunternehmerin übertrug, ist die unter staatlicher Förderung, jedoch auf privatwirtschaftlicher Grundlage durchzuführende Elektrisierung der transdanubischen Gebiete, vor allem jener, die von der ost-westlichen Hauptverkehrsader, der Eisenbahnlinie Budapest—Wien, durchzogen werden, in den Zustand der Verwirklichung gelangt. Diesem für die durchgreifende Elektrisierung des Landes einen wichtigen Markstein bildenden Schritt kommt um so mehr Bedeutung zu, da Hand in Hand mit dem Bau des Kraftwerks auch der auf ungarischem Gebiet liegende Teil der erwähnten Bahnlinie elek-

[1] Die Internationale Hygiene-Ausstellung in Dresden wird am 17. V. eröffnet.

[2] Unter Transdanubien wird (von Budapest aus gesehen) die Landschaft zwischen Donau, Drau und dem Bakonywald verstanden.

Digitized by Google

trisiert werden soll, wobei die Aufgabe der Stromlieferung dem Werk zufällt, so daß, wenn noch die nur 72 km lange Strecke von der ungarischen Grenze bis Wien für den elektrischen Betrieb umgestaltet wird und auch die z. Z. zwar zurückgestellte, innerhalb der nächsten Jahre aber jedenfalls doch zur Durchführung gelangende Elektrisierung der Strecke Wien—Salzburg beendet ist, eine zusammenhängende elektrisch betriebene Strecke von Budapest über Wien, Innsbruck, Zürich bis Genf einerseits, nach Beendigung der Elektrisierung der süddeutschen Transversallinie über Salzburg, München, Stuttgart und Karlsruhe bis zur französischen Grenze anderseits vorhanden sein wird.

Dem Baubeschluß sind eingehende Verhandlungen über den Standort des Kraftwerks vorangegangen, da der Absicht, es in der Nähe des Kohlenvorkommens selbst zu errichten, der vielfach ausgesprochene Wunsch entgegenstand, das Werk in Budapest selbst zu erbauen, der auch von der Tatsache unterstützt wurde, daß die Hauptstadt eben im Begriff stand, ihr eigenes Kraftwerk großzügig auszugestalten und die ganze Verteilung den zeitgemäßen Grundsätzen anzupassen. Ein von den zuständigen Ministerien eingesetzter Sachverständigenausschuß entschied sich nach eingehendem Studium aller einschlägigen Fragen für die erstgenannte Lösung und hat auch gleichzeitig die Erbauung im Kohlenbecken von Tata vorgeschlagen.

Da die Finanzierung im wesentlichen mit Unterstützung des englischen Kapitals auf Grund des Trade Facilities Act in Aussicht genommen war, gemäß welchem der englischen Industrie ein angemessener Anteil an den Lieferungen eingeräumt werden mußte, auch die grundlegenden Verhandlungen mit der The Power and Traction Finance Co., Ltd. geführt wurden, die sich für die Geldbeschaffung zu sorgen verpflichtet hatte, hat sich die Ganz-Danubius Gesellschaft für die Bauausführung mit der English Electric Co., Ltd. und der Babcock & Wilcox Co. verbunden und sich verpflichtet, das Kraftwerk mit den beiden ersten Maschineneinheiten 24 Monate nach Leistung der ersten Zahlungsrate, die dritte 6 Monate später dem Betrieb zu übergeben.

Die mit 1 Mill Pengö (rd. 730 000 RM) Kapital gegründete Transdanubische Elektrizitäts AG. hat für die Deckung des Geldbedarfs im wesentlichen durch Anleihen gesorgt und zu diesem Zweck auf dem englischen Markt zwei Obligationsanleihen begeben. Die erste mit einem Nennbetrag von 1 Mill £ wurde auf Grund des Trade Facilities Act unter Garantie des englischen Staats durchgeführt und ist bei 97 % Zuzählung mit 4½ % verzinslich und in 25 Jahren zu tilgen. Die zweite Anleihe im Nennbetrag von 2,3 Mill £ wurde im Wege des The Whitehall Trust untergebracht, zu 93 % emittiert und verzinst sich mit 6½ % bei 33jähriger Tilgungszeit. Aus dem Gesamterlös von rd. 92 Mill Pengö (etwa 67.5 Mill RM) werden die Baukosten des Kraftwerks mit 90 000 PS Leistung, der beiden 110 kV-Fernleitungen nach Budapest bzw. Moson mit einer Gesamtlänge von 160 km, der drei Hauptunterwerke für allgemeine Versorgung in Budapest, Györ und Moson, endlich der vollständigen Elektrisierung der vorerwähnten doppelgleisigen Linie von 190 km Trassenlänge, umfassend rd. 500 km Fahrleitung, 42 Lokomotiven und vier Bahnunterwerke, gedeckt.

Das Kraftwerk wurde am Ufer des Sees von Bánhida erbaut, dem man das Betriebs- und Kühlwasser entnimmt. Als weitere Wasserreserve dienen eine Verbindung mit dem Tataer See sowie Quellen von ausreichender Ergiebigkeit. Zur Verheizung gelangt ein unter den versandfähige Kohle enthaltenden Flözen gelagerter, bisher als unverwendbar nicht abgebauter kohlenhaltiger Schiefer mit einem Heizwert von 3700 ... 4500 kcal. Durch Beimischung von Kohlenstaub soll der Heizwert auf gleichmäßig 4150 kcal gebracht werden. Das Kesselhaus wird acht Babcock-Wilcox-Kessel von je 937 m² Heizfläche, 28,5 atü, 390 ° Überhitzung mit Luftvorwärmung auf 140 ° und Speisewasservorwärmung durch den Hauptturbinen entnommenen Anzapfdampf auf 150 ° enthalten. Als Feuerungen dienen Spezialkettenroste mit Unterwind. Die Maschinenausstattung umfaßt im ersten Ausbau drei Dampfturbinengruppen von je 21 000 kW und eine Hausturbine von 3300 kW. Die Umspannung auf die 110 kV betragende Übertragungsspannung erfolgt in einer Freiluftanlage, welche Ausführungsart auch für die Unterwerke gewählt wurde.

Seit Veröffentlichung der vorstehenden, der „Elektrotechnika" (1928, S. 119) entnommenen Angaben ist auch in der Frage der für die Bahnversorgung zu wählenden Stromart eine Entscheidung zugunsten des Einphasensystems unter Verwendung von Umformerlokomotiven System Kandó-Ganz getroffen worden, wodurch die Stromlieferung aus dem der Allgemeinversorgung dienenden Drehstromnetz ermöglicht wird. Nach Abschluß von umfangreichen Versuchen wurden vor kurzem die ersten Lokomotiven der Maschinenfabrik Ganz-Danubius in Auftrag gegeben, und demnächst will man auch mit den Arbeiten an der Fahrleitungsausrüstung beginnen. Das Kraftwerk und ein großer Teil der Fernleitungen sind bereits fertig, und mit der Hauptstädtischen Verkehrsunternehmung von Budapest ist ein Stromlieferungsvertrag für zunächst 90 Mill kWh jährlich zur Versorgung der Straßenbahnen zum Abschluß gekommen. Ein weiterer Vertrag über Lieferung des für das Budapester städtische Elektrizitätswerk über die eigene Erzeugung hinaus benötigten Stroms steht in Verhandlung.

Der Versorgung des südlich von dem der Transdanubischen Elektrizitäts AG. vorbehaltenen Gebiet gelegenen Teils Transdanubiens dienen die Arbeiten, welche vor kurzem von der Ungarischen Allgemeinen Kohlenbergwerks AG. in Angriff genommen wurden. Diese Gesellschaft besitzt ein zunächst nur der Versorgung der eigenen Bergwerke und Zementfabriken dienendes Kraftwerk in Tatabánya, in der Nähe von Bánhida, wo nicht versandfähige Abfallkohle zur Verfeuerung gelangt. Sie hat nunmehr die Konzession für die Versorgung der Komitate Fehér und Veszprém erworben und zu deren Ausbeutung die Pannonia Elektrizitätswerke gegründet. Letztere werden die Kraftübertragungs- und Verteilungsnetze ausbauen und Strom aus dem entsprechend erweiterten Grubenkraftwerk beziehen. Der ganzen Kombination liegt der Gedanke zugrunde, auf diese Weise die Verwertung der jeweils anfallenden Abfallkohle auf lange Sicht zu sichern. Es soll zunächst eine teils als Doppel-, teils als Einfachleitung auszubauende 60 kV-Linie von ungefähr 100 km Länge, ausgehend vom Kraftwerk Tatabánya, über Székesfehérvár nach Veszprém errichtet werden, welche die südliche Hälfte eines später zur Schließung kommenden Ringes bilden wird. In den genannten beiden Städten werden 60/30 kV-Umspannwerke erbaut, die Verteilung erfolgt mit der letzteren Spannung an die einzelnen Ortschaften und industrielle Großabnehmer, welche mit 10 kV versorgt werden sollen. Für später ist ein Zusammenschluß mit der im Süden liegenden Bergwerkszentrale der Donau-Dampfschiffahrtgesellschaft in Pécs (Fünfkirchen), dem auf den staatlichen Kohlengruben von Komló erbauten Kraftwerk und möglicherweise auch mit einem gegebenenfalls in Anlehnung an die Kohlengruben in Brennberg, nahe der österreichischen Grenze bei Sopron (Ödenburg) noch zur Errichtung kommenden neuen Kraftwerk geplant, wodurch dann die Belieferung ganz Transdanubiens aus einem System von auf das ganze Gebiet verteilten, auf eigene Kohlenvorkommen sich stützenden Großkraftwerken sichergestellt wäre. Es handelt sich hier um einen großzügigen, weitausblickenden Plan, dessen Lebensfähigkeit durch den Umstand, daß er sich die durchgreifende Elektrisierung eines großen, verhältnismäßig dicht besiedelten und kulturell hochstehenden Gebiets zum Ziel setzt, gesichert erscheint, und der den weiteren, volkswirtschaftlich bedeutungsvollen Vorteil bietet, daß er eine sichere Absatzmöglichkeit für die jeweils anfallenden Kohlenabfälle bietet, die auf diese Weise einer nützlichen Verwendung zugeführt werden können. *Bp.*

Das norwegische Gesetz über die betriebsmäßige Beaufsichtigung elektrischer Anlagen. — Für die Errichtung elektrischer Anlagen in Norwegen war das Elektrizitätsgesetz vom 16. V. 1896 mit Abänderungen und Erweiterungen vom 19. VII. 1912, 26. VII. 1916 und 16. VII. 1920 maßgebend. Mit einem am 24. V. 1929 erlassenen Gesetz über die betriebsmäßige Beaufsichtigung elektrischer Anlagen hat es nun eine zeitgemäße Erweiterung erfahren. Das neue Gesetz umfaßt laut § 1 alle Arten von elektrischen Anlagen mit Ausnahme solcher für Radiotelegraphie und -telephonie. In seinen §§ 2 ... 9 sind die Bestimmungen für die Ausfertigung von Errichtungsvorschriften und Leitsätzen sowie Bestimmungen für die betriebsmäßige Überwachung elektrischer Anlagen gesetzmäßig geregelt. § 2 schreibt u. a. vor, daß Bestimmungen in die Errichtungsvorschriften aufgenommen werden können, um zu verhindern, daß elektrische Anlagen nachteilige Wirkungen auf die Umgebung ausüben.

Besonders beachtenswert für die norwegischen Verhältnisse sind die §§ 11, 12 und 14. Nach § 11 kann der König verordnen, daß gewisse Arten oder Typen von Material und Apparaten für elektrische Anlagen einer Kontrolle unterworfen sein sollen. Material und Apparate, für die eine Kontrolle angeordnet ist, dürfen nicht verkauft oder im Königreich angewendet werden, ehe die betreffende Type kontrolliert und genehmigt ist. Für die Kontrolle hat der Verkäufer nach einem von dem betreffenden Regie-

Digitized by Google

rungsdepartement ausgefertigten Regulativ eine Gebühr zu entrichten. Dem § 12 zufolge kann der König verordnen, daß die Errichtung und Reparatur gewisser Arten elektrischer Anlagen von einem fachlich geschulten Arbeitsleiter (Installateur) beaufsichtigt und der Betrieb von einem ebenso geschulten Betriebsleiter geführt werden soll. Weiter kann der König verordnen, daß Monteure, die sich selbständig mit der Ausführung und Reparatur elektrischer Anlagen befassen, näher zu bestimmende Qualifikationen haben sollen.

In bezug auf die Kontrolle von Material und Apparaten ist in § 14 noch gesagt, daß diese, wenn sie angewendet, verkauft oder angeboten bzw. hierfür bestimmt worden sind, ohne in Übereinstimmung mit den Regeln des § 11 genehmigt zu sein, eingezogen werden können, unabhängig davon, ob der Besitzer schuldig ist oder nicht.

E. Finne.

Kurze Auslandsnachrichten. — UdSSR. Nach der Zeitschrift „Die Volkswirtschaft" sieht der bis 1933/34 laufende Fünfjahresplan 42 Kraftwerke vor, von denen sich 32 bereits im Bau bzw. in der Erweiterung befinden, während man 10 neu errichten will. Die zu Beginn des Planes 1,7 Mill kW betragende Gesamtleistung der Elektrizitätswerke mit 5,05 Mrd kWh Jahreserzeugung soll am Schluß der genannten Periode 5,5 Mill kW mit 22 Mrd kWh und die Kapitalinvestierung 3,2 Mrd Rbl betragen, wovon 686 Mill Rbl auf Wasserkraftwerke entfallen.

RECHTSPFLEGE.

Der steuerrechtliche Charakter der Zuschüsse, die ein Stromabnehmer an ein Elektrizitätswerk zu den Anlagen zahlt. — Ein landwirtschaftlicher Betrieb, der bisher seinen Strombedarf vermittels eigener Anlage deckte, wurde an eine Überlandzentrale angeschlossen. Im Zusammenhang mit dieser Umstellung entstanden dem landwirtschaftlichen Betriebe Aufwendungen, die als „Unkosten" verbucht und demgemäß zum Abzug gebracht wurden. Die Finanzbehörden ließen diesen Abzug nicht zu mit der Begründung, die Aufwendungen hätten eine Verbesserung der bestehenden Anlage herbeigeführt: Allein auf die Kosten der neuherzustellenden Niederspannungsleitung und der Errichtung des Transformators seien 1000 bzw. 1750 RM entfallen. Ein Abzug der Aufwendungen sei daher nach § 18 Abs. I Nr. 1 EinkStG. nicht zulässig. Dieser Auffassung hielt der Steuerschuldner entgegen, daß durch die Neuanlage nur ein Austausch gegen das bisherige System stattgefunden habe. Ferner sei die alte Anlage infolge der Umstellung entwertet worden, und schließlich habe diese Vermögensverminderung durch den Anschluß an die Überlandzentrale keinen Ausgleich gefunden, da die gezahlten Beträge als Baukostenzuschüsse vor allem zur Herrichtung der Zuleitung und des Transformators gedient hätten und diese Anlagen im Eigentum der Elektrizitätsgesellschaft geblieben seien.

Der RFH, der diesen Steuerstreit zu entscheiden hatte, holte zunächst ein Gutachten über die wirtschaftliche Bedeutung der Baukostenzuschüsse von einem Elektrizitätsverbande ein. Dieser äußerte sich wie folgt (auszugsweise): „Für die Erhebung bestimmter einmaliger Beiträge, der Baukostenzuschüsse, liegen auf seiten des stromliefernden Werkes und auf seiten des Abnehmers besondere wirtschaftliche Gründe vor, die teilweise ihren Grund in rechtlicher Gebundenheit, teilweise in allgemeinen volkswirtschaftlichen Erwägungen haben. Jeder Abnehmer im Versorgungsgebiete eines Elektrizitätswerkes hat Anspruch darauf, den Strom zu dem für den Bezirk einheitlich festgesetzten Preis zu erhalten. Nun aber sind die Aufwendungen für die Lieferung des Stromes bei dem einzelnen Abnehmer verschieden. Sie sind abhängig von der Entfernung, auch davon, ob eine Zuführungsleitung für mehrere Anlagen benutzt werden kann oder ob man für einen räumlich entfernt wohnenden Abnehmer eine einzige Zuleitung verwenden muß, die bei etwaigem Wegfall dieses Abnehmers dann wieder wirtschaftlich wertlos ist, usw. Derartige besonders teuere Anlagen bleiben bei der Kalkulation der Strompreise erfahrungsgemäß außer Betracht, da sonst Strompreise zur Verrechnung kommen müßten, die nicht mehr als wirtschaftlich angesehen werden können. Auf der anderen Seite können aber die Werke die Ausgaben für solche teueren Anlagen nicht selbst übernehmen. Vom Stromabnehmer die Errichtung und Unterhaltung der Anlage auf eigene Kosten zu verlangen, ist schon aus technischen Gründen undurchführbar, würde ihn überdies finanziell schwer belasten. Das Werk finanziert deshalb die Anlage soweit selbst, wie es auf Grund des zu erzielenden Strompreises ihm allein möglich ist, und läßt sich den Differenzbetrag von dem Abnehmer im Wege des sog. Baukostenzuschusses vergüten. Für die Abnehmer des Elektrizitätswerkes ist dieser Baukostenzuschuß nicht als Vorauszahlung auf künftige Leistungen des Werkes, vor allen Dingen nicht als Vorschuß auf künftige Stromlieferung zu betrachten."

Auf Grund des Gutachtens kam der RFH. zu folgender Entscheidung: Die Baukostenzuschüsse des Abnehmers an das Werk sind Betriebsausgaben und als Werbungskosten abzugsfähig. Die Bezugnahme der Finanzbehörden auf § 18 Abs. I Nr. 1 EinkStG. ist daher rechtsirrtümlich. Dem steht aber gegenüber die Aktivierungspflicht der für den landwirtschaftlichen Betrieb über das Jahr der Ausgabe hinaus Werte schaffenden Aufwendungen und, soweit diese Werte der Abnutzung unterliegen, die Verteilung des Aufwandes auf die Jahre der anteiligen Nutzung. Nun besteht bezüglich der Baukostenzuschüsse an das Werk für die Errichtung der Zuleitungen und des Transformators die Eigentümlichkeit, daß die Anlagen im Eigentume des Werkes bleiben und von ihm unterhalten werden. Trotzdem hat der landwirtschaftliche Betrieb durch seine Zahlungen ein geldwertes Gut erlangt, nämlich den Anschluß. Die Aufwendungen des landwirtschaftlichen Betriebes sind deshalb zu aktivieren, jedoch können Absetzungen für Abnutzung nicht vorgenommen werden, da eine Abnutzung infolge der Instandhaltungspflicht des Werkes nicht entsteht. Nur wenn die Zahlungen als Vorauszahlung auf künftige Leistungen des Werkes oder als Vorschuß auf künftige Stromlieferung zu kennzeichnen wären, müßte eine andere Auffassung Platz greifen und eine gleichmäßige Verteilung des Aufwandes auf mehrere Jahre wäre möglich. Es erscheint gerechtfertigt, das wirtschaftliche Gut, das die Abnehmer durch die Errichtung der Anlagen und die Unterhaltungspflicht seitens des Werkes erlangen, in Höhe der von den Abnehmern entrichteten Zuschüsse bei diesen ebenso zu aktivieren, wie wenn die Anlagen auch formell in ihr Eigentum übergegangen wären. Die Zuschüsse sind seitens des Abnehmers also zwar als Betriebsausgabe abzugsfähig, dieser Abzug wird aber durch eine entsprechende Aktivierung so lange ausgeglichen, als nicht der gemeine Wert des durch den Anschluß erlangten wirtschaftlichen Gutes unter den Betrag der Zuschüsse herabgesunken ist. (Urteil des RFH. v. 15. V. 1929 — VI A 856/27.)

Zur Frage des Rechtscharakters der Schalttafeln einer Lichtanlage. — Gegen den Inhaber eines Lichtspieltheaters wurde Zwangsvollstreckung betrieben. Dabei wurden auch mehrere Schalttafeln gepfändet. Gegen diese Pfändung wurde mit der Begründung Einspruch erhoben, die Schalttafeln ständen z. T. im Eigentum eines Dritten und seien im übrigen auch gemäß § 93 BGB. wesentliche Bestandteile des Grundstückes, so daß sie nicht der Mobiliarpfändung unterlägen. Das Amtsgericht wies den Einspruch zurück. Die hiergegen gerichtete sofortige Beschwerde hatte keinen Erfolg. (Beschluß des LG. II Berlin v. 12. X. 29 — 25 T 1538/29.)

Soweit die Beschwerde darauf gestützt wurde, die Schalttafeln seien Bestandteile des Grundstücks und daher der selbständigen Pfändung nicht unterworfen, so pflichtete das LG. dem ersten Beschluß darin bei, daß die gepfändeten Schalttafeln nicht als Bestandteile anzusehen sind. Die Schaltanlagen bestehen aus Steintafeln mit darauf montierten Schaltern, die lediglich mit Schrauben an den Wänden befestigt sind. Sie können daher getrennt werden, ohne daß das Grundstück oder die Schaltanlagen in ihrem Bestande vernichtet werden. Eine feste Verbindung der Schaltanlagen mit dem Gebäude besteht daher nicht. Daran wird auch nichts geändert, daß bei der Wegnahme der Schaltanlagen geringfügige Beschädigungen entstehen können, oder weil besondere Vorsicht erforderlich ist, um die Schalttafeln ohne erhebliche Beschädigungen entfernen zu können. Ebensowenig sind auch die Schalttafeln Bestandteile des Lichtspieltheaters als solchen. Denn dieses ist nicht ein einziger körperlicher Gegenstand, sondern eine Mehrheit einzelner selbständiger Sachen. Soweit durch die Pfändung nicht im Eigentum eines Dritten stehende Schalttafeln betroffen wurden, war sie demnach zu Recht erfolgt.

Dr. jur. C. v. dem Busch.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für Elektromaschinenbau (EVM) am Dienstag, dem 18. Februar 1930, 7½ Uhr abends in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dr.-Ing. W. Reiche über das Thema: „Stufenlose Spannungsregelung an Stufentransformatoren".

Inhaltsangabe:

I. Teil.

a) Die Schaltungen (Drehtransformatoren — Schubtransformatoren — Kollektorregler als spannungsändernde Elemente).
b) Die Probleme (Verhalten der Zusatzspannung im Augenblick der Umschaltung. — Verteilung der Ströme auf die Stufenschalter. — Schaltleistung der Stufenschalter).
c) Die Folgerungen für Bau und Betrieb.

II. Teil.

Beschreibung ausgeführter Anlagen. Filmvorführung.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß für Elektromaschinenbau.
Der Vorsitzende.
Dr. Kloss.

Bekanntmachung

betreffend das Buch Dr. Max Vogelsang: „Geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik".

Die Subskription auf Band II der vom Elektrotechnischen Verein herausgegebenen „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik":

Dr.-Ing. E. h. Max Vogelsang: „Geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik"

(vgl. ETZ 1929, S. 1791) wird mit Ende Februar dieses Jahres abgeschlossen. Wir empfehlen nochmals die Anschaffung dieses interessanten und mit zahlreichen Abbildungen gezierten Buches zu dem ermäßigten Preise von 11,70 RM für das gebundene und 11,10 RM für das broschierte Exemplar (einschl. Porto und Verpackung). Diejenigen, die das Buch noch zum Subskriptionspreise zu erhalten wünschen, werden gebeten, ihre Bestellung mit dem Betrage umgehend an die Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereins einzusenden.

Vom 1. März ab kann das Buch von der Verlagsbuchhandlung Julius Springer (zum Buchhändlerpreise von 21,00 RM für das broschierte und 22,20 RM für das gebundene Exemplar) bezogen werden.

Ordentliche Sitzung

gemeinsam mit der 6. Hauptversammlung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens am 19. November.

Vorsitz: Herr Präsident Professor Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner.

Vorsitzender: Ich eröffne die ordentliche Sitzung des Elektrotechnischen Vereins und zugleich die 6. Hauptversammlung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens, und heiße unsere erschienenen Mitglieder und Gäste namens der Vorstände der beiden veranstaltenden Vereine herzlich willkommen.

Auf unserer Tagesordnung stehen als erster Punkt geschäftliche Angelegenheiten. Ich bitte mir zu gestatten, daß ich zunächst die Angelegenheiten der 6. Hauptversammlung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft erledige. (Geschieht) . . .

Ich komme nun zu den geschäftlichen Mitteilungen des Elektrotechnischen Vereins. Seit der letzten ordentlichen Sitzung sind 30 Neuanmeldungen eingegangen. Das Verzeichnis dieser Neuanmeldungen liegt hier zur Einsicht aus. Für Mittwoch, den 27. November, ist die Festsitzung vorgesehen, die der Elektrotechnische Verein gemeinsam mit der Heinrich-Hertz-Gesellschaft in den Festräumen des Schöneberger Rathauses veranstaltet. Die Einladungen hierzu sind unterwegs.

Wie Ihnen bekannt ist, wird der Elektrotechnische Verein am 24. und 25. Januar nächsten Jahres das Jubiläum seines 50jährigen Bestehens feiern. Es ist angeregt worden, daß der Elektrotechnische Verein bei dieser Gelegenheit einige hervorragende Elektrotechniker durch die Ernennung zum Ehrenmitglied oder korrespondierenden Mitglied auszeichnet. Die Einrichtung der korrespondierenden Mitgliedschaft war ebenso wie die der Ehrenmitgliedschaft bereits bei der Gründung des Vereins geschaffen worden; die korrespondierenden Mitglieder sollten insbesondere ein wichtiges und wirksames Bindeglied des Vereins mit der Elektrotechnik im Auslande bilden. Die Einrichtung der korrespondierenden Mitgliedschaft spielte in den ersten Jahrzehnten des Vereins eine bedeutsame Rolle; später wurde sie leider vernachlässigt und fiel gelegentlich einer Änderung der Satzungen ganz unter den Tisch. Da sie indessen bei richtiger Anwendung sicherlich sehr segensreich wirken kann und heute wieder ein starkes Bedürfnis nach der Pflege der Auslandsbeziehungen besteht, haben wir an unsere alte Tradition angeknüpft und die korrespondierende Mitgliedschaft wieder zu einer statutenmäßigen Einrichtung gemacht. Das Verfahren der Ernennung von Ehrenmitgliedern und korrespondierenden ist in unserer Satzung genau geregelt. Demgemäß haben Vorstand und Ausschuß in langen und sehr sorgfältigen Beratungen eine Liste der auszuzeichnenden Persönlichkeiten aufgestellt. Die Namen sollen in der Festsitzung bekanntgegeben werden, die am Freitag, dem 24. Januar, stattfindet. Ich erbitte nun entsprechend unserer Satzung Ihre Zustimmung dazu, daß die Ernennungen gemäß den einstimmig gefaßten Beschlüssen des Ausschusses und des Vorstandes in der Festsitzung am 24. Januar erfolgen. Ich möchte zunächst fragen, ob das Wort hierzu gewünscht wird. — Das ist nicht der Fall. Dann frage ich, ob sich ein Widerspruch dagegen erhebt. — Das ist auch nicht der Fall. Ich stelle damit Ihr Einverständnis fest und danke Ihnen für Ihr Vertrauen.

Wir kommen nun zu dem zweiten Hauptteil unserer heutigen Tagesordnung, zu den Vorträgen. Ich habe das Vergnügen, zunächst das Wort zu erteilen Herrn Direktor W. Hahnemann zu seinem Vortrag: „Neuere Resultate auf dem Gebiet der ultrakurzen Wellen."

Der Vortrag wird gehalten.

Vorsitzender: Ich danke Herrn Direktor Hahnemann für seinen sehr interessanten Vortrag und frage, ob das Wort dazu gewünscht wird. (Besprechung.)

Vorsitzender: Die Zeit ist leider schon vorgeschritten. Ich bitte, weitere Bemerkungen zu dem Vortrag schriftlich einzusenden. Wir kommen nun zum zweiten Vortrag. Ich erteile Herrn Oberpostrat Professor Dr. Kiebitz das Wort zu seinem Vortrag über: „Ergebnisse der im April 1929 bei den Berliner Rundfunkteilnehmern gehaltenen Umfrage über die Empfangsverhältnisse." (Vortrag.)

Vorsitzender: Ich danke Herrn Professor Dr Kiebitz für seine interessanten Ausführungen, zu denen sich sicherlich noch sehr viel sagen ließe. Mit Rücksicht auf die beiden folgenden Vorträge möchte ich aber Ihr Einverständnis erbitten, daß wir von einer Diskussion absehen. (Zustimmung.) Ich bitte nunmehr Herrn Dr. Runge, seinen Vortrag zu halten über das Thema: „Hochfrequenzverstärkung kurzer Wellen." (Vortrag.)

Digitized by Google

Vorsitzender: Ich danke Herrn Dr. Runge für seinen sehr interessanten Vortrag und darf nunmehr Herrn Dipl.-Ing. von Handel bitten, über das Thema: „Untersuchungen über quarzgesteuerte Schwingvorgänge" zu sprechen. (Vortrag.)

Vorsitzender: Ich danke auch Herrn Dipl.-Ing. von Handel für seine interessanten Ausführungen namens des Vereins und schließe die Sitzung.

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Billig, Kurt, stud. ing., Bln.-Karlshorst.
Binder, Hartwig, Direktor, Wiesbaden.
Bucher, Harald, Dipl.-Ing., Dröbak (Norwegen).
Ercklentz, Hans, Dipl.-Ing., Frankfurt (Oder).
Flaum, Robert, Ingenieur, Falkensee.
Friedländer, Ernst, cand. ing., Berlin.
Gradnauer, Erwin, Dipl.-Ing., Berlin.
Haenisch, Rudolf, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg.
Hornung, Heinrich, Dr. rer. nat., Bln.-Neu-Tempelhof.
Hubald, Bernhard, cand. ing., Bitterfeld.
Jehle, Herbert, cand. electr., Bln.-Charlottenburg.
Kiesewetter, Herbert, Dipl.-Ing., Neusalza-Spremberg.
Kistenbröcker, Walter, Elektroinstallationsmeister, Bln.-Lichtenberg.
Klingenschmidt, Rudolf, Ingenieur, Berlin.
Kramm, Georg, Beuth-Schüler, Berlin.
Krines, Oskar, Dipl.-Ing., Berlin.
Krüger, Johannes, Kommerzienrat, Bln.-Charlottenburg.
v. Levetzow, Hans Otto, Ingenieur, Bln.-Wilmersdorf.
Meyer, Gerhard, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg.
Müller, Theodor, Ingenieur, Berlin.
Müller-Lübeck, Kurt, Ingenieur, Bln.-Wilmersdorf.
Passer, Alfred, Dipl.-Ing., Berlin.
Ribbeck, Wolfgang, cand. ing., Bln.-Wilmersdorf.
Ritter, Konrad, Dipl.-Ing., Probstdeuben.
Ronneberger, Max, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg.
Schoen, Wilhelm, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg.
Schusterschitz, Fritz, Dipl.-Ing., Teheran.
Sträb, Hermann, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg.
Weinhold, Herbert, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg.
Wicar, Reinhold, Ingenieur, Budapest.

Gemeinsame Festsitzung

des Elektrotechnischen Vereins e. V. und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens e. V. am 27. November 1929 im Festsaal des Neuen Rathauses zu Berlin-Schöneberg.

Vorsitz: Herr Präsident Professor Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner.

Vorsitzender: Namens des Vorstandes des Elektrotechnischen Vereins und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens begrüße ich die zahlreich erschienenen Gäste und Mitglieder und heiße Sie alle herzlich willkommen. Mein besonderer Gruß gilt den Herren Vertretern der hohen Behörden, die uns die Ehre erwiesen haben, heute abend teilzunehmen, insbesondere den leitenden Herren der Deutschen Reichspost, des Reichsverkehrsministeriums, des Reichswehrministeriums und des Preußischen Ministeriums für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung, ferner Seiner Magnifizenz, dem Herrn Rektor der Technischen Hochschule zu Berlin. Ich bin beauftragt, der Versammlung die Grüße der Preußischen Akademie der Wissenschaften zu überbringen. Ferner begrüße ich die Herren Vertreter der uns befreundeten großen Vereine, so namentlich des Vereines deutscher Ingenieure, des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, der Deutschen Physikalischen Gesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für Technische Physik. Mit ganz besonderer Freude begrüße ich unseren hochverehrten Herrn Ehrenpräsidenten Seine Exzellenz Herrn Staatsminister Dr. von Sydow. (Lebhafter Beifall.) Ich hoffe und wünsche, daß Sie mit uns zusammen einen recht genußreichen Abend verleben werden.

Ich erteile nunmehr das Wort Herrn Dr. Graf von Arco.

Herr Graf von Arco: Ich habe einen Beschluß zu verkünden, den der Vorstand der Heinrich-Hertz-Gesellschaft am 6. September gefaßt hat. Auf den Vorschlag des Wissenschaftlichen Ausschusses verleiht die Heinrich-Hertz-Gesellschaft die **Goldene Heinrich-Hertz-Medaille Herrn Professor Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Karl Willy Wagner**

(lebhafter Beifall),

dem bahnbrechenden Forscher und Ingenieur, dem Erfinder der elektrischen Siebketten.

Sehr verehrter Herr Professor! In dieser Formulierung finden wir den klaren Hinweis auf die Tatsache, daß Ihre wissenschaftliche Tätigkeit von Anfang an ein besonders weites Feld umfaßt hat. Ihre Laufbahn begann mit einer Arbeit über die Theorie der elektrischen Schwingungen. Diese führte dann zur Beschäftigung mit den elektrischen Ausgleichschwingungen in Hochspannungsnetzen und den durch sie hervorgerufenen Überspannungen. Wir verdanken Ihnen die Einführung des Begriffs der Wanderwellen. Diese erst brachten die erwünschte Klarheit in die verwirrende Fülle der Erscheinungen.

Gleichfalls noch auf dem Starkstromgebiete liegt die von Ihnen ausgearbeitete Theorie der selbsterregten Pendelungen von Gleichstrommotoren.

Durch Beobachtung der Überspannungen, die durch den Schalterlichtbogen erregt werden, wurde Ihr Interesse auf den Lichtbogen als Wechselstromerzeuger gelenkt. Diese Vorgänge interessierten Sie damals so lebhaft, daß Sie im Simonschen Institut in Göttingen sie zum Gegenstand Ihrer Promotion wählten.

Zu diesem Zeitpunkt wandten Sie sich dem Gebiete der elektrischen Nachrichtentechnik zu, u. zw. durch Ihren Eintritt in das Telegraphen-Versuchsamt. Anknüpfend an die früheren Arbeiten über freie Schwingungen in Leitungen bauten Sie hier die von Lord Kelvin und H. Poincaré begründete Kabeltheorie weiter aus.

Die praktischen Bedürfnisse der Fernsprechtechnik erforderten eine eingehende Untersuchung über die elektrischen Eigenschaften der verschiedenen Isolierstoffe. Die umfassende Art, mit der Sie diese Aufgaben bearbeitet haben, ist kennzeichnend für Ihre Arbeitsweise im allgemeinen. Erst entwickelten Sie neue und genauere Meßmethoden und dann konstruierten Sie verbesserte Apparate und Präzisionswiderstände. Hiermit bestimmten Sie die dielektrischen Eigenschaften von allen in der Fernmeldetechnik praktisch verwendeten Isolierstoffen für den ganzen in Frage kommenden Temperatur- und Frequenzbereich; zugleich aber verwerteten Sie diese Beobachtungsergebnisse praktisch zur Verbesserung der Isolierungen von Seekabeln und weiter wissenschaftlich zur Ausarbeitung einer umfassenden Theorie der dielektrischen Nachwirkung.

Die Ernennung zum Professor und Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt bedeutet in der Linie dieser Entwicklung keineswegs eine Unterbrechung. In dieser Funktion setzten Sie die Bearbeitung der Fragen aus der Fernmeldetechnik fort und behandelten daneben die Wanderwellenprobleme aus dem Starkstromgebiet aufs neue.

Der Krieg bewirkte eine Umstellung Ihrer Tätigkeit im Sinne der Bedürfnisse von Heer und Marine; hier herrschten natürlich die Aufgaben der Nachrichtentechnik vor. Besonders auf die Verbesserungen der drahtlosen Stationen für die Flieger und U-Boote war Ihr Augenmerk gerichtet. In die erste Kriegszeit fällt eine Ihrer Erfindungen von großer Tragweite, deren Anfänge schon in der Zeit der Tätigkeit beim Telegraphen-Versuchsamt liegen, nämlich die Entwicklung der elektrischen Siebketten auf Grund Ihrer Theorie der Kettenleiter. Siebketten oder Wellenfilter sind heute ein in allen Zweigen der Nachrichtentechnik unentbehrliches Hilfsmittel geworden. Auch in der Funktechnik finden sie jetzt vielfach Anwendung und dienen zur Erhöhung der Störungsfreiheit und zur Vielfachtelegraphie bzw. -telephonie auf einer einzigen Trägerfrequenz mittels mehrerer gleichzeitig arbeitender Modulationsfrequenzen.

Nach dem Kriege übernahmen Sie die Leitung des Telegraphen-Versuchsamts nach Ablehnung von anderen ehrenvollen Berufungen. Dann finden wir Sie zwei Jahre lang als Direktor im Telegraphentechnischen Reichsamt, zu dessen Präsident Sie 1923 ernannt wurden. Auch in dieser Stellung setzten Sie — trotz starker Belastung durch Verwaltungstätigkeit in der schwierigen Zeit der Kriegsabwicklung, der Inflation, der Deflation und des Beamtenabbaues — Ihre eigene Mitarbeit an der technischen Entwicklung fort. Die Arbeiten dieser Zeit sind auf leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonie und -telegraphie, Fernkabel, Fernsprechweitverkehr, transozeanische Telegraphenkabel gerichtet gewesen. Daneben finden Sie noch die Zeit für wissenschaftliche Untersuchungen über den Frequenzbereich von Sprache und Musik. Sogar auf einem ganz abseits von der eigentlichen Berufstellung liegenden Forschungsgebiete wird von Ihnen eine besonders bedeutsame Pionierarbeit geleistet, nämlich in der Erklärung des physikalischen Vorganges beim elektrischen Durchschlag von festen Isolierstoffen als wärmeelektrisches Phänomen.

Digitized by Google

Versuchen wir rückschauend uns aus den angeführten Arbeiten ein Bild der Gesamtpersönlichkeit, die heute durch die Goldene Heinrich-Hertz-Medaille geehrt wird, zu verschaffen, so sehen wir:

1. den Forscher, der stets bestrebt ist, rätselhaften oder komplizierten Erscheinungen auf den Grund zu gehen, z. B. auf den Gebieten: Überspannungen, Vorgänge in Kabeln, dielektrische Nachwirkung, Sprach- und Musikklänge, elektrischer Durchschlag.

2. Wir sehen aber gleichzeitig, wie Prof. Wagner in der Auswahl der bearbeiteten Probleme und in dem Bestreben, die Ergebnisse praktisch nutzbar zu machen, die deutlichen Beweise seiner Ingenieurfähigkeiten liefert. Stets sind es die wichtigsten Fragestellungen der Technik, die ihn besonders reizen; stets erkennen wir das Bestreben, die gewonnenen Erkenntnisse zu zweckmäßigeren Konstruktionen, neuen Meßverfahren, verbesserten Betriebsweisen und Betriebsmitteln auszuwerten. Ein bedeutsamer Teil der Arbeiten betrifft die Technik der elektrischen Schwingungen, unter ihnen ragt die Erfindung der Siebketten an grundsätzlicher Bedeutung und praktischer Tragweite besonders hervor.

Der heutigen Ehrung durch die Heinrich-Hertz-Gesellschaft sind zahlreiche andere bereits vorausgegangen:

1919 hat die Technische Hochschule Stockholm Ihnen die Goldene Cedergren-Medaille verliehen, die nur alle 5 Jahre vergeben wird, u. zw., wie der Wortlaut heißt, an „denjenigen, der durch wissenschaftliche Arbeiten die Elektrotechnik am meisten gefördert hat".

In das Jahr 1921 fällt Ihre Promotion zum Dr.-Ing. ehrenhalber der Technischen Hochschule Darmstadt „in Anerkennung Ihrer hervorragenden Verdienste um die Entwicklung der theoretischen Elektrotechnik und ihrer Anwendung auf praktische Aufgaben".

1925 sind Sie zum ordentlichen Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften erwählt worden.

Ich darf Ihnen jetzt die Goldene Heinrich-Hertz-Medaille überreichen und, wie ich annehmen darf, gleichzeitig auch im Namen der Versammlung Ihnen die herzlichsten Glückwünsche übermitteln.

(Anhaltender lebhafter Beifall und Händeklatschen.)

Herr K. W. Wagner: Sehr verehrter Herr Graf! Mit tief bewegtem Herzen danke ich der Heinrich-Hertz-Gesellschaft für die hohe Auszeichnung, die sie mir hat zuteil werden lassen. Ich danke auch Ihnen, Herr Graf, für die gütigen Worte, die Sie mir und meiner Arbeit gewidmet haben.

Nach Ihrer eingehenden Würdigung darf ich es mir versagen, noch auf Einzelheiten meines Wirkens einzugehen. Nur ein paar allgemeine Worte bitte ich mir zu gestatten.

Was ich als Ingenieur geleistet und erreicht habe, verdanke ich meiner Liebe zur Wissenschaft; ihr, meiner hehren Königin, sei daher am heutigen Tage zuerst meine Huldigung dargebracht. Die wissenschaftliche Durchdringung der Probleme der Technik ist der einzige auf die Dauer gangbare Weg zum technischen Erfolg. Erst die wissenschaftliche Erkenntnis des Naturgeschehens befähigt den Menschen, die Naturkräfte zu bändigen und in seinen Dienst zu bannen. Ohne den göttlichen Funken der Wissenschaft wäre der Mensch ein elendes Tier und wahrscheinlich schon längst in den Widrigkeiten dieses Daseins untergegangen. Der schönste Lohn aber, der dem Diener der Wissenschaft erblüht, ist nicht materieller Art, sondern besteht in dem unvergleichlich hohen Genuß, den die Entdeckung jeder neuen Wahrheit gewährt.

Noch eine zweite Bemerkung sei mir gestattet. Die Auszeichnung mit der Goldenen Heinrich-Hertz-Medaille erscheint mir besonders wertvoll und ehrenvoll, weil diejenigen, die die Verleihung vorgeschlagen haben, meine engeren Fachkollegen sind. Kollegen sind bekanntlich immer scharfe Kritiker, und sie sind dazu auch befähigt und berechtigt, weil sie die Arbeit des Kollegen am besten zu beurteilen verstehen. Eine Anerkennung aus diesem Kreis ist daher besonders hoch zu schätzen.

Für mich persönlich kommt endlich noch folgendes hinzu. Ich hänge mit großer Liebe an der Heinrich-Hertz-Gesellschaft und bemühe mich, so gut es mir gelingt, ihr zu dienen und ihre Ziele zu fördern. Daher erfüllt es mich auch mit freudigem Stolz, von der Heinrich-Hertz-Gesellschaft die höchste Auszeichnung erhalten zu haben, die sie zu vergeben hat. —

(Lebhafter Beifall und Händeklatschen.)

Wir kommen nunmehr zu dem zweiten Gegenstand unserer Tagesordnung, zu dem Experimentalvortrag des Herrn Direktor Dr. Schröter über das Thema:

„Hertzsche und infrarote Strahlen als Nachrichtenmittel".

Darf ich bitten, Herr Dr. Schröter, das Wort zu nehmen.

(Vortrag.)

Vorsitzender: Meine Damen und Herren! Der Vortrag, den Sie soeben gehört haben, hat Sie in ein vollkommen neues, aufstrebendes Gebiet der Technik hineingeführt. Ein typisches Kennzeichen der modernen Technik ist, daß der Abstand zwischen dem Zeitpunkt einer physikalischen Entdeckung und ihrer technischen Anwendung immer kürzer wird. Früher dauerte es Jahrzehnte, manchmal Jahrhunderte, bis eine neue physikalische Erscheinung irgendwie für die Menschheit praktisch nutzbar gemacht wurde. Heute sehen Sie — und dieser Vortrag brachte auch Beispiele dafür —, wie die allerneuesten Entdeckungen der Physik, sozusagen die Erkenntnisse von gestern, schon heute in der Technik angewandt werden.

Sie haben schon durch Ihren lebhaften Beifall Herrn Dr. Schröter für seinen außerordentlich interessanten Vortrag und für die schönen Experimente, die er uns vorgeführt hat, Ihren Dank ausgedrückt. Namens der beiden veranstaltenden Vereine möchte ich auch meinerseits nochmals dem Herrn Vortragenden unseren herzlichsten Dank aussprechen. (Lebhafter Beifall.)

Wir sind damit am Schluß unseres offiziellen Teiles angelangt. Ich lade Sie nun ein, sich nach dem Saal nebenan zu begeben und unsere Sitzung dort in zwangloser Weise fortzusetzen.

Die Teilnehmer vereinigten sich sodann zu einem Imbiß und geselligen Beisammensein in der neben dem Festsaal gelegenen „Brandenburghalle".

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Freileitungen.

Nachstehend werden Änderungen an den „Bahnkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen B.K.V." veröffentlicht, die durch eine Verfügung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft veranlaßt sind.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Kommission für Freileitungen.

Durch die Festlegung der neuen Trennlinie von 1000 V sowohl in den neuen Errichtungsvorschriften V.E.S. 1. und V.E.S. 2. als auch in den neuen „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F./1930" war auch eine entsprechende Änderung der behördlichen Kreuzungsvorschriften erforderlich geworden.

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hat diesen Anlaß benutzt, um für die

„Bahnkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen"

noch einige, durch die seit dem November 1921 im Bereich der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft eingetretenen verwaltungstechnischen Änderungen bedingte Änderungen an den B.K.V. vorzunehmen, die in der nachstehend wiedergegebenen Verfügung vom 31. Januar 1930 enthalten sind.

Bahnkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen B.K.V./1930.

Gültig ab 1. Januar 1930.

Verfügung der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vom 31. Januar 1930 — 35 Lwk 99 — auf Grund gemeinsamer Beratungen mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker.

1. Auf der ersten Seite (Umschlag) ist „Deutsche Reichsbahn" in „Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft" zu ändern und statt „Vom 18. November 1921" „Vom 31. Januar 1930" zu setzen.

Digitized by Google

2. Der Wortlaut der Fußnote zu § 1 ist zu ändern in: „Soweit nicht in den nachfolgenden Bedingungen etwas anderes bestimmt ist, wird die Reichsbahn bis auf weiteres vertreten:

im Bereich der Reichsbahndirektionen in Preußen, Hessen, Schwerin und Oldenburg, im Bereich der Gruppenverwaltung Bayern	durch die Reichsbahndirektionen
im Bereich der Reichsbahndirektionen Dresden und Stuttgart	durch die Reichsbahn-Betriebsämter oder -Neubauämter
im Bereich der Reichsbahndirektion Karlsruhe	durch die Reichsbahn-Bauämter oder -Neubauämter“

3. In §§ 2 (1) c), 2 (2) a) und 15 a) sind die Worte „Starkstrom-“ und „Schwachstrom-“ durch „Starkstrom-“ und „Fernmelde-“ sowie in § 18 (3) a) „Bahnschwachstromleitungen“ durch „Bahnfernmeldeleitungen“ und in § 23 (2) und (4) „Schwachstromleitungen“ durch „Fernmeldeleitungen“ zu ersetzen.

4. In § 2 unter (2) b) und § 18 (3) sind die Worte: „Normen für Starkstrom-Freileitungen“ in „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F.“ zu ändern.

5. Der zweite Satz in § 2 (3) ist umzustellen und lautet: „Auf Antrag werden die zur Herstellung der Pläne erforderlichen Unterlagen von der Reichsbahn gegen Erstattung der Kosten abgegeben.“

6. In § 11 (1) ist für „Reichsbahndirektionen“ „zuständige Reichsbahndirektion“ zu setzen. Die Unterabschnitte a) und b) dieser Ziffer erhalten folgende Fassung:
   „a) infolge Aufhebung, die von der Reichsbahndirektion ausgesprochen wird — bei Starkstromanlagen für die allgemeine Elektrizitätswirtschaft nur mit Ermächtigung der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, im Bereich der Gruppenverwaltung Bayern mit Ermächtigung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Gruppenverwaltung Bayern —;
   b) durch Verzicht, der von den Beliehenen gegenüber der zuständigen Reichsbahndirektion erklärt wird.“

7. In § 12 ist „Eisenbahn-Generaldirektion oder Direktion“ zu streichen und dafür „Reichsbahndirektion“ zu setzen.

8. Die Fußnote zu § 15 erhält folgende Fassung: „Hierzu gehören z. Z. insbesondere:
   1. die „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1.“, gültig ab 1. Januar 1930, sowie die „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber V.E.S. 2.“, gültig ab 1. Januar 1930;
   2. die „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F.“, gültig ab 1. Januar 1930;
   3. die „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen“, gültig ab 1. Oktober 1925;
   4. die „Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen“, gültig ab 1. Januar 1924.“

9. § 17 erhält die Überschrift „Fremde Fernmeldeleitungen“. Im Text ist das Wort „Schwachstromleitungen“ durch „Fernmeldeleitungen“ zu ersetzen.

10. In § 18 (1) ist „der Reichsverkehrsminister“ in „die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft“ zu ändern.

11. In §§ 19 (4) und 20 (5) a) ist „Normen für Starkstrom-Freileitungen“ zu streichen und dafür „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F.“ einzufügen.

12. § 21 (1) a) bis d) ist zu ersetzen durch:
   „a) Auf Stützenisolatoren verlegte Leitungen sind im Kreuzungsfeld abzuspannen, bei Betriebspannungen über 1 kV an je 2 Isolatoren.
   b) Bei Leitungen mit Betriebspannungen bis 500 V sind im Kreuzungsfeld die gleichen Isolatoren wie in den anschließenden Strecken zulässig.
   c) Bei Leitungen mit Betriebspannungen über 500 V bis 1000 V sind im Kreuzungsfeld Isolatoren für eine Betriebspannung von 6 kV zu verwenden.
   d) Bei Leitungen mit Betriebspannungen über 1 kV soll im Kreuzungsfeld der Isolationswert der Isolatoren der nächsthöheren Betriebspannung nach den Normen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, mindestens aber einer Betriebspannung von 20 kV genügen.
   e) Werden an Gestängen für Stromkreise mit Betriebspannungen bis 1000 V auch Leitungen für Betriebspannungen bis 500 V sowie Fernmeldeleitungen geführt, so genügt für diese Leitungen einfache Aufhängung an gleichen Isolatoren wie in der anschließenden Leitungstrecke.
   f) Werden an Gestängen für Stromkreise mit Betriebspannungen über 1 kV auch Leitungen mit Betriebspannungen bis 1000 V sowie Fernmeldeleitungen geführt, so sind diese Leitungen entweder an je 2 Stützenisolatoren zu befestigen oder an je einem Isolator, dessen Überschlagfestigkeit jedoch mindestens doppelt so groß sein soll wie die der Isolatoren der gleichen Leitung in den anschließenden Strecken.
   Werden in den an die Kreuzungstelle anschließenden Leitungstrecken Isolatoren für Spannungen von 1 kV an verwendet, so genügt an der Kreuzungstelle einfache Aufhängung mit einer Isolatorentype, die bei Regen eine um 20 % höhere Überschlagfestigkeit hat.“

13. In § 21 (2) e) sind die Worte „Bei Hochspannungsleitungen soll“ zu streichen. Der Absatz erhält die Fassung:
   „Im Kreuzungsfelde soll . . . . . usw.“

14. Im 2. Absatz von § 22 (5) ist „den Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen“ in „§ 17 d) der Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F.“ zu ändern und „(II B I und II B II)“ zu streichen.

15. § 22 (6) erhält folgenden Wortlaut:
   „Für die Beanspruchung der Bauteile sind die Bestimmungen über zulässige Spannungen in § 24 der „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F.“ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker mit der Änderung maßgebend, daß für Zug und Biegung bei Belastung durch Leitungsbruch in Spalte 3 von Tafel IV für Stahl statt 2000 kg/cm² nur 1800 kg/cm² zulässig sind, wenn keine Abnahme des Baustoffes stattfindet. Die Festigkeitsziffern in Tafel V der VDE-Vorschriften V.S.F. sind nur zulässig, wenn bei St 48 eine Zugfestigkeit von 4800 kg/cm² und bei St 52 eine Zugfestigkeit von 5200 kg/cm² gewährleistet wird.“

16. In § 22 ist ein neuer Abschnitt unter Ziffer (8) nachzutragen:
   „(8) Für Eisenbetonmaste gelten die „Besondere Bedingungen für die Berechnung, Herstellung, Lieferung und Aufstellung von Eisenbetonmasten bei Kreuzungen von Starkstromanlagen mit der Reichsbahn“.

Einbanddecken ETZ.

Einbanddecken für den Jahrgang 1929 der ETZ können wiederum bezogen werden, u. zw. zum Preise von 2,20 RM für den Halbjahrband, einschl. Versandkosten.

Bestellungen sind durch Einzahlung auf Postscheckkonto des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Berlin 213 12 (genaue Adresse nicht vergessen), oder bei gewünschter Nachnahmesendung direkt an den Verband Deutscher Elektrotechniker, Verlagsabt. Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Digitized by Google

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betrifft: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

Es befinden sich Sicherungspatronen im Handel, die das VDE-Zeichen und eines der nachstehend abgebildeten Ursprungszeichen

Ⓜ ⋔ CD

tragen. Diejenigen Firmen, die diese Zeichen führen, besitzen nicht das Recht, ihre Sicherungspatronen mit dem gesetzlich geschützten VDE-Zeichen zu versehen. Vor dem Ankauf solcher Patronen mit dem VDE-Zeichen wird also gewarnt.

Betr.: Streichung von Genehmigungen zur Führung des VDE-Zeichens.

Der Firma Elektron-Niedersachsen, Hannover, ist die Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens für D-Patronen 35 A und 50 A, 500 V, entzogen worden, da die von der VDE-Prüfstelle vorgenommenen Kontrollprüfungen wiederholt ein schlechtes Ergebnis hatten.

Aus dem gleichen Grunde ist auch der Firma Schwarzfärber & Co., Elektrotechnische Fabrik, Nürnberg-Reichelsdorf, das Recht zur Benutzung des VDE-Zeichens für D-Patronen 35, 50 und 60 A, 500 V, entzogen worden.

Prüfstelle des

Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrot. Verein zu Breslau 18. II. 1930, abds. 8 h, gr. Hörsaal der T. H.: Vortrag Reichsbahnrat W. Reichel, „Erfahrungen mit el. Wechselstrom-Lokomotiven und Triebwagen der Dt. Reichsbahn. — Ausblicke über die weitere Entwicklung".

Elektrot. Verein Braunschweig 19. II. 1930, abds. 8 h, Hörsaal II des Elektrot. Inst d. T. H. (Hochspannungsinstitut, 2. Obergeschoß): Lichtbildervortrag Dr.-Ing. A. Peucker, „Aus der Großkraftwirtschaft".

Elektrot. Verein Hamburg. a) 19. II. 1930, abds. 7½ h, Aula der Techn. Staatslehranstalten, Lübecker Tor 24: Vortrag Dr.-Ing. F. Kesselring, „Ölfreie Hochleistungsschalter" (m. Lichtbildern und Film).

Elektrot. Gesellschaft, Hannover. 25. II. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: Lichtbildervortrag Dir. Th Gruber, „Das Problem der Energieaufspeicherung in Überlandwerken".

Elektrot. Gesellschaft zu Magdeburg. 18. II. 1930, abds. 8¼ h, Aula der Staatl. Ver. Maschinenbauschulen: Dr. H. Jungmichl, Vorführung des Lehrfilms der SSW: „Die Herstellung der Quecksilberdampfgleichrichter".

Elektrot. Gesellschaft zu Nürnberg. 14. II. 1930, abds. 8 h, Vortragsaal der SSW, Frauentorgraben 35: Vortrag Dipl.-Ing. Stern, „Fernmeßanlagen für Lastverteilung und Betriebsüberwachung von Stadt- und Überlandnetzen".

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 18. II. 1930, abds. 7 h, Ingenieurhaus, Friedrich-Ebert-Str. 27: Lichtbildervortrag Dir. Wiedemann, „Altes und Neues aus dem Gebiete der Zug- und Stoßvorrichtungen der Eisenbahnfahrzeuge".

Deutsche Gesellschaft für techn. Physik, Berlin. 21. II. 1930, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des Phys. Inst. der T. H.: Vortrag H. Gerdien, „Amerikanische Reiseeindrücke".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Hochschulnachrichten. — Geheimrat Prof. Dr.-Ing. E. h. Hans Görges wird anläßlich seiner Emeritierung und seines Ausscheidens aus dem Lehrkörper der T. H. Dresden am 7. III. 1930, 5h nachm., im großen Hörsaal des Elektrotechnischen Institutes, Helmholtzstr. 9, eine Abschiedsvorlesung halten. Anschließend ist ein geselliges Beisammensein mit gemeinsamem Essen geplant. Alle seine früheren Schüler, seine Freunde und ehemaligen Mitarbeiter sind zu den Feiern herzlichst willkommen. Um bald einen Überblick über die Teilnehmerzahl zu gewinnen, werden Anmeldungen, nach Abschiedsvorlesung und Abendveranstaltung getrennt, bis zum 22. II. 1930 an Dipl.-Ing. Heyde, El. Institut, Dresden-A 24, Helmholtzstr. 9, erbeten.

LITERATUR.

Besprechungen.

Französischer Sprachführer für den Fernsprechweitverkehr. Von A. Lang. (Einzeldarstell. aus d. El. Nachrichtentechn., herausg. v. F. Moench, Bd. 3.) Mit VIII u. 120 S. in 8°. Verlag Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1928. Preis geb. 9 RM.

Das Buch erscheint als 3. Band der von F. Moench herausgegebenen Einzeldarstellungen aus der elektrischen Nachrichtentechnik. Die ersten 30 Seiten enthalten 549 Redewendungen zum dienstlichen Gebrauch im Fernsprechweitverkehr mit Gegenüberstellung des deutschen und des französischen Wortlauts. Der zweite Teil, der 90 Seiten umfaßt, bringt ein deutsch-französisches und ein französisch-deutsches Verzeichnis der in der Praxis des Fernsprechweitverkehrs vorkommenden Wörter. Die Auswahl ist geschickt getroffen; insbesondere wird man kaum einen gangbaren Ausdruck aus der Verstärkertechnik vergeblich suchen. Nachdem der Fernsprechweitverkehr sich auch des drahtlosen Weges bemächtigt hat, müßten freilich die Ausdrücke aus der Funktechnik einen etwas breiteren Raum finden; das nachzuholen wird Aufgabe einer späteren Auflage oder eines Nachtrags sein müssen.

Das Werkchen ist sorgfältig durchgearbeitet; fehlerhafte Angaben waren bei genauer Durchsicht nicht zu finden. Alles in allem: ein recht brauchbares Buch, das allen Beamten, die mit dem Fernsprechweitverkehr Befassung haben, bestens empfohlen werden kann.

Buttler.

Code for electricity meters. Prepared by a Sectional Committee according to the procedure of the American Engineering Standards. Committee under the joint sponsorship of the Association of Edison Illuminating Companies, National Electric Light Association, United States Bureau of Standards. 3. Aufl. Mit VII u. 122 S. in 8°. National Electric Light Association, New York 1928.

Nach der ersten Ausgabe im Jahre 1910 folgte in kurzer Zeit 1912 die zweite. Die gegenwärtige ist in Gemeinschaftsarbeit der Association of Edison Illuminating Companies, der National Electric Light Association, des Bureau of Standards und des American Engineering Standards Committee entstanden.

Das Werk bietet für jeden, der mit Zählern zu tun hat, eine Fülle von Anregungen, und es wäre sehr zu begrüßen, wenn sich der VDE zu einer ähnlichen Publikation entschließen würde. Keinath.

Aachen 1929. Zur Erinnerung an die Ferntagung während der XXXIV. Jahresvers. d. Verbandes Dt. Elektrotechniker in Aachen am 8. Juli 1929. Herausg. vom VDE.

Die VDE-Jahresversammlung in Aachen erhielt durch die erfolgreiche Durchführung als Ferntagung ein ganz besonderes Gepräge und brachte die Lösung dieses Problems einer breiten Öffentlichkeit zur Kenntnis. In dem Heft, das der VDE dieser denkwürdigen Tagung widmet, erfahren wir einiges über die Vorarbeiten; Min.-Dir. Dr. Craemer berichtet kurz über die technische Ausführung, es folgen die Ansprachen der Aachener und der aus-

Digitized by Google

wärtigen Redner, deren Bilder ihren Worten beigegeben sind, sowie der Festvortrag Dr. Craemers. Die Bedeutung der Tagung kommt besonders noch in den anschließenden Auszügen aus der Tages- und Fachpresse des In- und Auslandes zur Geltung, die den Eindruck dieser ersten völkerverbindenden Versammlung widerspiegeln und das Erinnerungsbild wirksam abrunden. Dieterlein.

Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereines deutscher Ingenieure. Von C. Matschoß. 18. Bd. Mit 209 Textabb., 17 Bildn. u. 189 S. in 2°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis geb. 12 RM, f. VdI-Mitgl. 10,80 RM.

Der vorliegende Band enthält 18 größere Arbeiten, zahlreiche kurze Mitteilungen, eine Literaturschau und einiges mehr. Den Elektrotechniker werden besonders die Arbeiten von W. Philippi über Elektrizitätsverwendung im Bergbau und von E. Reichel über Wasserkraftmaschinen interessieren. Eigentlich aber hört gegenüber der Geschichte der Technik die Spezialisierung auf und man wird sich mit dem gleichen Interesse über die altpersische Königstraße, die Entwicklung der Geschützherstellung, das Dreschen einst und jetzt u. dgl. mehr unterrichten lassen. Der hohe Wert geschichtlicher Kenntnisse für die Weiterentwicklung einer Wissenschaft ist neuerdings zwar auch für die technischen Fächer anerkannt, jedoch z. B. im Studiengang noch keineswegs praktisch ausgeschöpft worden, so daß der Student und der fertige Ingenieur allen Grund haben, hier aus Eigenem nachzuhelfen. Und dazu sind neben anderen Werken die geschichtlichen Jahrbücher des VdI zu empfehlen, zumal die Aufsätze so geschrieben sind, daß sie sich auch als fesselnde und nicht anstrengende Lektüre in Mußestunden genießen lassen.
Winkler.

Berechnung und Verhalten von Wasserrohrkesseln. Ein graph. Verf. zum raschen Berechnen von Dampfkesseln nebst einer Unters. über ihr Verhalten im Betriebe. Von F. Münzinger. Mit 127 Abb. u. 6 Zahlentaf. i. Text sowie 20 Kurventaf. i. d. Mappe, VII u. 125 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis des kart. Buches u. d. Tafeln in fester Mappe 24 RM.

Der Verfasser, dessen Bücher über Teilgebiete des Dampfkesselbaues sich eines guten Rufes erfreuen, hat es unternommen, die gesamten für den Entwurf von Kesseln und Feuerungen erforderlichen und großenteils sehr umständlichen Zahlenrechnungen in die vom Ingenieur der Praxis mit Recht bevorzugte Form von graphischen Rechentafeln zu bringen. Dies ist ihm in hervorragender Weise gelungen. Die Rechnungen gewinnen einen bisher nicht erreichten Grad von Anschaulichkeit und Übersichtlichkeit, so daß anzunehmen ist, daß sich das Verfahren wie das Buch in kurzer Zeit viele Anhänger erwerben wird. Das Buch wird sich bei all denen, die Kesselanlagen zu projektieren und zu entwerfen haben, seine Anhänger erwerben. Wilh. Schultes.

Rechentafel nebst Sammlung häufig gebrauchter Zahlenwerte. Von Dr.-Ing. Dr. H. Zimmermann. 10. Aufl. Ausg. A oh. bes. Quadrattaf. Mit XXXIV u. 204 S. in gr. 8°. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1929. Preis geb. 7,50 RM.

Die altbekannte Rechentafel von Zimmermann erscheint in 10. Auflage, ein Zeichen dafür, daß trotz der bedeutenden neuerlichen Fortschritte auf dem Gebiete der Rechenmaschine die Rechentafel noch immer einem Bedürfnis entspricht. Diesen Umstand macht der Verfasser an dem Gleichnis klar, daß der Kraftwagen niemals das Fahrrad zu verdrängen vermag. In der Tat wird die Rechentafel vielfach dort den Vorzug verdienen, wo Rechnungen vorliegen, die nach Ausdehnung und Genauigkeit sich innerhalb gewisser Grenzen halten. Die Zimmermannsche Tafel weist 3 Tafeln auf, denen Erläuterungen und Beispiele vorausgeschickt werden. Tafel I, die Haupttafel, liefert die sämtlichen ganzzahligen Produkte bis zu dem Produkt 100×1000. Am Fuße einer jeden Seite der Tafel I finden sich noch Potenzen, Wurzeln, Kreisbogenlängen, Kreisinhalte, reziproke Werte und Briggs'sche Logarithmen. Tafel II ist eine Faktorentafel für die ungeraden Zahlen von 1 ... 999, Tafel III bringt eine Zusammenstellung wichtiger Zahlenwerte. Eine besondere Quadrattafel enthält noch die Ausgabe B der Tafel. Besondere Kenntnisse setzt die Tafel von Zimmermann nicht voraus, ihre Handhabung ist einfach und übersichtlich. Fender.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Geschäftswelt. — Die Siemens & Halske AG. hat mit Dillon, Read & Co., New York, sowie mit der Deutschen Bank und Disconto-Gesellschaft Verhandlungen über eine neue Anleihe abgeschlossen, deren amerikanischer Teil als Participating Debentures im Nominalwert von 14 Mill $, entsprechend einem ausmachenden Betrag von etwa 32 Mill $, zu 233 % aufgelegt wurde und mit einer Verzinsung in Höhe der Dividende, mindestens aber von 6 % ausgestattet ist. Die Gläubiger haben nach Ablauf von 75 Jahren bis zur endgültigen Fälligkeit der Anleihe im Jahr 2930 das Recht, zum Nennwert zu kündigen. S & H können die Anleihe nach dem 1. IV. 1942 jeweils im Betrag von nicht weniger als 2 Mill. $ nom. nach 30tägiger Frist zum Kurs von nicht weniger als 932 $ je Bond von 400 $ und mit einem allmählich abnehmenden, nach dem 1. IV. 1960 fortfallenden Prämienaufschlag kündigen. Die deutsche Tranche von 10 Mill RM nom. entspricht einem ausmachenden Betrag von 17,5 Mill RM und ist den Stammaktionären zu 175 % im Verhältnis von 10 : 1 zum Bezug angeboten worden. Für diesen Anleiheteil entfällt die Rückzahlungspflicht nach 1000 Jahren. Das neue Kapital soll zur Verstärkung der Betriebsmittel und zur Lösung der zahlreichen Finanzierungsaufgaben dienen, die der Konzern in der nächsten Zukunft erwartet. Außerordentlich beachtenswert ist der Umstand, daß die General Electric Co. im Einvernehmen mit der AEG einen Posten von rd. 10 Mill $ der neuen Debentures übernommen hat. Von S & H ist das begrüßt worden, weil die aus einer solchen Übernahme sich ergebenden freundschaftlichen Beziehungen zu einem so großen und angesehenen Weltunternehmen durchaus in der Richtung ihrer und der SSW Geschäftspolitik lägen. „Die seit mehreren Jahren bestehenden angenehmen und bewährten Verbindungen unseres Hauses mit den uns befreundeten Firmen im In- und Ausland werden dadurch nicht berührt. Wir erwarten, daß die neue Fühlungnahme auch auf die weitere Entwicklung unserer Beziehungen zu anderen hervorragenden Firmen der Elektroindustrie sich günstig auswirken wird, und erblicken darin einen bedeutungsvollen Schritt auf dem Wege zur Lösung der großen Aufgaben, die der Elektrotechnik noch in der Welt gestellt sind." Wie ferner berichtet wird, war ein großer Teil der als Serie A bezeichneten Anleihe bereits vor dem Auflegen in den V. S. Amerika und Europa verkauft worden; der Rest der amerikanischen Tranche hat ebenfalls sofort Absatz gefunden. Aus dem für diese Transaktion veröffentlichten amerikanischen Prospekt geht, wie die Frankf. Zg. mitteilt, hervor, daß der Gesamtumsatz des Jahres 1928/29 bei S & H 70,70 Mill $ (58,05 i. V.) und bei den SSW 124,28 Mill $ (116,87 i. V.) betragen hat. Nach amerikanischer Buchungsweise errechnete eine Treuhandgesellschaft für S & H folgende Reingewinne: 1928/29: 10,67, 1927/28: 10,7, 1926/27: 10,35, 1925/26: 8,2 Mill $, d. s. von dem z. Z. begebenen Aktienkapital bzw. 44,5, 44,6, 43,2 und 34,2 %. Die Frankf. Zg., die den Gesamterlös aus der amerikanischen und deutschen Emission auf brutto 154 Mill RM veranschlagt, betont die Tatsache, daß die General Electric Co. durch diese Transaktion zur Brücke zwischen dem Siemens-Schuckertkonzern und der AEG werde.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Im Rahmen des Tarifunterabschnitts 18 B hat der Dezember 1929 bei der Einfuhr gegenüber dem Vormonat (6671 dz bzw. 4.435 Mill RM) eine Verringerung um 371 dz (5,5 %) und 0,386 Mill RM (8,7 %) gebracht. Gegen den Parallelmonat des Vorjahres (9956 dz bzw. 5,352 Mill RM) ergibt sich eine Abnahme um 3656 dz (36,7 %) und 1,303 Mill RM (24,3 %). Die Ausfuhr ist, verglichen mit dem November (133 356 dz bzw. 52,707 Mill RM), ebenfalls zurückgegangen, u. zw. um 2356 dz (1,8 %) und 1,744 Mill RM (3,3 %). Gegen den Dezember 1928 (123 214 dz bzw. 43,260 Mill RM) hat sie aber um 7786 dz (6,3 %) und 7,703 Mill RM (17,8 %) zugenommen. An Reparationssachlieferungen umfaßte der Export 6512 dz im Wert von 2,177 Mill RM. Während des abgelaufenen Jahres ist die Einfuhr, verglichen mit 1928, mengenmäßig um 10 853 dz (10,3 %) zurückgegangen, wertlich jedoch um 5,225 Mill RM (11,4 %) gestiegen. Bezogen wurden vom Ausland der Stückzahl nach 13 173 Lichtmaschinen (17 601 i. V.), 212 385 Dynamos, Elektromotoren usw. (132 459 i. V.), 5210 Bogen- usw. Lampen (1352 i. V.), 6.147 Mill Metalldrahtlampen (5,469 i. V.) und 0,238 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,127 i. V.). Die Ausfuhr, welche 1929 insgesamt 102 214 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 32,510 Mill RM einschloß, war um 182 164 dz (12,6 %) bzw. 90,201 Mill RM (18,5 %) größer als im Vorjahr und erstreckte sich u. a. auf 87 002 Lichtmaschinen (80 307 i. V.), 748 582 Dynamos, Elektromotoren usw. (619 282 i. V.), 42 002 Bogen- usw. Lampen (32 037 i. V.), 80,814 Mill Metalldrahtlampen (68,986 i. V.) und 1,258 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (2,171 i. V.). Der Überschuß des Exports

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 255; 1930, S. 103.

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		Dezember	Januar/Dezember		Dezember	Januar/Dezember	
		1929	1929	1928	1929	1929	1928
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	87	1 031	1 591	479*	7 976*	6 904*
907 b bis g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	2 582	38 310	50 914	30 808*	327 936*	300 680*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	296	2 420	1 583	2 655*	20 704*	26 182*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	65	5 151	7 657	4 348*	53 100*	54 889*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	550	15 859	15 112	29 509*	555 958*	490 395*
910 a bis c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	15	231	246	419	4 425*	4 756
911 a	Metallfadenlampen	466	3 034	2 639	1 219	13 604*	12 964*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	20	103	59	45	447*	742*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	20	145	9 104	9	266*	213
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittelungseinrichtungen; Bestandteile davon	35	911	636	1 802*	20 091*	15 615*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	477	6 410	3 783	7 192*	60 657*	42 796*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	172	2 061	2 002	2 638*	33 702*	29 235*
912 B	Bügeleisen; Bestandteile davon	4	31	16	878	8 626*	6 550
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; Bestandteile davon	301	2 403	9 1 535	1 973*	17 114*	13 263*
912 D	Röntgenröhren; Bestandteile davon	4	27	11	18	213*	139*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	141	2 924	2 881	1 909*	26 411*	18 746*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	37	239	9 164	845	14 265*	11 535*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	941	12 354	12 882	29 232*	330 210*	312 089*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	48	653	940	1 220*	17 563*	16 635*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	26	370	708	9 812	80 639	60 841*
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	13	222	230	6	6	6
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	—	68	117	68*	654*	552*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	3 922	38 963*	25 615*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	—	6	30
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	6 300	94 957	9 105 810	131 000*	1 633 530*	1 451 366*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*4 049*	*50 832*	9 *45 607*	*50 963**	*578 890**	*488 689**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	19	367	426	1 348	12 826	15 178
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	5	79	62	81	883*	791
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	113	1 615	172	737	7 877	6 844
648 d	Elektroden	234	5 297	11 170	22 320	270 394	275 753*
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	180	364	6 430*	85 238*	61 349*
740 a	Glühlampenkolben	31	406	354	1 563	17 994	12 100
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	75	1 998	3 013	8	8	8
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	141	1 194	735			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	174	2 352	2 236	13 371*	141 119*	111 602*

stellte sich auf 1 538 573 dz im Wert von 528,058 Mill RM (1 345 556 dz bzw. 443,082 Mill RM i. V.). Dem monatlichen Nachweis für Dezember 1929 hat das Statistische Reichsamt ein alphabetisches Warenverzeichnis zur leichteren Auffindung der statistischen Nummern beigegeben, unter denen die Waren in der Außenhandelsstatistik nachgewiesen werden.

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.

[*] Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Branchen-Register.

Dem Messeheft der ETZ (Heft 9 vom 27. Februar) wird ein aus den Anzeigen der ETZ zusammengestelltes Branchen-Register beigefügt, das eine Übersicht über das Fabrikationsprogramm der elektrotechnischen Industrie und ihrer Zulieferanten bietet.

Abschluß des Heftes: 8. Februar 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19000 Expl.

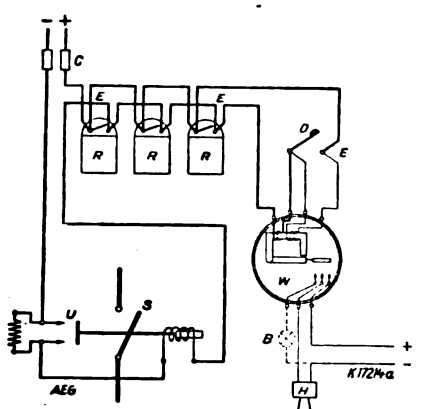
Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Schutzkreisüberwachung in Schaltanlagen.

Mitteilung der AEG.

Zur dauernden Überwachung von Schutzrelais-Steuerstromkreisen und zur Meldung fehlerhafter Zustände in diesen wurde ein neues Relais durchgebildet, das unter der Bezeichnung „Schutzkreiswächter" auf den Markt gebracht wird. Nach Abb. 1, die nur ein Schaltungsbeispiel von verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten zeigt, arbeitet das neue Relais W in Ruhestromschaltung. Es hat zwei Wicklungen, von denen die eine als Spannungspule parallel zu den Arbeitskontakten der Schutzrelais R, die andere dagegen als Stromspule in Reihe in den Schutzkreis geschaltet ist. Ist der Schutzkreis in ordnungsmäßigem Zustand und in Ruhe, sind also die Kontakte der Schutzrelais R geöffnet,



B = Signallampe,
C = Sicherung,
D = Kontaktgeber,
E = Schleifenanschlüsse,
H = Signalhupe,
R = Relais mit Arbeitskontakten i. Schutzkreis.
S = Betriebschalter mit Auslösemagnet,
U = Selbstunterbrecher am Betriebschalter,
W = Schutzkreiswächter.

Abb. 1. Schaltung des Schutzkreiswächters als Fehlermelder und Betriebstörungsanzeiger.

so fließt ein Ruhestrom über die Spannungspule des Schutzkreiswächters W und hält seinen Anker in angezogener Stellung. Infolge der Überbrückung des Selbstunterbrechers U am Schalter S durch einen Widerstand bleibt ein genügender Ruhestrom auch bestehen, wenn der Schalter S sich in Ausschaltstellung befindet. Die Überwachung ist also dauernd.

Jede Unterbrechung des Ruhestromes, entstanden z. B. durch Drahtbruch, Abschmelzen der Sicherungen, lose Kontakte oder das Ausbleiben der Betätigungsspannung, wird sofort das Abfallen des Magnetankers im Relais W und die Einschaltung des optischen bzw. akustischen Signales zur Folge haben. Tritt der Schutzkreis seinem Zweck entsprechend selbst in Wirkung und zwar dadurch, daß ein oder mehrere Schutzrelais R ihre Arbeitskontakte schließen und die Auslösung des Schalters S bewirken, so wird dabei die Spannungspule des Schutzkreiswächters W durch die Kontakte der Relais R überbrückt und der Schutzkreiswächter veranlaßt ebenfalls eine Meldung. Wird dagegen der Schalter S mittels des Kontaktgebers D von Hand ausgeschaltet, so wird zwar ebenfalls die Spannungspule des Schutzkreiswächters überbrückt, aber im gleichen Augenblick durchfließt der Auslösestrom des Schalters S die Stromspule und hält die Erregung des Magneten aufrecht, so daß eine Signalisierung nicht erfolgen kann. Der Schutzkreiswächter vereinigt also in dieser Schaltung in einem Apparat zwei wichtige Betriebseinrichtungen: den Fehlermelder zum Anzeigen fehlerhafter Zustände im Schutzkreis und den Gefahrmelder zum Anzeigen des Ansprechens des Schutzkreises bzw. zum Melden der Schalterauslösung. In letztgenannter Eigenschaft meldet der Apparat aber nur das selbsttätige Ansprechen des Schutzkreises, dagegen nicht die von Hand bewirkte, also vom Bedienungspersonal gewollte Schalterauslösung.

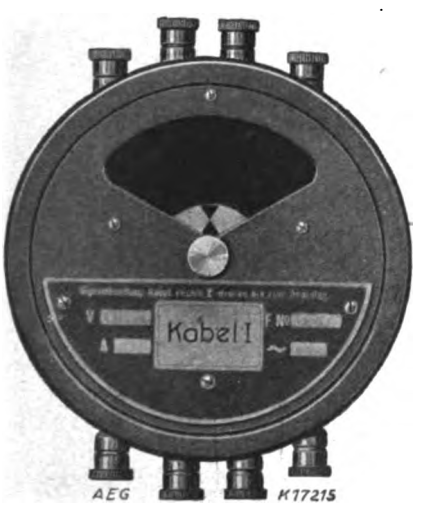


Abb. 2. Schutzkreiswächter in Ruhestellung.

Die mechanische Arbeitsweise und die Bedienung des Schutzkreiswächters sind die gleichen wie die des bekannten Signalrelais mit der in drei Sektoren geteilten Scheibe, deren drei Stellungen die Abbildungen 2, 3 und 4 zeigen.*)

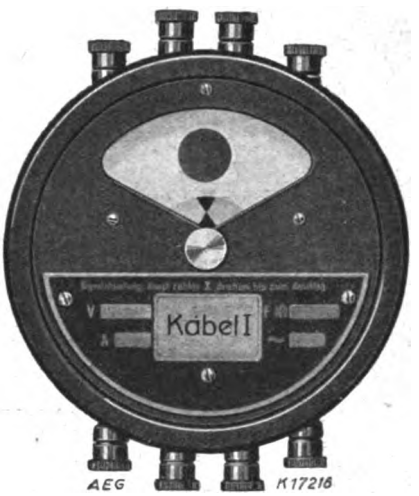


Abb. 3. Schutzkreiswächter in Signalstellung.

Der Schutzkreiswächter erfüllt folgende Bedingungen:

1. Optische und akustische Dauermeldung
   a) beim selbsttätigen Ansprechen des Schutzkreises (handbetätigtes Schalten wird nicht signalisiert);
   b) beim Ausbleiben der Betätigungsspannung;
   c) beim Auftreten von Drahtbrüchen und Kontaktlockerungen im Schutzkreis;
   d) beim Auftreten von Erdschlüssen, die zu einer Fehlauslösung des Betriebsschalters Veranlassung geben könnten.
2. Beim Abstellen des akustischen Signals sind Fehler im Schutzkreis oder betriebsmäßiges Ansprechen des Schutzkreises unterschiedlich zu erkennen.
3. Selbsttätige Wiederbereitstellung des Signalkreises im Augenblick des ordnungsmäßigen Zustandes des Schutzkreises; daher Vergeßlichkeiten des Personals in der Bedienung der Signalanlage ausgeschlossen.
4. Die Überwachung bleibt auch im ausgeschalteten Zustand des Anlageteiles bestehen.
5. Die Signalgebung und Abstellung des akustischen Signals kann für die ganze Anlage zentralisiert werden.
6. Betrieb der Überwachungseinrichtung durch den eigenen Hilfsstrom des überwachten Schutzkreises; besondere Stromquellen sind also nicht erforderlich.

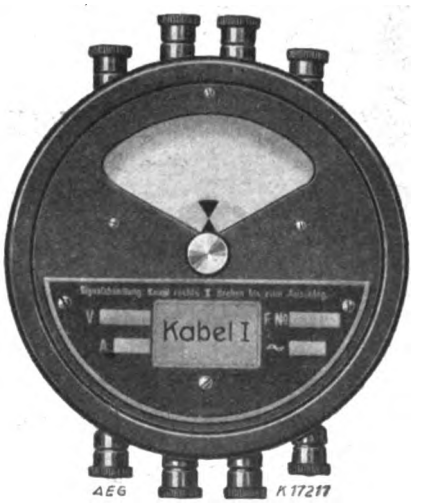
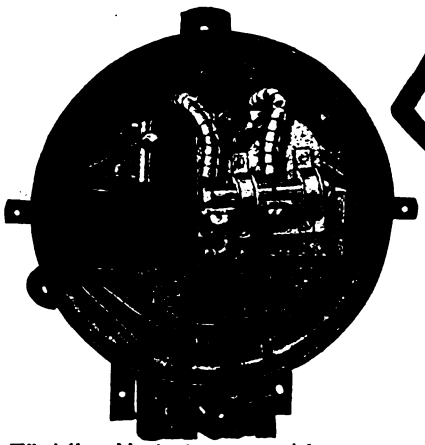


Abb. 4. Schutzkreiswächter in Fehlermeldestellung.

*) 8. AEG-Druckschrift St 1050.

Digitized by Google



Tüchtige Vertreter gesucht.

BERPA

Berliner Patent-Treppenautomaten- und Schaltuhrenfabrik

Buttermann & Schmidt

Berlin-Neukölln, Steinmetzstraße 45 a

Wir fabrizieren als Spezialität:

RELAIS

für alle technischen Zwecke

automatische Wasser- und Gasdruckschalter, Temperaturregler aller Art für direkte und indirekte Steuerungen, Zeitschalter, Fernschalter, Motorschalter, Schaltuhren für alle Schaltmöglichkeiten, wie Straßenbeleuchtung, Treppenbeleuchtung und Hausnummernbeleuchtung für Reklamezwecke

Spezialuhren für Geflügelfarmen

Freileitungs-Sicherungen

für Sicherungs-Patronen

Vorzüge:
Sämtliche Metallteile sind verschraubt und auswechselbar.

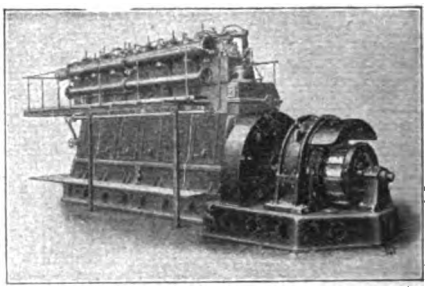
Gebr. Hannemann & Cie.

G.m.b.H.

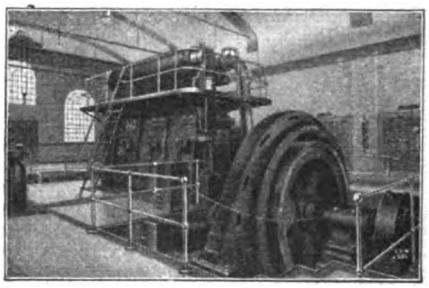
Düren (Rhld.)

LLOYD

Gleichstrom
600 kW
260 U. p. Min.
230 Volt



DIESEL-AGGREGATE



Drehstrom
850 kVA
187 U. p. M.
5000/5250 Volt

LLOYD DYNAMOWERKE

AKTIENGESELLSCHAFT

BREMEN.

WEILO-Transformatoren

für alle Verwendungszwecke

Kurze Lieferzeiten!

H. Weiland, elektrotechnische Fabrik

Berlin SO 36, Reichenberger Str. 79-80

Digitized by Google

1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Über den Betrieb einer Verschiebeanlage mit Lokomotiven für Wechselstrom von 50 Hz. Von F. Punga u. L. Schön. 265

Praktische Methode zur Berechnung des Dauerkurzschlußstroms einfach gespeister Netze. Von F. Ollendorff (Schluß). 269

Über Elektroden für die Zwecke der Prüfung fester Isolierstoffe. Von G. Pfestorf. 275

Die Übertragungsverluste v. lang. Fernleitungen. Von L. Leng. 278

Bau von Motorschutzschaltern mit Rücksicht auf Motorschutz und Kurzschlußschutz. Von A. Cohn (Schluß). 283

Rundschau:

Die dieselel. Kraftreserve des städt. Elektrizitätswerkes Genf. 287

Entfern. v. Rauhreif u. Eisansatz an Hochspannung führenden Leit. 288

Tragbare Kabeltrommeln für Meßleit. 289

Verteilungstafel-Unterputzsystem. 289

Handleuchte mit Schalter. 289

Ausbau des österr. Fernsprechkabelnetzes 1928. 290

Welche Spannung ist dem Menschen gefährlich? 290

Energiewirtschaft. 291

Vereinsnachrichten. 292 **Bekanntmachung des VDE.** 293

Sitzungskalender. 294

Persönliches. 295

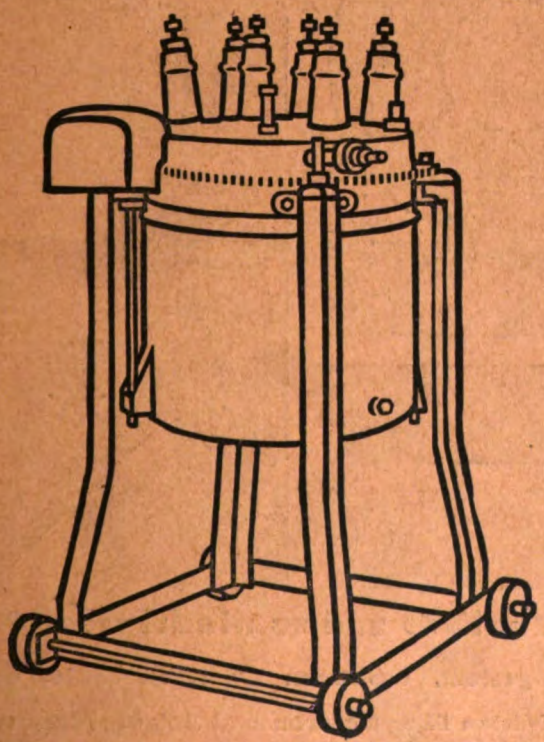
Literatur. E. Roller u. H. Pricks, F. Fuchs, L. Emanueli, R. Winzheimer, Schumacher 295

Geschäftl. Mitteilungen. 296

Bezugsquellenverzeichnis. 296

Berichtigung. 296

Hochleistungs-Ölschalter



Schaltleistung nach dem REH-Zyklus

130 MVA
230 MVA
400 MVA

SIEMENS-SCHUCKERT

8. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(265-296) 20. FEBRUAR 1930

Das ETZ-MESSEHEFT erscheint am 27. Februar 1930

Digitized by Google

ELEKTRO MO-TO-REN

in erstklassiger Qualität und zu niedrigsten Preisen

● Wir sind darauf eingestellt, uns Ihren Wünschen restlos anzupassen

Verlangen Sie unsere Preislisten über Motoren und Anlaßgeräte, sowie über Schaltgeräte für Hoch- und Niederspannung

MAFFEI-SCHWARTZKOPFF

ABT. VERTRIEB: WILDAU (KREIS TELTOW) • DRAHTWORT: TURBOMOTOR WILDAU

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 20. Februar 1930 | Heft 8

Über den Betrieb einer Verschiebeanlage mit Lokomotiven für Wechselstrom von 50 Hz.

Von F. Punga, Darmstadt, und L. Schön, Essen.

Übersicht. Es wird eine neue Industriebahnanlage beschrieben, die einphasig aus einem 50 Hz-Drehstromnetz gespeist wird. Anschließend an eine frühere Veröffentlichung in dieser Zeitschrift gehen die Verfasser auf die dem neuen Bahnsystem nachgesagten Mängel ein und weisen auf Grund der Betriebsergebnisse nach, daß diese nicht vorhanden oder beseitigt sind.

Am 2. III. 1926 haben die Verfasser in einem Vortrag vor dem Elektrotechnischen Verein in Berlin über ein neues Bahnsystem berichtet[1], das von den Firmen Krupp und Garbe-Lahmeyer gemeinsam entwickelt worden ist. Es wurde ein vollständig neuer kommutatorloser Einphasenmotor beschrieben, der ein ausgezeichnetes Anlaufdrehmoment entwickelte und der mit $\cos\varphi = 1$ und sogar mit voreilendem Strom zu arbeiten gestattete. In der Diskussion, die sich an den Vortrag anschloß, wurden zwar die Vorteile, die von den Verfassern geltend gemacht wurden, im allgemeinen anerkannt; es wurden auch Mängel entgegengehalten, die nach Ansicht der Herren, die an der Diskussion teilnahmen, die Vorteile zum Teil wieder kompensieren sollten. Diese Mängel waren zwar von uns im Vortrage selbst schon ausführlich behandelt worden, aber von den Kritikern wurde ihnen offenbar eine größere Bedeutung zugemessen als von uns zugegeben werden konnte.

Zunächst mögen nochmals die Vorteile zusammengestellt werden, die wir für das neue System beanspruchten. Je nach dem Verwendungszweck werden sich diese Vorteile finanziell und betriebstechnisch in verschiedener Weise auswirken, denn das Anwendungsgebiet des neuen Systems ist außerordentlich groß. Es umfaßt außer den Vollbahnen die Industriebahnen und die Nebenbahnen.

Nehmen wir als Beispiel die allgemeine Hauptbahnelektrisierung eines Landes wie Deutschland und führen den Vergleich mit dem bisher durchgeführten 16⅔ Hz System durch, so ergeben sich folgende Vorteile:

1. Bei dem bisherigen System hatte man die Wahl, die elektrische Energie in Form von 50 Hz-Strom zu erzeugen und in bestimmten Umformerwerken in 16⅔ Hz umzuwandeln oder den 16⅔ Hz-Strom direkt in bahneigenen oder teilweise in bahneigenen Kraftwerken zu erzeugen. Die Wahl ist auf die letztere Möglichkeit gefallen, wobei Dampfkraftwerke vollständig und Wasserkraftwerke zu einem Teil Eigentum der Bahngesellschaft sind. Die vollständige Elektrisierung Deutschlands würde auf diese Weise eine große Anzahl neu zu errichtender Kraftwerke erfordern.

Im Gegensatz hierzu soll bei dem neuen System wegen der Gleichheit der Periodenzahl die Erzeugung des Stromes den Großkraftwerken, die schon jetzt das Land mit elektrischer Energie versorgen, überlassen werden. Der Strombedarf für die vollständige Bahnelektrisierung Deutschlands wird nur einen ganz kleinen Teil der gesamten Erzeugung elektrischer Energie ausmachen. Je nach dem Zeitpunkt, den man für die Fertigstellung der Elektrisierung annimmt, dürfte der Betrag zwischen 4 und 8 % schwanken. Wenn der erforderliche Mehrbedarf an Erzeugung einheitlich den Großkraftwerken zugefügt wird, so sind die entsprechenden Kosten wesentlich kleiner, als sie für die Neuerrichtung von 16⅔ Hz-Kraftwerken erforderlich wären. Besonders groß ist der Unterschied bei Dampfkraftwerken, denn der 16⅔ Hz-Generator kann höchstens mit 1000 U/min laufen, und da er als Einphasengenerator an und für sich teurer als ein Drehstromgenerator ist und da außerdem ein Getriebe zwischen Turbine und Generator eingebaut werden muß (denn ohne Getriebe müßte ja auch die Turbine für 1000 U/min konstruiert werden), so ergeben sich hier schon Preisunterschiede im Verhältnis 1 : 2, selbst wenn die Größen der Einheiten in beiden Fällen gleich wären. Der Unterschied wird aber noch wesentlich größer, weil die normalen Einheiten in den Großkraftwerken größer sind als für die neuerrichteten niederperiodigen Werke mittlerer Leistung möglich ist, und weil vor allen Dingen die Frage der Reserven zuungunsten der letzteren Werke ausfällt. Während nämlich die 50 Hz-Großkraftwerke untereinander an vielen Punkten verbunden sind und sich gegenseitig unterstützen können, ist ein Energieaustausch eines 16⅔ Hz-Netzes und eines 50 Hz-Netzes nur unter Zwischenschaltung von teueren rotierenden Umformern möglich.

2. Die Transformatoren, die für die Erhöhung der Erzeugungspannung für die Übertragungspannung und diejenigen, die für die Erniedrigung der Übertragungsspannung auf die Spannung des Netzes erforderlich sind, sind für 16⅔ Hz wesentlich teurer und schwerer als für 50 Hz. Im allgemeinen kann man die Leistung eines Transformatormodelles nahezu der Periodenzahl proportional annehmen. Man erhält also bei 50 Hz aus einem Modell nahezu die dreifache Leistung wie bei 16⅔ Hz.

3. Ersparnisse lassen sich machen bei der Übertragung der Leistung der elektrischen Energie vom Kraftwerk zu den Unterwerken, u. zw. deshalb, weil in den meisten Fällen die vorhandenen Hochspannungsleitungen für die etwas größere Leistung ausgebaut werden können, während bei 16⅔ Hz neue Leitungen zu bauen sind.

4. Ein sehr wichtiger Vorteil des neuen Systems ist die Anwendung der Nutzbremsung ohne zusätzliche Apparate und Maschinen. Ohne Zutun des Führers hält sich die eingestellte Geschwindigkeit nahezu konstant. Sowohl bei Gleichstrom- als auch bei Einphasenkommutator-Lokomotiven ist die Nutzbremsung wohl prinzipiell möglich, aber sie wird durch eine große Reihe von Nachteilen so schwer erkauft, daß sie sich praktisch nur in seltenen Fällen lohnt. Wir können also zugunsten des neuen Systems sowohl die Ersparnisse an Strom als auch diejenigen an Bremsklötzen und Radreifen und außerdem eine vergrößerte Sicherheit bei der Talfahrt buchen.

Diesen gewaltigen Vorteilen gegenüber wurden nun die folgenden Mängel hervorgehoben.

A. Das Umsteuern der Lokomotiven erfordere zu viel Zeit. Bekanntlich besitzt der Krupp-Garbe-Lahmeyer-Motor einen Zwischenrotor, welcher bewirkt, daß dem Rotor des Motors ein bei allen Drehzahlen gleichförmiges Drehfeld zugeführt wird. Zur Zeit des Vortrages war die Umsteuerung des Drehsinnes derart gedacht, daß der Zwischenrotor einfach umgesteuert würde, was bei dem damals ausgeführten Motor etwa 10 ... 20 s dauerte. Dieser Umsteuerzeit wurde wesentlich größere Bedeutung zugemessen, als von uns zugegeben werden konnte. Wir behaupteten, daß für die normale Fahrt einer Lokomotive, die im Laufe eines Tages nur wenige Male die Fahrtrichtung ändert, diese Umsteuerzeit belanglos sei. Sind doch sogar jetzt elektrische Lokomotiven für 16⅔ Hz im Betrieb, bei denen eine ähnliche Umsteuerzeit erforderlich ist und die trotzdem zur besten Zufriedenheit ihren Dienst verrichten. Bedenken könnten also nur bestehen bei ausgesprochenen Verschiebelokomotiven oder bei Lokomotiven für Industriebahnen, bei denen die Umsteuerzeit

[1] ETZ 1926, S. 842, 877; Bespr. S. 890 u. 921.

Digitized by Google

ebenfalls, wie klein sie auch sei, als lästig empfunden würde.

Wir hatten nun schon in der schriftlichen Erwiderung zur Diskussion Lösungen angegeben, wie auch dieser Mangel beseitigt werden könnte. Bald darauf ergab sich eine Gelegenheit, eine Bestellung auf zwei Lokomotiven für ausgesprochenen Verschiebedienst und für sehr schwere Bedingungen zu erhalten. Der Auftrag enthielt die Bedingung, daß die Steuerung (gemeint war dabei das Umsteuern) in keinerlei Weise derjenigen einer Gleichstromlokomotive nachstehen dürfte. Diese Lokomotiven sind nun schon seit zwei Jahren im Betrieb. Die folgende

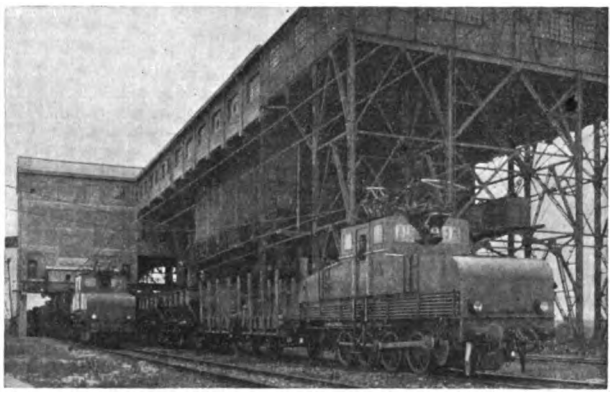


Abb. 1. Großbunkeranlage.

Beschreibung der Lokomotiven wird das angewandte System klar erkennen lassen. Die Bedingung, daß die Krupp-Lokomotive in bezug auf Umsteuern einer Gleichstromlokomotive vollständig gleichwertig sei, wurde eingehalten.

B. Ein zweiter Mangel des neuen Systems sollte sich auf die ungünstige Wirkung einer etwaigen einphasigen Belastung von Drehstrom-Kraftwerken beziehen. Dieser Punkt wurde in dem Kraftwerk, von dem die beiden Lokomotiven gespeist wurden, aufmerksam verfolgt. Die Betriebsleitung des Kraftwerks ließ eingehende Messungen auf die von den Kritikern vorausgesagte Spannungsunsymmetrie ausführen. Es ergab sich das überraschende Resultat, daß die Phase, an welcher die beiden Lokomotiven arbeiteten, an Hand der beobachteten Unsymmetrie überhaupt nicht erkannt werden konnte. Eine Erklärung hierfür wird sich ebenfalls in der folgenden Beschreibung finden.

C. Einen dritten Mangel sollte die Wirkung der im Bahnsystem unvermeidlichen Kurzschlüsse auf die Drehstrom-Kraftwerke darstellen. Es muß zugegeben werden, daß sehr viele Bahnfachleute diese Meinung vertreten. Dies bildete sogar einen wesentlichen Punkt in den Bedenken, die in der Baseler Weltkraftkonferenz von dem Delegierten der Reichsbahn-Gesellschaft geäußert wurden. Aus diesem Grunde wurde auch in der vorliegenden Anlage der Kurzschlußsicherheit große Bedeutung zugemessen, und die Erfahrungen, die hierbei gewonnen wurden, zeigen, daß sich ein System, welches für voreilenden Strom gebaut ist, in dieser Beziehung ganz anders verhält als ein System mit nacheilendem Strom oder als Gleichstrom, u. zw. aus dem Grunde, weil zusätzliche Drosselspulen eingebaut werden können, welche den Kurzschlußstrom begrenzen, ohne im Betrieb einen Spannungsabfall zu verursachen. Bei der Hauptbahnelektrisierung würde man die Drosselung entweder in die Leitung selbst oder in die Transformatoren des Unterwerks verlegen, um ein ähnliches Resultat zu erzielen.

Wir wollen nun zur Beschreibung der Lokomotiven und zu den Betriebserfahrungen übergehen.

Die Bestellerin der Lokomotiven war die Gewerkschaft Elise II der I. G. Farbenindustrie, Halle, für ihre Braunkohlengruben Otto-Tannenberg. Die Kohlen werden über mehrere Kettenbahnen in eine Großbunkeranlage (Abb. 1) gefördert, dort in normalspurige Selbstentlader gefüllt und in Zügen von 40 Wagen nach dem Leunawerk der I. G. Farbenindustrie geführt (Abb. 2). Ein solcher Zug von 40 beladenen Wagen wiegt rd. 1400 t. Da der Bunkerdienst wesentlich andere Anforderungen stellt als der Streckendienst, ist eine vollkommene Trennung der Betriebsmittel durchgeführt. Die Bunkerlokomotiven versehen den Verschiebedienst, bringen die beladenen Züge an die Übergabestelle und holen die dort bereitgestellten Leerzüge zurück. Bis zur Indienststellung der elektrischen Lokomotiven wurde der Bunkerdienst von Dampflokomotiven versehen. Da diese veraltet waren und den gesteigerten Anforderungen nicht mehr entsprachen, entschloß man sich, elektrische Lokomotiven zu beschaffen. Es hätte nahegelegen, Gleichstromlokomotiven zu verwenden, da der Abraumbetrieb der Gruben Otto-Tannenberg mit 1200 V Gleichstrom durchgeführt wird. Die vorhandene Umformeranlage war aber voll ausgenutzt und hätte den Betrieb weiterer Lokomotiven ohne Erweiterung nicht ermöglicht. Deshalb fiel die Wahl auf das Kruppsche System, das den direkten Anschluß an das vorhandene Drehstromnetz gestattet.

Die der Firma Krupp gestellten Bedingungen erschienen zunächst sehr schwer. Die Lokomotive sollte imstande sein, einen steifgekuppelten Zug von 1400 t 60mal in der Stunde anzuziehen und 1 ... 2 m auf der Steigung 1 : 400 zu verschieben. Vom Stillstand aus sollte je nach dem Befehl der Bunkerbedienung sofort vor- oder rückwärts gefahren werden können. Das sichere Anfahren mußte bei jeder Witterung, also sowohl bei starkem Frost als auch bei schlüpfrigen Schienen gewährleistet werden. Die Bedienung der Lokomotiven durfte nicht schwieriger sein als die einer gewöhnlichen Gleichstromlokomotive. Da die Entfernung zwischen Bunker und Übergabestellen nicht groß ist, genügte eine verhältnismäßig kleine Höchstgeschwindigkeit, u. zw. wurden 12 km/h gewählt.

Unter normalen Verhältnissen ist zur Bewegung eines 1400 t-Zuges auf einer Steigung 1 : 400 eine Zugkraft von 7 ... 8 t erforderlich. Mit Rücksicht auf die bei Frost stark vergrößerte Reibung der Fahrzeuglager (infolge der geringen Bewegung während des Beladens frieren die Lager ein) wählte Krupp die Stundenzugkraft zu 12 t und die maximale Zugkraft zu 16 ... 17 t. Hieraus ergab sich ein Reibungsgewicht von 48 t, das auf 4 Treibachsen verteilt wurde. Die Betriebserfahrung hat gezeigt, daß diese Werte ausreichen, um unter allen Umständen einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Diese Sicherheit besteht allerdings nur dann, wenn alle Treibachsen gekuppelt sind. Bekanntlich übt die Zugkraft auf die Lokomotive ein Moment aus, durch das die vorderen Achsen entlastet und die hinteren mehr belastet werden. Bei Einzelachsantrieb würden also die vorderen Achsen schleudern, bevor die maximale Zugkraft erreicht ist. Ein weiterer Umstand, der die Erzielung einer im Verhältnis zum Reibungsgewicht großen Höchstzugkraft erleichtert, ist die Benutzung von Wasserwiderständen als Anlasser. Infolge der stufenlosen Regelung der Stromstärke kann man den der größten Zugkraft entsprechenden Stromwert jeweils auch wirklich erreichen, während es bei einem Metallanlasser mit ausgesprochenen Stufen Zufall wäre, wenn bei dem jeweiligen Wert der Fahrdrahtspannung eine Stufe gerade die durch die Schienenreibung bestimmte größte Zugkraft ergäbe. Die Erfahrung hat gezeigt, daß infolge der obengenannten Maßnahmen ein Schleudern der Räder nie eintritt.

Abb. 2. 1400 t-Kohlenzug auf freier Strecke.

Zum Antrieb der Lokomotiven dienen kompensierte Einphasenmotoren nach dem System von Krupp-Garbe-Lahmeyer[2] in Verbindung mit gewöhnlichen Drehstrommotoren. Da beim Vorziehen der Züge um 1 ... 2 m die Fahrgeschwindigkeit nur sehr gering sein darf, wurde bei der ersten Fahrstufe der Einphasenmotor mit einem gewöhnlichen Drehstrommotor gleicher Polzahl in Kaskade

[2] Wie Fußnote 1, ferner Krupp Monatsh. Bd. 6, S. 233.

Digitized by Google

geschaltet. Auf diese Weise wird die im Anlaßwiderstand zu vernichtende Leistung auf einen Bruchteil des Wertes verringert, der bei alleiniger Verwendung des Einphasenmotors sich ergäbe.

Die Forderung des sofortigen Umsteuerns, die bei den Motoren des gewählten Systems auf den ersten Blick schwierig erscheint, ist in überraschend einfacher Weise einwandfrei gelöst.

Bei jedem Drehstrommotor dreht sich der Läufer im Sinne des Drehfeldes, wenn der Ständer gespeist wird, und gegen das Drehfeld bei Läuferspeisung (Abb. 3). Man kann also jeden Drehstrommotor dadurch umsteuern, daß man bei gleichbleibender Umlaufrichtung des Drehfeldes die Speisung vom Ständer nach dem Läufer verlegt oder

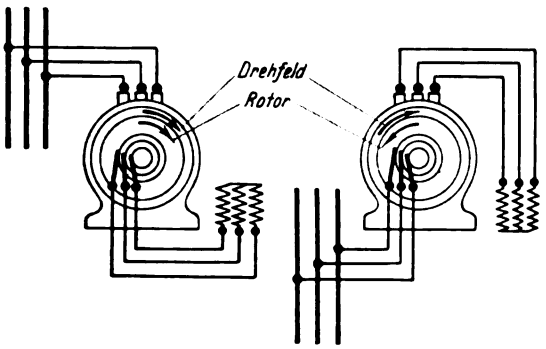


Abb. 3. Umsteuern eines Drehfeldmotors.

umgekehrt. Bei dem Kruppschen Einphasenmotor wird das Drehfeld durch den Zwischenrotor verkörpert, mit dem es synchron umläuft. Man kann seinen Rotor daher ebenfalls dadurch umsteuern, daß man die Speisung vom Ständer auf den Läufer verlegt. Da das Trägheitsmoment und die Reibungsverluste des Zwischenrotors verhältnismäßig klein sind, springt dieser beim Umschalten leicht in Synchronismus. Ein Drehfeld läuft gegen die es erzeugende Wicklung mit konstanter Geschwindigkeit um. Deshalb dreht sich bei Läuferspeisung der Zwischenrotor mit zunehmender Läufergeschwindigkeit immer langsamer und kommt zum Stillstand, wenn der Hauptläufer synchron umläuft. Es war von vornherein nicht ohne weiteres sicher, ob der Motor bei dem grundsätzlich verschiedenen Lauf des Zwischenrotors die gleiche Kippgrenze und den gleichen cos φ haben würde wie bei Statorspeisung. Erst auf Grund einer großen Versuchsreihe wurde dieser Beweis erbracht. Da diese Versuche nur theoretisches Interesse haben, braucht hier nicht näher darauf eingegangen zu werden. Wir sehen also, daß die geforderte sofortige Umsteuerung ohne Schwierigkeit erfüllt werden kann. Die angewandte Lösung hat nur den einen Nachteil mit sich geführt, daß der Motor für eine Niederspannung (z. B. in vorliegendem Falle 600 V) gebaut und daß ein Transformator auf der Lokomotive vorgesehen werden mußte. Mit Rücksicht auf die größere Betriebsicherheit und auf die geringen Kosten eines 50 Hz-Transformators gegenüber den 16⅔ Hz-Transformatoren dürfte dieser Vorteil nicht zu teuer erkauft sein.

Die Handhabung der Lokomotivsteuerung ist einfach und unterscheidet sich, abgesehen von der Inbetriebsetzung, nur wenig von der einer Gleichstromlokomotive. Nach dem Anlassen des Erregerumformers wird die Steuerung durch kurzes Drücken auf den Knopf des Nullspannungsrelais eingeschaltet. Nun kann der Zwischenrotor angelassen werden. Sobald er nahezu synchron läuft, was an der Verminderung des Ausschlages am Motorstrommesser leicht zu erkennen ist, wird von der Anlaß- in die Betriebstellung umgeschaltet und die Lokomotive ist fahrbereit. Mittels des Fahrtwenders werden Fahrtrichtung und Geschwindigkeit gewählt. Es sind in jeder Richtung zwei Grundgeschwindigkeiten vorhanden, 6 und 12 km/h, bei denen die Lokomotiven ohne Verluste in Anlaßwiderständen fahren. Nach dem Wählen der Fahrgeschwindigkeit beschränkt sich die weitere Steuerung auf mehr oder weniger tiefes Eintauchen der Platten des Wasserwiderstandes. Im Betrieb sind also lediglich der Fahrtwender und der Wasserwiderstand zu betätigen. Die Bedienung ist so einfach, daß man ohne Bedenken ungelernte Hilfsarbeiter als Lokomotivführer verwenden kann. Die Herstellung der erforderlichen Schaltverbindungen geschieht durch Schütze, die in einem Schrank im Führerhaus leicht zugänglich und übersichtlich untergebracht sind. Als Stromquelle für den Steuerstrom wird die Erregermaschine für den Zwischenrotor verwendet. Die Schütze sind so gebaut, daß sie bei Spannungen zwischen 20 und 60 V sicher arbeiten. Der große Spannungsbereich wurde gewählt, weil man mit einer weitgehenden Regelung des Erregerstromes im Betrieb rechnete. Die Erfahrung hat gezeigt, daß dies nicht nötig ist. Der Erregerstrom wird auf 250 A eingestellt. Mit diesem Wert kann man Zugkräfte bis 13 000 kg bei $\cos\varphi = 1$ erreichen, was in den weitaus meisten Fällen zum Anziehen der Züge ausreicht. Sollte ausnahmsweise eine größere Zugkraft erforderlich sein, so wird durch Niederdrücken eines neben dem Fahrtwender angebrachten Knopfes die Erregung auf 300 bis 350 A gesteigert und gleichzeitig der Motor an eine Transformatoranzapfung höherer Spannung gelegt. Dadurch steigt die Zugkraft auf 16 ... 17 t, d. h. bis an die Reibungsgrenze. Im praktischen Betrieb ist von dieser Zugkraftsteigerung bis jetzt noch kein Gebrauch gemacht worden. Die Erregung von 250 A entspricht einer Stundenleistung der Motorkaskade von 300 PS bei $\cos\varphi = 1$ und würde im Dauerbetrieb eine zu große Erwärmung zur Folge haben. In den Betriebspausen zwischen dem Beladen der einzelnen Wagen wird deshalb die Erregung durch einen Vorschaltwiderstand auf 100 ... 120 A herabgesetzt. Dieser Vorschaltwiderstand wird beim Auslegen des Handrades für den Wasserwiderstand kurzgeschlossen und dadurch die Erregung auf den Wert von 250 A gebracht. Bei auf 120 A geschwächter Erregung ist der Motor nicht völlig kompensiert. Da jedoch der Absolutwert des Leerlaufstromes sehr klein ist (nur etwa 7 ... 8 % des Stundenstromes), spielt die unvollständige Kompensation während der Pausen praktisch keine Rolle. Man könnte natürlich den geschwächten Erregerstrom während der Pausen durch Ändern des Vorschaltwiderstandes etwas höher halten und würde dann auch in den Pausen $\cos\varphi = 1$ erhalten. Dies würde die Verluste im Zwischenrotor ein wenig vergrößern, im Stator ein wenig verkleinern.

In Zukunft ist noch eine Änderung der Schaltanordnung geplant, indem, wie schon im Vortrag angegeben, die dem Motor zugeführte Spannung während der Pausen auf etwa 25 % verringert wird. Dadurch wird die in den Pausen erwünschte Kühlung des Motors mit einem außerordentlich geringen Aufwand an Leistung bei voreilendem Strom gewährleistet. Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß auch bei Tag- und Nachtbetrieb die Erwärmung der Motoren gering bleibt.

Infolge der kurzen Lieferzeit und des dringenden Bedarfs mußte auf eine gründliche Werkserprobung der Maschine verzichtet werden; trotzdem wurden nur Störungen in bescheidenem Umfange beobachtet. Die zuerst abgelieferte Maschine ist nunmehr zwei Jahre im Betrieb und während eines großen Teiles dieser Zeit 21 h täglich, ohne daß sie versagt hat. Alle nachträglichen Verbesserungen konnten ohne Betriebsunterbrechungen durchgeführt werden. Bei der zweiten Maschine sind einige Störungen vorgekommen, die aber unwesentliche Ursachen hatten, wie sie bei der Eile der Fertigstellung und der unzureichenden Werkserprobung erklärlich sind. Es ist bemerkenswert, daß die Abnutzung der Schaltorgane trotz des angestrengten Betriebes ganz geringfügig ist. Dies kommt daher, daß nahezu alle Schaltvorgänge in den unverwüstlichen Wasserwiderstand verlegt sind und die Schütze nur betätigt werden, wenn sie stromlos sind. Als einzige dem Verschleiß ausgesetzte Stellen zeigten sich die Stromzuführungskabel zu dem Wasserwiderstand und der Kurzschließer des Vorschaltwiderstandes in der Zwischenrotorerregung. Die Stromzuführung des beweglichen Plattensystems im Wasserwiderstand wurde durch eine verbesserte Konstruktion ersetzt, bei der eine vorzeitige Abnutzung nicht mehr zu befürchten ist. An Stelle der Schaltwalzenkontakte für das Kurzschließen des Vorschaltwiderstandes in der Erregung wurde ein Schütz verwandt, dessen Abnutzung gleichfalls nur geringfügig ist.

Es sind von vielen Seiten Bedenken gegen die Anwendung eines synchron umlaufenden Organs im Lokomotivbetrieb erhoben worden. Bei dem neuen kompensierten Einphasenmotor treffen diese Bedenken in keiner Weise zu. Infolge des geringen Trägheitsmomentes und der starken Dämpfung durch die kurzgeschlossene Erregerwicklung ist die Stabilität des Synchronismus des Zwischenläufers ganz außerordentlich groß. Der Synchronismus bleibt sogar erhalten, wenn man bei kurzgeschlossenem Anlaßwiderstand die Lokomotive durch die Druckluftbremse stillsetzt oder wenn man bei stehender festgebremster Lokomotive den Anlasser allmählich kurzschließt. Ein Außertrittfallen ist demzufolge im Betrieb noch nicht beobachtet worden.

Die Fahrdrahtanlage auf Grube Otto-Tannenberg wird von zwei Transformatoren gespeist, die primär wahlweise an das Kraftwerk der Grube Elise II und an das Leuna-

Digitized by Google

werk angeschlossen werden können. Es ist dies unseres Wissens in Deutschland das erste Mal, daß eine Einphasenbahnanlage direkt aus einem größeren 50 Hz-Drehstromnetz gespeist wird. Es hat nicht an Warnern gefehlt, die eine derartige Kupplung für im höchsten Grade bedenklich hielten und einen Fehlschlag prophezeiten. Ihre Bedenken erstreckten sich, wie oben ausgeführt, einerseits auf die unsymmetrische Belastung des Drehstromnetzes und anderseits auf die Rückwirkung der im Bahnbetrieb unvermeidlichen Kurzschlüsse auf das Netz. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die genannten Bedenken hinfällig sind. Es störte weder die unsymmetrische Belastung, noch ist jemals ein Bahnkurzschluß im Kraftwerk überhaupt bemerkt worden. Die guten Erfahrungen die K. v. Kandó in Ungarn mit einer unter ähnlichen Verhältnissen arbeitenden Spaltphasen-Lokomotive machte[3], wurden voll bestätigt. Die Verwaltung der Gewerkschaft Elise II, der die Gruben Otto-Tannenberg unterstehen, ließ, um Klarheit zu schaffen, eingehende Messungen machen über die durch den Lokomotivbetrieb verursachte Nullpunktverschiebung, u. zw. sowohl im Kraftwerk von der Grube Elise II als auch im Umspannwerk, das sich dicht beim Kohlenbunker befindet. Das Ergebnis war insofern negativ, als sich irgendein Einfluß der beiden künstlich gleichzeitig stark belasteten Lokomotiven überhaupt nicht nachweisen ließ. Dieses überraschende Resultat erklärt sich dadurch, daß einesteils die vom Einphasenstrom ausgeübte Unsymmetrie wesentlich kleiner ist, als man im allgemeinen anzunehmen geneigt ist, u. zw. deshalb, weil die gesamten an das Kraftwerk angeschlossenen Drehstrommotoren den Generatoren des Kraftwerks gewissermaßen helfen und weil außerdem die Unsymmetrie, die von anderer Ursache herrührt, das Bild verwischt.

Wesentlich bedenklicher scheinen zunächst Einwände zu sein, die sich auf die Rückwirkung von Bahnkurzschlüssen auf das Drehstromnetz beziehen. Kurzschlüsse lassen sich im Bahnbetrieb auch bei größter Vorsicht nicht ganz vermeiden. Jeder Überschlag eines verschmutzten Isolators leitet einen Kurzschluß ein. In der Nähe des Bunkers ist die Fahrleitung mit feinem Kohlenstaub bedeckt, der sich an dem Kontaktfeuer des Stromabnehmers entzünden kann. Tritt eine solche Entzündung in der Nähe eines Fahrleitungsisolators auf, so ist die regelmäßige Folge ein Überschlag. Auch kommt es leicht vor, daß infolge eines Mißverständnisses die Erdung des Hilfsfahrdrahtes beim Durchfahren des Bunkers nicht aufgehoben wird. Der auflaufende Hilfstromabnehmer stellt dann einen Kurzschluß her. Um eine Rückwirkung derartiger Kurzschlüsse auf das Drehstromnetz zu verhindern, wurde in die Speiseleitung eine Schutzdrossel mit einem Scheinwiderstand von 3 Ω eingebaut, die bei einer Betriebspannung von 3000 V den Kurzschlußstrom auf 1000 A begrenzt. Diesen geringen Stromwert schalten die Bahnölschalter spielend ab, ohne daß die übrigen Netzteile irgendwie beeinflußt werden. Da der Betriebstrom der Lokomotive bei einer konstanten Erregung des Zwischenläufers von 250 A voreilend ist, ruft die Schutzdrossel eine Spannungssteigerung auf der Lokomotive hervor. Tatsächlich steigt beim Anfahren die Spannung auf der Maschine von 3000 auf 3200 V. Auch wenn beide Lokomotiven gleichzeitig anziehen, sinkt die Spannung nicht unter 3000 V. Wie man mit Hilfe eines Vektordiagramms nachweisen kann, fällt, solange der Strom voreilend ist ($\cos\varphi = 0{,}9$), die Spannung auf der Lokomotive bei keinem möglichen Belastungszustand zweier Maschinen unter 3000 V. Die Erfahrung hat dies bestätigt. Die Maschinen sind, wie die Theorie erwarten läßt, in weitem Maße von Spannungsschwankungen unabhängig. Bei gelegentlichen, von anderen Ursachen herrührenden Spannungschwankungen um 20 % wurde der Betrieb nicht im geringsten gestört.

Schließlich wäre noch über die Kühlung bzw. Lüftung der Motoren zu berichten. Am Zwischenrotor des Einphasenmotors sind Ventilatorschaufeln angebracht, welche die Luft axial ansaugen und in den im übrigen offenen Motor drücken, wo sie durch radiale Luftschlitze austritt (Abb. 4). Ein am Zwischenrotor angebrachtes weiteres Schaufelrad kühlt energisch die Ständerwickelköpfe. Die Kühlluft wird dem Innern des Lokomotivkastens entnommen. Da der Zwischenrotor dauernd, d. h. auch während der Pausen zwischen dem Anfahren durchläuft, ist eine reichliche Kühlung gewährleistet und die Erwärmung der Motoren bei Dauerbetrieb nur gering.

Der Transformator wird durch einen besonderen Lüfter gekühlt, der die Luft durch den Transformator ansaugt und sie unterhalb des Fußbodens ins Freie drückt.

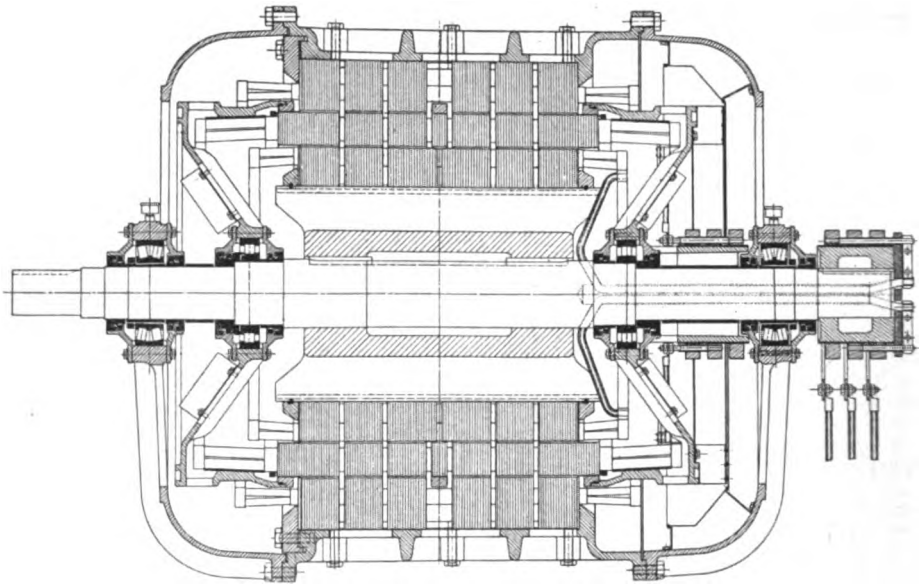


Abb. 4. Kompensierter Einphasenmotor mit Zwischenrotor. Stundenleistung 300 PS bei 750 U/min. (Maßstab etwa 1 : 15.)

Die Frischluft tritt von unten durch eine Öffnung von etwa 1 m² in den Lokomotivkasten ein. Infolge des großen Querschnittes ist die Luftgeschwindigkeit und daher auch die Menge des mitgerissenen Staubes nur gering. Trotz des großen Staubgehaltes der Luft in der Nähe des Bunkers zeigte sich im Inneren der Motoren nach neunmonatigem Betrieb gelegentlich einer Revision kaum eine Spur von Schmutz.

Bei dem häufigen Anfahren der Maschinen mußte mit einer beträchtlichen Erwärmung des Elektrolyten des Wasserwiderstandes gerechnet werden. Es wurde deshalb ein Kühlschlangensystem vorgesehen. Eine kleine Elmopumpe hält den Elektrolyten in dauerndem Umlauf, so daß auch bei den stärksten Beanspruchungen keine übermäßige Erwärmung eintritt. Dem Elektrolyten (Wasser mit 0,5 % Kaliumchromat) sind 20 % Glysantin zugesetzt, wodurch ein Einfrieren praktisch unmöglich gemacht wird.

Auf Grund dieser Betriebserfahrungen kann behauptet werden, daß die von der Kritik hervorgehobenen Mängel jetzt nicht mehr bestehen.

Es wäre nun noch zu erwägen, ob die in der beschriebenen Anlage gewonnenen Betriebserfahrungen ohne weiteres auf andere Verwendungszwecke, z. B. auf Hauptbahnen oder Nebenbahnen, übertragen werden können.

Was die Umsteuerzeit betrifft, so besteht kein Zweifel, daß die beschriebene Anlage einen äußerst schwierigen Verschiebebetrieb darstellt und daß die beschriebene Lösung ohne weiteres für andere Zwecke angewandt werden kann. Die Lösung erfordert einen Transformator für die volle Leistung, der aber wegen der 50 Hz verhältnismäßig klein ausfällt. Da, wo es sich nur um einen gelegentlichen Verschiebedienst handelt, kann man selbst dieses Transformatorgewicht noch verkleinern, indem man eine Transformator-Sparschaltung anwendet, den Hauptmotor für eine mittlere Spannung wickelt und eine Anzapfung für die niedere Rotorspannung vorsieht.

Der Fall der einphasigen Belastung von Drehstromkraftwerken läßt sich nicht in allgemeiner Form lösen, sondern muß individuell behandelt werden. Die gewonnenen Betriebserfahrungen lassen aber erkennen, daß das Problem sehr viel leichter ist, als man bisher anzunehmen geneigt war. Es ist schon auf die Veröffentlichungen von Herrn K. v. Kandó hingewiesen worden, die sich mit unseren Erfahrungen decken.

[3] ETZ 1924, S. 751.

Digitized by Google

Eine Durchrechnung einer Reihe von Industrieanlagen ließ erkennen, daß im allgemeinen der Prozentsatz der Einphasenbelastung relativ zur Gesamtleistung der Kraftwerke sehr niedrig gehalten werden konnte, so daß selbst ganz alte, ohne irgendwelche Dämpferwicklung ausgeführte Generatoren die Einphasenbelastung anstandslos mit dem gleichen Erfolge wie in der beschriebenen Anlage aufnehmen konnten.

Da, wo die Einphasenbelastung einen größeren Prozentsatz ausmacht, ist meistens auch eine Vergrößerung des Kraftwerks wegen der zusätzlichen Belastung erforderlich, und in diesem Falle wird man natürlich die Vergrößerung durch einen neuzeitlichen Generator mit guter Dämpferwicklung vornehmen, der ja nicht nur wegen der Einphasenbelastung günstige Dienste leistet, sondern ganz allgemein, unabhängig von einer etwaigen Einphasenbelastung, die allein richtige Lösung darstellt.

Bei einer Hauptbahnelektrisierung eines großen Landes ist die Frage der Einphasenbelastung überhaupt belanglos. Unter Berücksichtigung des kleinen Anteils, den der Bahnbetrieb gegenüber dem übrigen Kraftbedarf des Landes darstellt, und unter Berücksichtigung der stetig zunehmenden Größe der Kraftwerke und der Möglichkeit, den Bahnbedarf möglichst symmetrisch auf die drei Phasen zu verteilen, wird mit absoluter Sicherheit in den Großkraftwerken keine Spur der Einphasenbelastung mehr zu entdecken sein.

Praktische Methode zur Berechnung des Dauerkurzschlußstroms einfach gespeister Netze*.

Von **Franz Ollendorff**, Berlin.

(Schluß von S. 244.)

XI. Kurzschluß über Streckenwiderstände.

Das vorstehend entwickelte Berechnungsverfahren für den Dauerkurzschluß in induktiven Netzen läßt sich nach dem Vorgang von Rüdenberg[10] auf Netze mit erheblichem Ohmschen Widerstand der Kurzschlußbahn erweitern. Um die graphische Methode nach Rüdenberg in die hier benutzte analytische Form zu bringen, gehen wir von den Vorgängen in der ungesättigten Maschine aus.

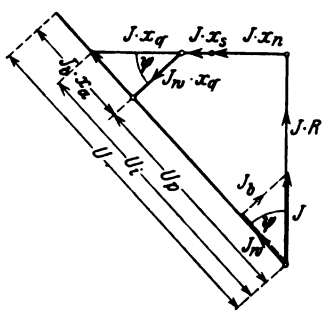


Abb. 31. Vektordiagramm der Synchronmaschine für Kurzschluß über Streckenwiderstände.

In dem Vektordiagramm der Spannungen nach Abb. 31 reihen sich senkrecht zu dem Ohmschen Spannungsabfall $I\,R$ des Kurzschlußstromes I im Widerstand R der Kurzschlußbahn die Vektoren $I\,x_n$ des induktiven Spannungsabfalles im Netz und $I\,x_s$ der Generatorstreuung. Die Luftfeldspannung einer Phasenwicklung ist daher

$$U_l = I\sqrt{R^2 + (x_s + x_n)^2}. \quad \ldots \quad (55)$$

Der Widerstand R ist hierbei in bekannter Weise aus den Einzelwiderständen der Leitungen, Transformatoren und Kurzschlußdrosseln nach Umrechnung auf die Maschinenspannung zusammenzusetzen.

Infolge der Phasenverschiebung des Stromes gegen die Spannung bildet sich neben dem bisher allein betrachteten Ankergegenfeld ein räumlich um 90° hiergegen versetztes Ankerquerfeld aus. Wir beschreiben es durch Angabe der Querfeldreaktanz x_q der Maschine, welche die vom Querfeld erzeugte Ankerspannung U_q mit dem Wirkstromanteil I_w des Stromes I verknüpft, und erhalten für dreipoligen Kurzschluß

$$U_q = I_w\, x_q. \quad \ldots \quad (56)$$

Als Wirkstrom hat man hierin gemäß der Definition des Ankerquerfeldes die Stromkomponente zu nehmen, welche die Richtung der Polspannung U_p besitzt. Nach Sumec[11] läßt sich deshalb die Querfeldspannung leicht in das Vektordiagramm nach Abb. 31 einfügen, indem man die Spannung

$$U_q' = I\, x_q \quad \ldots \quad (57)$$

des vollen Kurzschlußstromes in Richtung der induktiven Spannungskomponenten bis zum Punkt U_i aufträgt, welcher die ideelle Polspannung bestimmt; die Projektion des Vektors U' auf die Polspannung ergibt dann im Punkt U_p die wirkliche Polfeldspannung; denn für den Winkel ψ zwischen Polspannung und Strom hat man

$$I_w = I\cos\psi \quad \ldots \quad (58)$$

und also

$$U_q' = \frac{U_q}{\cos\psi} = I\, x_q, \quad \ldots \quad (59)$$

wie es Gl. (57) verlangt. Endlich setzt sich die Polspannung U_p aus der Maschinen-EMK einer Phasenwicklung U_{ph} und dem Spannungsabfall des Blindstromes

$$I_b = I\sin\psi \quad \ldots \quad (60)$$

der Ankerreaktanz x_a zusammen, so daß

$$U_p = U_{ph} - I_b\, x_a = U_{ph} - I\sin\psi\, x_a. \quad \ldots \quad (61)$$

Der Phasenpinkel ψ kann nach Abb. 31 aus den folgenden Gleichungen bestimmt werden:

$$\sin\psi = \frac{x_q + x_s + x_n}{\sqrt{(x_q + x_s + x_n)^2 + R^2}} = \frac{x_q + a\,x_s}{\sqrt{(x_q + a\,x_s)^2 + R^2}} \quad (62)$$

$$\cos\psi = \frac{R}{\sqrt{(x_q + x_s + x_n)^2 + R^2}} = \frac{R}{\sqrt{(x_q + a\,x_s)^2 + R^2}}, \quad (63)$$

wobei die numerische Entfernung a des Kurzschlußortes nach Gl. (19) eingeführt wurde. Für die Polspannung gewinnt man auf ähnlichem Wege die Gleichungen

$$U_p\cos\psi = I\,(R - x_q\cos\psi\sin\psi). \quad \ldots \quad (64)$$

$$U_p\sin\psi = I\,(x_s + x_n + x_q\cos^2\psi) = I\,(a\,x_s + x_q\cos^2\psi). \quad (65)$$

Indem man Gl. (64) mit $\sin\psi$ erweitert und $I\sin\psi = I_b$ einführt [Gl. (60)], folgt

$$U_p\cos\psi\sin\psi = I_b\,(R - x_q\cos\psi\sin\psi) \quad \ldots \quad (64a)$$

und also wegen Gl. (62), (63)

$$U_p = I_b\,\frac{(a\,x_s)^2 + a\,x_s\,x_q + R^2}{a\,x_s + x_q}. \quad \ldots \quad (64b)$$

Das Verhältnis aus Polspannung und Blindstrom ist ein Maß für die relative Entfernung des Kurzschlusses vom Hauptfeld des Generators. Wir definieren deshalb mittels

$$U_p = I_b\,(a_w\,x_s) \quad \ldots \quad (66)$$

die wirksame numerische Kurzschlußentfernung a_w für Ohmisch-induktiven Kurzschluß. Für den dreipoligen Kurzschluß folgt dann aus Gl. (64 b) sogleich

$$a_w = a\left[1 + \frac{R^2}{a^2\,x_s^2}\,\frac{a\,x_s}{x_q + a\,x_s}\right] \quad \ldots \quad (67)$$

oder mit Einführung des Impedanzwinkels ψ_k der Kurzschlußbahn

$$\operatorname{tg}\psi_k = \frac{a\,x_s}{R} \quad \ldots \quad (68)$$

die übersichtliche Form

$$a_w = a\left[1 + \operatorname{cotg}^2\psi_k\,\frac{a\,x_s}{x_q + a\,x_s}\right]. \quad \ldots \quad (67a)$$

Nach Gl. (60) folgt jetzt der Blindstrom als Funktion der Maschinen-EMK:

$$U_{ph} = I_b\,(x_a + a_w\,x_s); \qquad I_b = \frac{U_{ph}}{x_a + a_w\,x_s} \quad \ldots \quad (69)$$

---

* Gehört zur Aufsatzreihe über die Herleitung der Kurzschluß-Berechnungsmethode des VDE (vgl. ETZ 1930, S. 193).

[10] Vgl. Fußnoten 2 und 4 auf S. 194.

[11] Sumec, ETZ 1911, S. 77.

Digitized by Google

und also der Kurzschlußstrom

$$I = I_b \frac{1}{\sin\psi} = \frac{U_{ph}}{x_a + a_w x_s} \sqrt{\frac{(x_q + a\,x_s)^2 + R^2}{(x_q + a\,x_s)^2}}$$
$$= \frac{U_{ph}}{x_a + a_w x_s} \sqrt{\frac{x_q + a_w x_s}{x_q + a\,x_s}}$$
$$= \frac{U}{\sqrt{3}\,(x_a + a_w x_s)} \sqrt{\frac{x_q + a_w x_s}{x_q + a\,x_s}}, \quad . \quad (70)$$

wobei die verkettete Maschinenspannung $U = U_{ph}\sqrt{3}$ eingeführt wurde.

Definitionsgemäß steht der Blindstrom I_b auf der Maschinen-EMK senkrecht; daher lassen sich beide Größen nach Abb. 32 zu einer Kurzschlußgeraden des

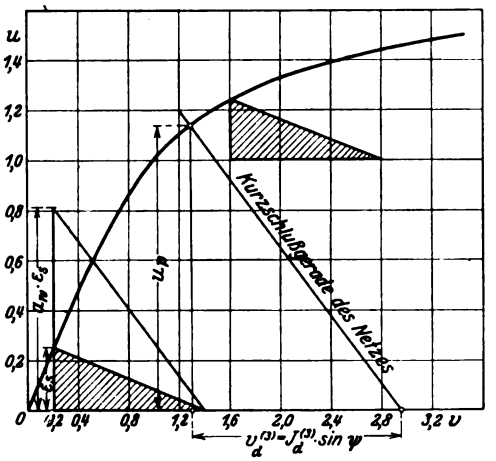


Abb. 32. Graphische Bestimmung des Ohmisch-induktiven Dauerkurzschlußstromes.

Netzes zusammenfassen, deren Lage im Verhältnis zum Potier-Dreieck der Maschine durch die wirksame Kurzschlußentfernung nach Gl. (68) gegeben ist. Hierdurch sind wir nunmehr in der Lage, die Ergebnisse der Rechnung auf die gesättigte Maschine zu übertragen, indem wir den Kurzschluß-Sättigungsfaktor aus Zahlentafel 8 für die numerische Kurzschlußentfernung a_w entnehmen. Für den dreipoligen Dauerkurzschlußstrom der gesättigten Maschine folgt jetzt endgültig

$$I_d^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}\,(x_a + a_w x_s)} \sqrt{\frac{x_q + a_w x_s}{x_q + a\,x_s}}\, k(a_{w_3}) \, . \quad (71)$$

Es ist nicht schwer, alle diese Überlegungen auf den zweipoligen Kurzschluß über Streckenwiderstände zu übertragen, sofern wir wie früher eine Maschine mit kräftiger Dämpferwicklung voraussetzen. Denn beachtet man jetzt das Spannungsgleichgewicht der beiden kurzgeschlossenen Phasenwicklungen, so hat man wie früher erläutert die Spannungsabfälle in den Reaktanzen x_n und x_s ebenso wie im Widerstand R beider Phasenleiter arithmetisch zu addieren; dagegen sind die vom Drehfeld in der Maschine abhängigen Spannungen des Gegen- und Querfeldes nur geometrisch unter einem Winkel von 120° zusammenzusetzen, wobei überdies zu beachten ist, daß nur das $\frac{1}{\sqrt{3}}$-fache des Kurzschlußstromes für die Drehfeldbildung maßgebend ist (vgl. Abschn. III). Die wirksame numerische Kurzschlußentfernung ist deshalb für zweipoligen Kurzschluß durch die Gleichung gegeben

$$a_w = a\left[1 + \operatorname{ctg}^2\psi_k \frac{2\,a\,x_s}{x_q + 2\,a\,x_s}\right], \quad . \quad . \quad . \quad (72)$$

welche von Gl. (67 a) etwas abweicht. Entsprechend ist die Gleichung des zweipoligen Dauerkurzschlußstromes in der Form zu schreiben

$$I_d^{(2)} = \frac{U}{x_a + 2\,a_w x_s} \sqrt{\frac{x_q + 2\,a_w x_s}{x_q + 2\,a\,x_s}}\, k(a_{w_2}) \, . \, . \quad (73)$$

Der Sättigungsfaktor $k(a_{w_2})$ ist hierbei für die numerische Kurzschlußentfernung [Gl. (72)] aus Zahlentafel 8 zu entnehmen.

Um die Gleichungen (71), (73) der Dauerkurzschlußströme zahlenmäßig auswerten zu können, muß neben dem Impedanzwinkel ψ_k der Kurzschlußbahn nach Gl. (68) die Querreaktanz x_q der Maschine bekannt sein. Für Turbogeneratoren besteht kein wesentlicher Unterschied in der Ausbildung des Längs- und Querfeldes: Es gilt

$$x_q = x_a \quad \text{für Turbogeneratoren.} \quad . \quad . \quad . \quad (74)$$

Dagegen ist das Querfeld von Schenkelpolläufern infolge seines hohen magnetischen Widerstandes erheblich kleiner als das Längsfeld; im Mittel vieler ausgeführter Maschinen kann man setzen

$$x_q = \frac{1}{2} x_a \quad \text{für Schenkelpolläufer.} \quad . \quad . \quad . \quad (75)$$

Man hat also bei der Berechnung der numerischen Kurzschlußentfernung zu unterscheiden:

a) dreipoligen Kurzschluß:

$$\left.\begin{aligned} a_w &= a\left[1 + \operatorname{ctg}^2\psi_k \frac{a\,x_s}{x_a + a\,x_s}\right] \\ &\text{für Turbogeneratoren} \\ a_w &= a\left[1 + \operatorname{ctg}^2\psi_k \frac{a\,x_s}{\frac{1}{2}\,x_a + a\,x_s}\right] \\ &\text{für Schenkelpolläufer;} \end{aligned}\right\} \quad (76)$$

b) zweipoligen Kurzschluß:

$$\left.\begin{aligned} a_w &= a\left[1 + \operatorname{ctg}^2\psi_k \frac{2\,a\,x_s}{x_a + 2\,a\,x_s}\right] \\ &\text{für Turbogeneratoren} \\ a_w &= a\left[1 + \operatorname{ctg}^2\psi_k \frac{2\,a\,x_s}{\frac{1}{2}\,x_a + 2\,a\,x_s}\right] \\ &\text{für Schenkelpolläufer.} \end{aligned}\right\} \quad (77)$$

Mit Benutzung dieser Ausdrücke gehen die Gleichungen (71) und (73) für die Dauerkurzschlußströme in folgende Beziehungen über

a) für dreipoligen Kurzschluß

$$\left.\begin{aligned} I_d^{(3)} &= \frac{U}{\sqrt{3}\,(x_a + a_w x_s)} \sqrt{\frac{x_a + a_w x_s}{x_a + a\,x_s}}\, k(a_{w_3}) \\ &\text{für Turbogeneratoren} \\ I_d^{(3)} &= \frac{U}{\sqrt{3}\,(x_a + a_w x_s)} \sqrt{\frac{\frac{1}{2}\,x_a + a_w x_s}{\frac{1}{2}\,x_a + a\,x_s}}\, k(a_{w_3}) \\ &\text{für Schenkelpolläufer;} \end{aligned}\right\} \quad (78)$$

b) für zweipoligen Kurzschluß

$$\left.\begin{aligned} I_d^{(2)} &= \frac{U}{x_a + 2\,a_w x_s} \sqrt{\frac{x_a + 2\,a_w x_s}{x_a + 2\,a\,x_s}}\, k(a_{w_2}) \\ &\text{für Turbogeneratoren} \\ I_d^{(2)} &= \frac{U}{x_a + 2\,a_w x_s} \sqrt{\frac{\frac{1}{2}\,x_a + 2\,a_w x_s}{\frac{1}{2}\,x_a + 2\,a\,x_s}}\, k(a_{w_2}) \\ &\text{für Schenkelpolläufer.} \end{aligned}\right\} \quad (79)$$

Hierdurch ist die Berechnung der Dauerkurzschlußströme bei Kurzschluß über Streckenwiderstände auf den früher behandelten Fall des rein induktiven Kurzschlusses zurückgeführt, wobei als Zusatzrechnung im wesentlichen nur die wirksame numerische Kurzschlußentfernung a_w nach Gl. (76) oder (77) in das Verfahren eintritt.

XII. Zahlenbeispiel.

Als Zahlenbeispiel behandeln wir den Kurzschluß in dem Netz nach Abb. 33. Eine Zentrale von 10 800 kVA Gesamtleistung speist mit 6 kV über einen Transformator

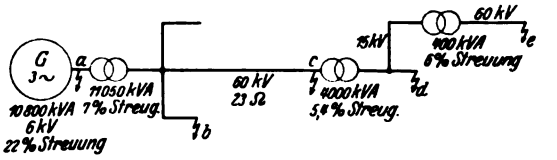


Abb. 33. Zahlenmäßig untersuchtes Netz.

Digitized by Google

von 11 050 kVA Leistung bei 7 % Streuspannung auf eine 60 kV-Fernleitung von 40 km Länge; dort wird ein Teil der Leistung über einen Transformator von 4000 kVA Leistung bei 5,4 % Streuspannung auf 15 kV umgespannt und ein weiterer Leistungsanteil über einen 400 kVA-Transformator von 6 % Streuung auf 6 kV transformiert. Wir stellen uns die Aufgabe, zwei- und dreipoligen Dauerkurzschlußstrom für die in Abb. 33 mit *a*, *b*, *c*, *d*, *e* bezeichneten Orte zu berechnen. Der folgende Rechnungsgang ist typisch für derartige Aufgaben und kann daher über die besonderen Zahlenwerte hinaus als Beispiel benutzt werden.

1. Gegebene Generatorgrößen.

1. Nennspannung:
$$U = 6300 \text{ V}.$$
2. Nennstrom:
$$I_n = \frac{10\,800}{\sqrt{3}\,.\,6300}\,.\,1000 = 990 \text{ A}.$$
3. Leistungsfaktor:
$$\cos\varphi_n = 0{,}7.$$

2. Vom Erbauer erfragte Generatorgrößen.

4. Streuspannung:
$$\varepsilon_s = 22\,\%.$$
5. Kurzschlußverhältnis bei Leerlauf:
$$\frac{I_k}{I_n} = 0{,}60.$$
6. Der relative Erregerstrom v sei vom Erbauer nicht angebbar; Rechnung nach Gl. (18) für Tagbetrieb:
$$v = 1{,}08 + \left(4{,}45\,.\,0{,}22 + \frac{1}{0{,}60} - 0{,}43\right)\,.\,F(0{,}7)$$
$$= 1{,}08 + (2{,}22)\,.\,0{,}80 = 2{,}86;$$
für Nachtbetrieb:
$$v = 0{,}93.$$

3. Berechnete Generatorgrößen.

7. $x_s = \varepsilon_s \frac{U}{\sqrt{3}\,I_n} = 0{,}22\,.\,\frac{6300}{\sqrt{3}\,.\,990} = 0{,}81\ \Omega$ [nach Gl. (30a)].
8. Relative Ankerspannung:
$$\lambda = \frac{1}{I_k/I_n} - \varepsilon_s = \frac{1}{0{,}60} - 0{,}22 = 1{,}45 \text{ [nach Gl. (34)]}.$$
Ankerreaktanz:
$$x_a = \lambda\,.\,\frac{6300}{\sqrt{3}\,.\,990} = 1{,}45\,.\,3{,}68 = 5{,}33\ \Omega \text{ [nach Gl. (33)]}.$$

4. Netzgrößen.

9. Netzspannung:
$U_n = 6000$ V (auf Maschinenspannung umgerechnet!).
10. Netzreaktanz:
Für Punkt *a*:
$$x_n = 0.$$
Für Punkt *b*:
Nennstrom des Transformators 1 (niederspannungsseitig)
$$I_{n_{t_1}} = \frac{11\,050}{\sqrt{3}\,.\,6300}\,1000 = 1010 \text{ A}.$$
Transformatorstreuung
$$x_{s_{t_1}} = \frac{0{,}07\,.\,6300}{\sqrt{3}\,.\,1010} = 0{,}252\ \Omega,$$
$$x_n = x_{s_{t_1}} = 0{,}252\ \Omega.$$
Für Punkt *c*:
Freileitungsreaktanz je Phasenleiter:
$$x_l = 23{,}0\ \Omega$$
(0,575 Ω/km, Selbstinduktion $1{,}83\,.\,10^{-3}$ H/km),
umgerechnet auf 6 kV: $x_l' = \left(\frac{6}{60}\right)^2\,.\,23 = 0{,}230\ \Omega,$
$$x_n = x_{s_{t_1}} + x_l' = 0{,}252 + 0{,}230 = 0{,}482\ \Omega.$$
Für Punkt *d*:
Nennstrom des Transformators 2 (hochspannungsseitig)
$$I_{n_{t_2}} = \frac{4000}{\sqrt{3}\,.\,60\,000}\,.\,1000 = 38{,}4 \text{ A},$$
Transformatorstreuung
$$x_{s_{t_2}} = \frac{0{,}054\,.\,60\,000}{\sqrt{3}\,.\,38{,}4} = 48{,}9\ \Omega,$$
umgerechnet auf 6 kV: $x_{s_{t_2}} = \left(\frac{6}{60}\right)^2\,.\,48{,}9 = 0{,}489\ \Omega,$
$$x_n = x_{s_{t_1}} + x_l' + x_{s_{t_2}} = 0{,}252 + 0{,}230 + 0{,}489 = 0{,}971\ \Omega.$$
Für Punkt *e*:
Nennstrom des Transformators 3 (hochspannungsseitig)
$$I_{n_{t_3}} = \frac{400}{\sqrt{3}\,.\,15\,000}\,.\,1000 = 15{,}4 \text{ A},$$
Transformatorstreuung
$$x_{s_{t_3}} = \frac{0{,}06\,.\,15\,000}{\sqrt{3}\,.\,15{,}4} = 33{,}8\ \Omega,$$
umgerechnet auf 6 kV: $x_{s_{t_3}}' = \left(\frac{6}{15}\right)^2\,.\,33{,}8 = 5{,}4\ \Omega,$
$$x_n = 0{,}252 + 0{,}230 + 0{,}489 + 5{,}4 = 6{,}37\ \Omega.$$
11. Numerische Kurzschlußentfernung:
Für Punkt *a*: $a = 1$.
Für Punkt *b*: $a = \frac{0{,}81 + 0{,}252}{0{,}81} = 1{,}31.$
Für Punkt *c*: $a = \frac{0{,}81 + 0{,}482}{0{,}81} = 1{,}60.$
Für Punkt *d*: $a = \frac{0{,}91 + 0{,}971}{0{,}81} = 2{,}25.$
Für Punkt *e*: $a = \frac{0{,}81 + 6{,}37}{0{,}81} = 8{,}85.$

5. Dauerkurzschlußstrom.

12. Dreipoliger Dauerkurzschlußstrom nach Gl. (28):
Für Punkt *a*:
$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}05\,.\,6000}{\sqrt{3}\,(0 + 0{,}81 + 5{,}33)}\,k(1) = 594\,.\,k(1).$$
Sättigungsfaktor $k(1) = 2{,}95$ für $v = 2{,}86$ (Tagbetrieb),
$= 0{,}955$ für Nachtbetrieb,
den Kurven Abb. 21 und 22 entnommen (a_3!).
Generatorstrom gleich Strom am Kurzschlußorte:
$I_d^{(3)} = 594\,.\,2{,}95 = 1750$ A für Tagbetrieb,
$= 594\,.\,0{,}955 = 566$ A für Nachtbetrieb.
Für Punkt *b*:
$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}05\,.\,6000}{\sqrt{3}\,(0{,}252 + 0{,}81 + 5{,}33)}\,k(1{,}31) = 570\,.\,k(1{,}31).$$
Sättigungsfaktor $k(1{,}31) = 2{,}92$ für $v = 2{,}86$ (Tagbetrieb),
$= 0{,}96$ für Nachtbetrieb,
den Kurven Abb. 21 u. 22 entnommen (a_3!).
Generatorströme:
$I_d^{(3)} = 570\,.\,2{,}92 = 1660$ A für Tagbetrieb,
$= 570\,.\,0{,}96 = 546$ A für Nachtbetrieb.
Ströme am Kurzschlußorte:
$I_d^{(3)} = \left(\frac{6}{60}\right)\,.\,1660 = 166$ A für Tagbetrieb,
$= \left(\frac{6}{60}\right)\,.\,546 = 54{,}6$ A für Nachtbetrieb.
Für Punkt *c*:
$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}05\,.\,6000}{\sqrt{3}\,(0{,}482 + 0{,}81 + 5{,}33)}\,k(1{,}60) = 550\,.\,k\,(1{,}60).$$
Sättigungsfaktor $k(1{,}60) = 2{,}90$ für $v = 2{,}86$ für Tagbetrieb,
$= 0{,}965$ für Nachtbetrieb,
den Kurven Abb. 21 u. 22 entnommen (a_3!).
Generatorströme:
$I_d^{(3)} = 550\,.\,2{,}90 = 1590$ A für Tagbetrieb,
$= 550\,.\,0{,}965 = 532$ A „ Nachtbetrieb.
Ströme am Kurzschlußorte:
$I_d^{(3)} = \left(\frac{6}{60}\right)\,.\,1590 = 159$ A für Tagbetrieb,
$= \left(\frac{6}{60}\right)\,.\,532 = 53{,}2$ A für Nachtbetrieb.

Digitized by Google

Für Punkt *d*:

$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}05 \cdot 6000}{\sqrt{3}\,(0{,}971 + 0{,}81 + 5{,}33)}\, k\,(2{,}20) = 511 \cdot k\,(2{,}20).$$

Sättigungsfaktor $k\,(2{,}25) = 2{,}85$ für $v = 2{,}96$ (Tagbetrieb),
$= 0{,}975$ für Nachtbetrieb,
den Kurven Abb. 21 u. 22 entnommen (a_3!).

Generatorströme:

$I_d^{(3)} = 511 \cdot 2{,}85 = 1460$ A für Tagbetrieb,
$= 511 \cdot 0{,}975 = 500$ A für Nachtbetrieb.

Ströme am Kurzschlußorte:

$$I_d^{(3)} = \left(\frac{6}{15}\right) \cdot 1460 = 584 \text{ A für Tagbetrieb},$$

$$= \left(\frac{6}{15}\right) \cdot 500 = 200 \text{ A für Nachtbetrieb}.$$

Für Punkt *e*:

$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}05 \cdot 6000}{\sqrt{3}\,(6{,}37 + 0{,}81 + 5{,}33)}\, k\,(8{,}85) = 290 \cdot k\,(8{,}85).$$

Sättigungsfaktor $k\,(8{,}85) = 2{,}05$ für $ü = 2{,}86$ (Tagbetrieb),
$= 1{,}00$ für Nachtbetrieb.

Generatorströme:

$I_d^{(3)} = 290 \cdot 2{,}05 = 598$ A für Tagbetrieb,
$= 290 \cdot 1{,}00 = 290$ A für Nachtbetrieb.

Ströme am Kurzschlußorte:

$$I_d^{(3)} = \left(\frac{6}{6}\right) \cdot 598 = 598 \text{ A für Tagbetrieb},$$

$$= \left(\frac{6}{6}\right) \cdot 290 = 290 \text{ A für Nachtbetrieb}.$$

13. Zweipoliger Kurzschlußstrom nach Gl. (29):
Für Punkt *a*:

$$I_d^{(2)} = \frac{1{,}05 \cdot 6000}{1\,(0 + 0{,}81) + 5{,}33}\, k\,(1) = 906 \cdot k\,(1).$$

Sättigungsfaktor $k\,(1) = 2{,}88$ für $v = 2{,}86$ (Tagbetrieb),
$0{,}985$ für Nachtbetrieb,
den Kurven Abb. 21 u. 22 entnommen (a_2!).

Generatorströme gleich Ströme am Kurzschlußorte:

$I_d^{(2)} = 906 \cdot 2{,}88 = 2610$ A für Tagbetrieb,
$= 906 \cdot 0{,}985 = 892$ A „ Nachtbetrieb.

Für Punkt *b*:

$$I_d^{(2)} = \frac{1{,}05 \cdot 6000}{2\,(0{,}252 + 0{,}81) + 5{,}33}\, k\,(1{,}31) = 845 \cdot k\,(1{,}31).$$

Sättigungsfaktor $k\,(1{,}31) = 2{,}75$ für $v = 2{,}86$ (Tagbetrieb),
$= 0{,}98$ für Nachtbetrieb,
den Kurven Abb. 21 u. 22 entnommen (a_2!).

Generatorströme:

$I_d^{(2)} = 845 \cdot 2{,}75 = 2330$ A für Tagbetrieb,
$= 845 \cdot 0{,}98 = 830$ A für Nachtbetrieb.

Ströme am Kurzschlußorte:

$$I_d^{(2)} = \left(\frac{6}{60}\right) \cdot 2330 = 233 \text{ A für Tagbetrieb},$$

$$= \left(\frac{6}{60}\right) \cdot 830 = 83 \text{ A für Nachtbetrieb}.$$

Für Punkt *c*:

$$I_d^{(2)} = \frac{1{,}05 \cdot 6000}{2\,(0{,}842 + 0{,}81) + 5{,}33}\, k\,(1{,}60) = 805 \cdot k\,(1{,}60).$$

Sättigungsfaktor $k\,(1{,}60) = 2{,}65$ für $v = 2{,}86$ (Tagbetrieb),
$= 0{,}99$ für Nachtbetrieb,
den Kurven Abb. 21 u. 22 entnommen (a_2!).

Generatorströme:

$I_d^{(2)} = 805 \cdot 2{,}65 = 2130$ A für Tagbetrieb,
$= 805 \cdot 0{,}99 = 796$ A für Nachtbetrieb.

Ströme am Kurzschlußorte:

$$I_d^{(2)} = \left(\frac{6}{60}\right) \cdot 2130 = 213 \text{ A für Tagbetrieb},$$

$$= \left(\frac{6}{60}\right) \cdot 796 = 79{,}6 \text{ A für Nachtbetrieb}.$$

Für Punkt *d*:

$$I_d^{(2)} = \frac{1{,}05 \cdot 6000}{2\,(0{,}917 + 0{,}81) + 5{,}33}\, k\,(2{,}13) = 717 \cdot k\,(2{,}13).$$

Sättigungsfaktor $k\,(2{,}13) = 2{,}55$ für $v = 2{,}86$ (Tagbetrieb),
$= 1{,}00$ für Nachtbetrieb,
den Kurven Abb. 21 u. 22 entnommen (a_2!).

Generatorströme:

$I_d^{(2)} = 717 \cdot 2{,}55 = 1830$ A für Tagbetrieb,
$= 717 \cdot 1{,}00 = 717$ A für Nachtbetrieb.

Ströme am Kurzschlußorte:

$$I_d^{(2)} = \left(\frac{6}{15}\right) \cdot 1830 = 732 \text{ A für Tagbetrieb},$$

$$= \left(\frac{6}{15}\right) \cdot 717 = 287 \text{ A für Nachtbetrieb}.$$

Für Punkt *e*:

$$I_d^{(2)} = \frac{1{,}05 \cdot 6000}{2\,(6{,}32 + 0{,}81) + 5{,}33}\, k\,(8{,}8) = 320 \cdot k\,(8{,}8).$$

Sättigungsfaktor:

$k\,(8{,}8) = 1{,}95$ für $v = 2{,}86$ (Tagbetrieb),
$= 0{,}99$ für Nachtbetrieb.

Generatorströme:

$I_d^{(2)} = 320 \cdot 1{,}95 = 625$ A für Tagbetrieb,
$= 320 \cdot 0{,}99 = 320$ A für Nachtbetrieb.

Ströme am Kurzschlußorte:

$$I_d^{(2)} = \left(\frac{6}{6}\right) \cdot 625 = 625 \text{ A für Tagbetrieb},$$

$$= \left(\frac{6}{6}\right) \cdot 320 = 320 \text{ A für Nachtbetrieb}.$$

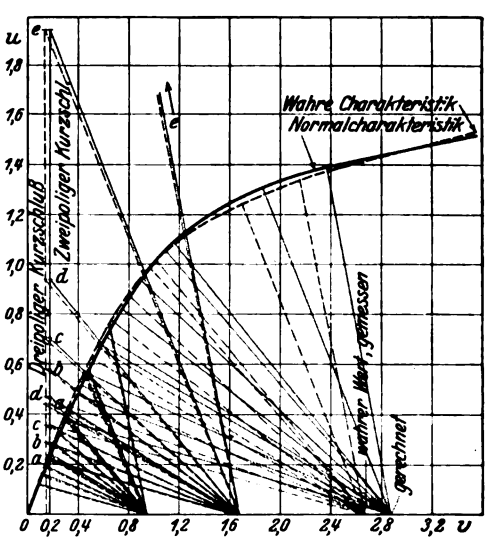


Abb. 34. Zeichnerische Ermittlung der Kurzschlußströme nach Rüdenberg.

Es ist von Interesse, die hier gewonnenen Werte mit den graphisch ermittelten Kurzschlußströmen einerseits, den nach der Formel des frühesten R.E.H.-Entwurfes I*[12] anderseits berechneten Strömen zu vergleichen.

Wir führen das graphische Verfahren nach Rüdenberg aus, wobei zunächst die Normalcharakteristik mit den oben berechneten Erregungsverhältnissen, sodann die wirkliche Charakteristik zugrunde gelegt werden soll. In unserem Beispiel verwenden wir hierfür die Charakteristik des Generators Nr. 7, der dem Generator des oben vorausgesetzten Netzes in seinen Hauptdaten am nächsten kommt;

*[12] ETZ 1923, S. 987.

Digitized by Google

für diese Maschine war das Erregungsverhältnis bei Nennbelastung mit $\cos\varphi = 0{,}7$ experimentell zu

$$v = 2{,}67$$

bestimmt worden, während wir für Nachtbetrieb ohne merklichen Fehler das von uns angegebene Erregungsverhältnis $v = 0{,}93$ beibehalten dürfen. Der berechnete Erregerstrom weicht also nur um 7 % vom Meßwerte ab.

In Abb. 34 ist die Konstruktion durchgeführt, die keinerlei Besonderheiten aufweist und im einzelnen früher geschildert wurde[13]. Das Ergebnis ist im folgenden zusammengestellt, wobei wir uns auf die jeweiligen Generatorströme beschränken.

Dreipoliger Dauerkurzschlußstrom, graphisch ermittelt.

Normalcharakteristik	Wirkliche Charakteristik
Punkt *a*:	Punkt *a*:
$I_d^{(3)} = 128$ mm $= 1680$ A Tagbetrieb	$I_d^{(3)} = 121$ mm $= 1560$ A Tagbetrieb
$= 42$ mm $= 555$ A Nachtbetrieb	$= 43$ mm $= 555$ A Nachtbetrieb
Punkt *b*:	Punkt *b*:
$I_d^{(3)} = 123$ mm $= 1620$ A Tagbetrieb	$I_d^{(3)} = 117$ mm $= 1510$ A Tagbetrieb
$= 41$ mm $= 540$ A Nachtbetrieb	$= 42$ mm $= 540$ A Nachtbetrieb
Punkt *c*:	Punkt *c*:
$I_d^{(3)} = 119$ mm $= 1570$ A Tagbetrieb	$I_d^{(3)} = 113$ mm $= 1450$ A Tagbetrieb
$= 39$ mm $= 515$ A Nachtbetrieb	$= 40$ mm $= 515$ A Nachtbetrieb
Punkt *d*:	Punkt *d*:
$I_d^{(3)} = 112$ mm $= 1480$ A Tagbetrieb	$I_d^{(3)} = 106$ mm $= 1370$ A Tagbetrieb
$= 37$ mm $= 490$ A Nachtbetrieb	$= 38$ mm $= 490$ A Nachtbetrieb
Punkt *e*:	Punkt *e*:
$I_d^{(3)} = 51$ mm $= 672$ A Tagbetrieb	$I_d^{(3)} = 49$ mm $= 630$ A Tagbetrieb
$= 22$ mm $= 290$ A Nachtbetrieb	$= 24$ mm $= 310$ A Nachtbetrieb

Zweipoliger Dauerkurzschlußstrom, graphisch ermittelt.

Normalcharakteristik	Wirkliche Charakteristik
Punkt *a*:	Punkt *a*:
$I_d^{(2)} = 114$ mm $= 2920$ A Tagbetrieb	$I_d^{(2)} = 107$ mm $= 2660$ A Tagbetrieb
$= 38$ mm $= 970$ A Nachtbetrieb	$= 39$ mm $= 970$ A Nachtbetrieb
Punkt *b*:	Punkt *b*:
$I_d^{(2)} = 106$ mm $= 2710$ A Tagbetrieb	$I_d^{(2)} = 101$ mm $= 2500$ A Tagbetrieb
$= 36$ mm $= 920$ A Nachtbetrieb	$= 37$ mm $= 920$ A Nachtbetrieb
Punkt *c*:	Punkt *c*:
$I_d^{(2)} = 99$ mm $= 2540$ A Tagbetrieb	$I_d^{(2)} = 94$ mm $= 2340$ A Tagbetrieb
$= 34$ mm $= 870$ A Nachtbetrieb	$= 35$ mm $= 870$ A Nachtbetrieb
Punkt *d*:	Punkt *d*:
$I_d^{(2)} = 86$ mm $= 2200$ A Tagbetrieb	$I_d^{(2)} = 83$ mm $= 2060$ A Tagbetrieb
$= 31$ mm $= 795$ A Nachtbetrieb	$= 32$ mm $= 790$ A Nachtbetrieb
Punkt *e*:	Punkt *e*:
$I_d^{(2)} = 25$ mm $= 640$ A Tagbetrieb	$I_d^{(2)} = 25{,}5$ mm $= 655$ A Tagbetrieb
$= 12{,}5$ mm $= 320$ A Nachtbetrieb	$= 13$ mm $= 323$ A Nachtbetrieb

Wir wenden uns jetzt zur Durchführung der Rechnung gemäß den Angaben des frühesten Entwurfes I der R.E.H. Hier ist zuerst die Gesamtinduktanz x_d des Generators

[13] F. Ollendorff, ETZ 1925, S. 761.

für dreipoligen Kurzschluß

$$x_d = \frac{U/\sqrt{3}}{1{,}4\, I_n} = \frac{6300/\sqrt{3}}{1{,}4 \cdot 990} = 2{,}62\ \Omega,$$

für zweipoligen Kurzschluß

$$x_d = \frac{U/\sqrt{3}}{1{,}8\, I_n} = \frac{6300/\sqrt{3}}{1{,}8 \cdot 990} = 2{,}4\ \Omega.$$

Die in Rede stehende Berechnungsformel lautet mit unseren Bezeichnungen

$$I_d = \frac{1{,}4\, U/\sqrt{3}}{x_d + x_n},$$

wobei natürlich Tagbetrieb anzunehmen ist; für Nachtbetrieb ist an der genannten Stelle keine Rechnungsformel angegeben. So berechnen wir, abermals unter Beschränkung auf die Generatorströme:

Dreipoliger Dauerkurzschlußstrom nach der alten R.E.H.-Formel.

Für Punkt *a*:

$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}4 \cdot 6300/\sqrt{3}}{2{,}26 + 0} = 1940\ \text{A}.$$

Für Punkt *b*:

$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}4 \cdot 6300/\sqrt{3}}{2{,}62 + 0{,}252} = 1775\ \text{A}.$$

Für Punkt *c*:

$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}4 \cdot 6300/\sqrt{3}}{2{,}62 + 0{,}982} = 1640\ \text{A}.$$

Für Punkt *d*:

$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}4 \cdot 6300/\sqrt{3}}{2{,}62 + 0{,}971} = 1420\ \text{A}.$$

Für Punkt *e*:

$$I_d^{(3)} = \frac{1{,}4 \cdot 6300/\sqrt{3}}{2{,}62 + 6{,}37} = 565\ \text{A}.$$

Zweipoliger Dauerkurzschlußstrom nach der alten R.E.H.-Formel.

Für Punkt *a*:

$$I_d^{(2)} = \frac{1{,}4 \cdot 6300/\sqrt{3}}{2{,}04 + 0} = 2500\ \text{A}.$$

Für Punkt *b*:

$$I_d^{(2)} = \frac{1{,}4 \cdot 6300/\sqrt{3}}{2{,}04 + 0{,}252} = 2220\ \text{A}.$$

Für Punkt *c*:

$$I_d^{(2)} = \frac{1{,}4 \cdot 6300/\sqrt{3}}{2{,}04 + 0{,}482} = 2020\ \text{A}.$$

Für Punkt *d*:

$$I_d^{(2)} = \frac{1{,}4 \cdot 6300/\sqrt{3}}{2{,}04 + 0{,}971} = 1695\ \text{A}.$$

Für Punkt *e*:

$$I_d^{(2)} = \frac{1{,}4 \cdot 6300/\sqrt{3}}{2{,}04 + 6{,}37} = 605\ \text{A}.$$

Im folgenden sind zur besseren Übersicht die Ergebnisse der verschiedenen Berechnungsmethoden nebeneinander gestellt (Zahlentafel 9). Man erkennt, daß das hier entwickelte Rechenverfahren die Dauerkurzschlußströme in der Tat mit einer Toleranz von etwa ± 10 % richtig liefert und damit wesentlich besser als die alte R.E.H.-Formel ist, die im vorliegenden Falle Fehler zwischen + 25 und — 17 %, also von mehr als doppeltem Betrage ergibt. Die beste Näherung stellt naturgemäß die graphische Methode mittels der Normalcharakteristik dar, bei der die Fehler zwischen + 8 und — 1 % liegen, also nochmals auf die Hälfte gegenüber dem rechnerischen Verfahren mit Berücksichtigung der Sättigung heruntergehen. Im einzelnen sind die angeschriebenen Fehlergrößen selbstverständlich aus den Zufallsverhältnissen des gewählten Beispiels heraus entstanden; insbesondere kann die alte R.E.H.-Formel, wie früher zahlenmäßig nachgewiesen

Digitized by Google

Zahlentafel 9. Vergleich verschiedener Methoden zur Berechnung des Dauerkurzschlußstromes.

Spalte Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Dauerkurzschlußstrom Amp.				prozentualer Fehler		
Ort	Kurzschlußart	Tageszeit	graphisch aus wahrer Charakteristik (exakt)	berechnet mit Berücksichtigung der Sättigung	graphisch mittels Normalcharakteristik	berechnet nach alter R.E.H.-Formel	(4) gegen (3) der Rechnung mit Berücksichtigung der Sättigung	(5) gegen (3) des graph. Verfahrens mit Normalcharakteristik	(6) gegen (3) der Rechnung mit der alten R.E.H.-Formel
Punkt *a*	3 polig	Tag	1560	1750	1680	1940	+ 11	+ 8	+ 25
		Nacht	555	566	555	—	+ 1	0	—
	2 polig	Tag	2660	2610	2920	2500	— 1	+ 6	— 6
		Nacht	970	892	970	—	— 8	0	—
Punkt *b*	3 polig	Tag	1510	1660	1620	1745	+ 10	+ 7	+ 16
		Nacht	540	546	540	—	+ 1	0	—
	2 polig	Tag	2500	2330	2710	2220	— 9	+ 9	— 11
		Nacht	920	830	920	—	— 10	0	—
Punkt *c*	3 polig	Tag	1450	1590	1570	1640	+ 9	+ 8	+ 13
		Nacht	515	532	515	—	+ 4	0	—
	2 polig	Tag	2340	2130	2540	2020	— 9	+ 8	— 14
		Nacht	870	796	870	—	— 8	0	—
Punkt *d*	3 polig	Tag	1370	1470	1480	1440	+ 7	+ 8	+ 5
		Nacht	490	503	490	—	+ 3	0	—
	2 polig	Tag	2060	1830	2200	1720	— 11	+ 6	— 17
		Nacht	790	717	795	—	— 9	+ 1	—
Punkt *e*	3 polig	Tag	1630	598	672	565	— 6	+ 7	— 11
		Nacht	310	292	290	—	— 6	— 7	—
	2 polig	Tag	655	625	640	605	— 5	— 2	— 8
		Nacht	323	320	320	—	— 1	— 1	—

wurde[14], zu erheblich größeren Fehlern führen; man erkennt die Unzuverlässigkeit dieser Formel übrigens auch in unserem Beispiel daran, daß sie für Nachtbetrieb keinerlei Aussagen zu liefern vermag, da sie ja die im Generator wirksame Erregung nur summarisch erfaßt.

XIII. Zusammenfassung.

Es wird die Begründung einer praktischen, dabei genauen Methode zur Berechnung zwei- und dreipoliger Dauerkurzschlußströme in Netzen mit vorwiegender Induktanz gegeben. Das Verfahren unterscheidet sich von früher bekannten Methoden durch die Berücksichtigung der magnetischen Generatorcharakteristik. Aus den Gleichungen der ungesättigten Maschine wird erwiesen, daß Schaltung und Bau der im Kurzschlußkreis liegenden Transformatoren keinen Einfluß auf die Größe des Dauerkurzschlußstromes hatten, so daß alle möglichen Fälle sich in zwei Grundtypen des drei- und zweipoligen Kurzschlusses zusammenfassen lassen. Es wird gezeigt, daß sich die Charakteristiken aller Maschinen in sehr guter Annäherung auf eine einzige mittlere Kennlinie, die Normalcharakteristik, zurückführen lassen; in ihr wird die Erregung durch den relativen Erregerstrom (Erregerstrom im Verhältnis zum Leerlauf-Erregerstrom), die Spannung durch die relative Leerlaufspannung (Leerlaufspannung im Verhältnis zur Nennspannung) beschrieben. Mittels der Normalcharakteristik kann die Erregung vor Kurzschlußeintritt näherungsweise vorausbestimmt werden. Hiermit liegt der Weg zu einer graphischen Ermittlung der Dauerkurzschlußströme frei, welche durch Bezugnahme auf die Normalcharakteristik vereinheitlicht werden kann. Die Konstruktion stützt sich auf die Kurzschlußgerade des Netzes, deren Lage aus dem Potier-Dreieck der Maschine erhalten wird, indem man seine Streukathete im Verhältnis der numerischen Kurzschlußentfernung verlängert. Die numerische Kurzschlußentfernung selbst ist hierbei als Verhältnis der Streu- plus Netzreaktanz zur Streureaktanz definiert. Die analytische Fassung der graphischen Methode führt zu dem Begriff des Sättigungsfaktors, welcher den ohne Rücksicht auf die Maschinensättigung gerechneten Strom in den richtigen Wert überführt. Es zeigt sich, daß dieser Faktor in guter Näherung nur vom relativen Erregerstrom vor Kurzschlußeintritt und der numerischen Kurzschlußentfernung abhängt. Mittels der graphischen Bestimmung der Kurzschlußströme läßt sich dieser Kurzschlußfaktor ein für allemal vorausbestimmen; das Resultat wird in Form von Zahlentafeln mitgeteilt, wobei der zweipolige Kurzschluß durch eine elementare Beziehung auf den dreipoligen Kurzschluß zurückgeführt werden kann. Die Endgleichungen für den dreipoligen Dauerkurzschlußstrom gestatten die Berechnung von Streu- und Ankerreaktanz aus der relativen Streuspannung und dem Kurzschlußverhältnis der Maschine, welche als Grundkonstanten die gesamte Kurzschlußberechnung beherrschen. Aus dem Kurzschlußstrom ergibt sich rückwärts die Restspannung am Generator; es werden hierfür einfache Formeln entwickelt. Der Einfluß einer Vorbelastung des Generators vor Kurzschlußeintritt ist in der Hauptsache durch die über den Leerlaufzustand hinaus gesteigerte Maschinenerregung berücksichtigt; falls im Kurzschlußlauf noch eine merkliche Spannung an der Vorbelastung bestehen bleibt, ist zudem der Maschinenstrom in den verringerten Vorbelastungsstrom und den eigentlichen Kurzschlußstrom aufzuteilen. Der Beweis einiger derartiger Formeln, welche die Vorgänge beim zweipoligen Kurzschluß des dreipolig vorbelasteten Generators schildern, wird in einer besonderen Arbeit nachgetragen werden. Zum Schluß wird gezeigt, daß sich das Verfahren mit einer geringfügigen Erweiterung auf den Ohmisch-induktiven Kurzschluß über Streckenwiderstände anwenden läßt, so daß sich auch Kurzschlüsse in Kabelanlagen nach dieser Methode einheitlich berechnen lassen.

Die Methode wird an einem Zahlenbeispiel ausführlich erläutert. Die Ergebnisse werden mit der exakten graphischen Ermittlung der Dauerkurzschlußströme einerseits, mit denen früher üblicher Rechenverfahren anderseits verglichen, wobei sich die Überlegenheit der neuen Methode zeigt.

(Die Aufsatzreihe wird durch eine Arbeit von Ollendorff und Jacottet fortgesetzt werden.)

[14] Wie Fußnote 13.

Digitized by Google

Über Elektroden für die Zwecke der Prüfung fester Isolierstoffe.

Von Dr. **Gerhard Pfestorf**, Berlin.

Übersicht. In der Arbeit werden Form und Anordnung der Elektroden für die Zwecke der elektrischen Prüfung fester Isolierstoffe sowie die Herstellung festhaftender leitender Belegungen auf Isolierstoffen zusammenfassend beschrieben.

Bei der Untersuchung der elektrischen Eigenschaften der Isolierstoffe spielen die benutzten Elektroden und ihre Anordnung zur Gewinnung untereinander vergleichbarer Werte eine wichtige Rolle. Die Form, das Metall und die Aufbringung der Elektroden auf dem Isolierstoff können die Messungen recht erheblich beeinflussen. Für die elektrische Prüfung eines Isolierstoffes kommen im allgemeinen die Messung des Oberflächen- und Durchgangswiderstandes, des Widerstandes im Innern nach der Stöpselmethode, der Durchschlagspannung und des dielektrischen Verlustfaktors in Betracht. Je nach dem besonderen Verwendungszweck des Isolierstoffes werden eine oder mehrere Prüfungen ausgewählt.

Die Bestimmung des Oberflächenwiderstandes erfolgt im allgemeinen mit einem Apparat, der nach Abmessungen und Aufbau in den „Vorschriften für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe" des VDE festgelegt ist. In den gleichen Bestimmungen ist auch die Ermittlung des Widerstandes im Innern unter Verwendung von Meßbrückenstöpseln beschrieben. Für die übrigen oben genannten Prüfungen werden in den Laboratorien und Prüffeldern die Elektroden nach recht verschiedenen Verfahren angebracht. Angaben über einzelne Methoden finden sich jedoch in der Literatur nur zerstreut. Es scheint daher wünschenswert, die wichtigsten Gesichtspunkte für die Anordnung und Herstellung solcher Elektroden zusammenzustellen. Ein solcher Überblick darf um so mehr auf Interesse rechnen, als auch in dem neuesten Entwurf der „Leitsätze für die Bestimmung elektrischer Eigenschaften von festen Isolierstoffen"[1] des VDE einige kurze Bestimmungen über allgemeine Elektrodenarten enthalten sind. Im folgenden werden daher die wichtigsten der bekannten Elektrodenanordnungen sowie die Möglichkeiten zur Erzeugung leitender festhaftender Belegungen auf Isolierstoffen zusammenfassend beschrieben.

Bei Ermittlung der Durchschlagspannung, wobei sich im allgemeinen die Prüfkörper unter Öl befinden, wäre es ideal, ein möglichst vollkommen homogenes elektrisches Feld zu besitzen. Wie man zwischen endlichen Platten auch am Rande ein nahezu homogenes Feld gewinnen kann, hat Rogowski[2] rechnerisch und experimentell gezeigt. Durch geeignete Abrundungen der Platten konnten die Randstörungen zum Verschwinden gebracht werden. Bei der technischen Isolierstoffprüfung ist es jedoch üblich, gewisse Randstörungen ohne Bedenken in Kauf zu nehmen, also auf eine genaue Kenntnis der Beanspruchung der Isolierstoffe an der Durchschlagstelle gegebenenfalls zu verzichten. Derartige Messungen bieten an sich nur einen Anhaltspunkt über die tatsächlichen elektrischen Eigenschaften des Isolierstoffes; wenn man sich aber auf Vergleichsmessungen beschränkt und diese stets mit Elektroden ausführt, die gleiche Abmessungen haben und in gleicher Weise aufgebracht werden, kann nach solchen Messungen sehr wohl eine Bewertung des Isolierstoffes erfolgen. Es ist jedoch wichtig, daß die vereinheitlichten Abmessungen eingehalten werden, da, wie erwähnt, das Ergebnis von der Elektrodenform und -größe abhängig ist.

Die einfachste Methode für Durchschlagmessungen ist das Aufsetzen von festen, massiven Elektroden, die bei Isolierstoffen in Plattenform bis zu etwa 3 mm Dicke aus ebenen Kreisscheiben von 50 mm Dmr. mit abgerundeten Kanten von etwa 2,5 mm Krümmungsradius bestehen (Abb. 1). Vielfach ist es üblich, die Elektroden vor jeder Messung mit einem Stanniolblatt zu umgeben; es zeigt sich, daß bei manchen Stoffen durch die Spannungsbeanspruchung das Stanniol geradezu an den Prüfkörper angesaugt wird, so daß eine sehr innige Berührung stattfindet. Außerdem bietet das Verfahren der Stanniolpolsterung den Vorteil, daß man bei jedem neuen Durchschlagversuch nur das Stanniolblatt zu erneuern, nicht aber die Elektroden von Brandstellen zu reinigen braucht.

Reichen die Abmessungen des Prüfkörpers nicht aus, um eine Elektrode von 50 mm Dmr. aufzusetzen, so können Plattenelektroden von kleineren Abmessungen gewählt werden. Es ist aber wichtig, daß dann nicht ein beliebiger Durchmesser genommen wird, sondern der in den Bestimmungen festgelegte von 25 mm. Selbstverständlich muß bei der Angabe des Prüfbefundes die Art der gewählten Elektroden mit angegeben werden. Bei größerer Dicke der Prüfkörper als 3 mm und mithin hohen Prüfspannungen zeigt es sich, daß sich bei Stoffen hoher Festigkeit Gleitfunken nicht unterdrücken lassen, die ihrerseits zu einer starken ungleichmäßigen Beanspruchung des Isolierstoffes führen. Um diese Schwierigkeiten zu vermeiden, werden bei größerer Plattendicke Vertiefungen in die Prüfkörper eingeschliffen. Diese Vertiefungen haben im allgemeinen kugelige Gestalt und werden durch Aufbringen von leitenden Belegungen als Elektroden benutzt (Abb. 2). Über die Herstellung der

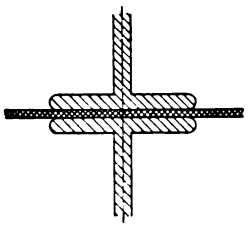


Abb. 1. Ebene Plattenelektroden für Durchschlagmessungen; Isolierstoffstärke bis zu 3 mm.

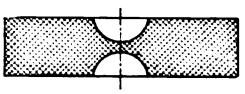


Abb. 2. Isolierstoff-Formkörper für Durchschlagmessungen.

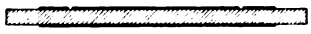


Abb. 3. Schutzringkondensator.

Belegungen wird weiter unten noch berichtet. Die dünnste Stelle der Platte soll einige Millimeter, jedoch nicht mehr als $^1/_5$ der Plattendicke betragen. Die Anbringung der Vertiefungen ist z. B. bei Hartpapier sehr einfach. Sie kann hier mit einem Kugelkopfsenker in der Bohrmaschine vorgenommen werden. Um die auf beiden Seiten vorzunehmenden Einsenkungen genügend scharf in eine Achse zu bringen, genügt im allgemeinen die Verwendung eines einfachen Anschlages auf dem Bohrmaschinentisch. Die Messung der dünnsten Stelle der Platte kann bequem mittels einer Meßuhr erfolgen. Bei der Verwendung von Prüfkörpern mit derartigen Einschliffen ist es wiederum wichtig, in dem Prüfbefund die Elektrodenform anzugeben, denn es ist einleuchtend, daß auch bei gleicher Materialstärke bei Prüfung mit kugelförmigen und plattenförmigen Elektroden verschiedene Beanspruchungen vorliegen, erstens ist der Feldverlauf ein anderer, zweitens sind die Beanspruchungsflächen verschieden groß.

Neuerdings tritt an Stelle der Messung der Durchschlagspannung für die Bewertung der Isolierstoffe vielfach eine Spannungsprobe derart, daß der Isolierstoff eine bestimmte Spannung zwischen den beschriebenen Elektroden eine bestimmte Zeit, z. B. 5 min lang, aushalten muß, ohne durchschlagen zu werden. Es ist also an sich zulässig, daß bei auch nur kurzfristiger Ausdehnung der Spannungsprobe über die vorgesehene Zeit das Material durchschlagen wird. Diese genannte Prüfung kann vom Hersteller z. B. für eine Abnahmeprüfung zugrunde gelegt werden; dann wird praktisch das Material die angegebene Spannung meist noch länger als vereinbart aushalten können, weil ja der Lieferer mit Ungleichmäßigkeiten seines Materials zu rechnen hat und die festgelegte Beanspruchungsart während einer bestimmten Zeitdauer nach der angegebenen Definition keine Toleranzen nach unten verträgt.

Eine neue Methode, die bei Plattenelektroden mit abgerundeten Kanten auftretenden Schwierigkeiten bei Messung der Durchschlagspannung zu umgehen, ist kürzlich von E. Marx[3] angegeben worden. Danach wird der Isolierstoff zwischen ebenen plattenförmigen Elektroden umgeben von Xylol unter Druck von etwa 15 atü gesetzt, wodurch Gleitfunken und Randdurchschläge nach dem Verfasser mit Sicherheit vermieden werden.

[1] ETZ 1929, S. 364.
[2] Rogowski, Arch. El. Bd. 12, S. 1.
[3] Erwin Marx, ETZ 1929, S. 41.

Digitized by Google

Beim Übergang zu den im Isolierstoff eingeschliffenen Elektroden lag es nahe, Quecksilber als flüssiges Elektrodenmaterial zu verwenden. Hierdurch wird erreicht, was bei einer festen Elektrode kaum der Fall sein kann: Berührung des Isolierstoffes in jedem Punkt. Es sind verschiedene Methoden veröffentlicht worden, um ein lückenloses Anliegen des Quecksilbers am Isolierstoff durch Füllen der Vertiefungen im Vakuum[4] oder unter Druck zu erreichen. Selbst die komplizierte Schutzringanordnung hat man mit Quecksilber als Elektrodenmaterial[5] für besondere Zwecke (Messung der Leitfähigkeit im Vakuum) angewandt. Vielfache Verwendung für Prüfzwecke haben in der Technik Elektroden aus dünnen Metallfolien gefunden. Dünne Stanniolblätter lassen sich recht glatt an Isolierstoffe anpressen. Solche Elektroden sind insbesondere für Formkörper von Bedeutung, z. B. für Rohre und Isolierschläuche, deren Prüfung etwa so erfolgt, daß man das Innere mit Quecksilber füllt und außen einen Stanniolbelag herumlegt.

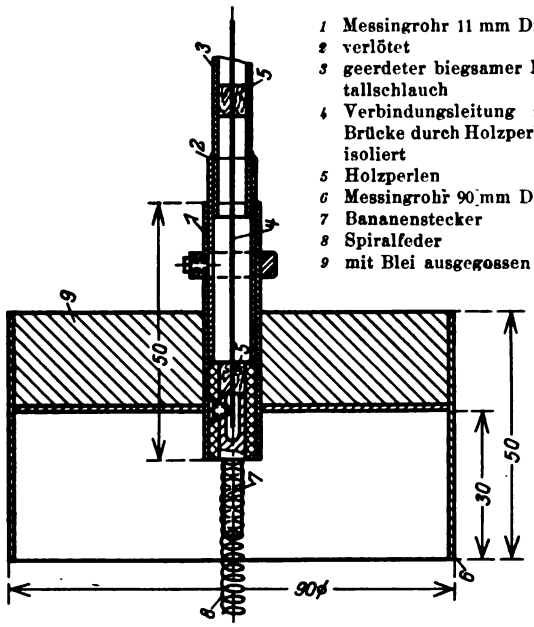


Abb. 4. Schutzgehäuse zur Abschirmung des Meßbelages.

Mit der Entwicklung der Hochspannungstechnik sind die Anforderungen an die Isolierstoffe und mithin an die Isolierstoff-Untersuchungsmethoden immer größer geworden. Insbesondere haben die Messungen der dielektrischen Verluste an Bedeutung gewonnen und sich dementsprechend stark eingebürgert. Bei der Ermittlung der dielektrischen Verluste ist im allgemeinen nur ein Ausschnitt eines homogenen elektrischen Feldes erforderlich, in der Regel auch nur bis zu Spannungen, die noch unterhalb der Durchschlagspannung liegen. Dies ist durch die bekannte Anordnung der Elektroden nach dem Prinzip des Thomsonschen Schutzringkondensators erreichbar (Abb. 3). Von den beiden meist kreisförmigen Kondensator-Meßbelegungen ist die eine zu einer sog. Schutzringelektrode ausgebildet. Diese besteht aus einer kreisförmigen Belegung, die unter Belassung eines schmalen freien Spaltes von einer ringförmigen Belegung umgeben ist. Natürlich können auch mit dieser Schutzringanordnung Messungen bis zum Durchschlag ausgeführt werden.

Bei der Ausführung von dielektrischen Verlustmessungen bei Hochspannung sind auch bei der Schutzringanordnung noch verschiedene störende Einflüsse möglich. So muß z. B. der Schutzring auf der Isolierstoffplatte zur elektrischen Abschirmung der Meßleitung mit einem geerdeten Gehäuse versehen werden, durch das hindurch isoliert die Verbindung zur Brückenanordnung geführt wird. In der Abb. 4 ist ein solches Schutzgehäuse schematisch gezeichnet. Es ist mit einer Einlage aus Blei versehen, so daß es durch sein eigenes Gewicht mit gutem Kontakt auf dem metallischen Schutzring aufsitzt. Die ebenfalls geschützten Verbindungsleitungen zur Brückenanordnung verlegt man zweckmäßig in geerdeten Schläuchen. Als solche haben sich biegsame Metallschläuche von 8 ... 10 mm äußerem Durchmesser gut bewährt, wobei die Isolation zwischen Meßleitung und Metallschlauch durch eine dichte Reihe kleiner Naturholzperlen bewirkt wird, die vor ihrer Verwendung in Paraffin gekocht sind. Zum Anschluß solcher Schläuche genügen Bananenstecker mit hochwertiger Isolierung. Ferner ist es notwendig, daß die Isolation zwischen der Meßbelegung und dem Schutzring hoch ist. Die Isolationsprüfung kann mit der Glimmlampe bei 110 oder 220 V ausgeführt werden. Der Isolationswiderstand genügt, wenn an der Glimmlampe auch im Dunkeln kein Aufleuchten zu erkennen ist. Ist der Widerstand von der Größenordnung von etwa 10 000 Ω, so zeigt die Glimmlampe bereits ein Leuchten; die Messung gestattet dann noch die angenäherte Bestimmung des Verlustwinkels; die gemessene Kapazität ist jedoch verändert und kann nicht mehr zur Berechnung der Dielektrizitätskonstanten verwandt werden.

Falls die Kapazität des Prüfkörpers und mithin die Spannung am Meßbelag des zu untersuchenden Kondensators sehr groß sind, sind Fehler durch die Ungleichförmigkeit des elektrischen Feldes im Prüfkondensator zu erwarten. Um diese zu vermeiden, können sämtliche Abschützungen, die gewöhnlich Erdpotential haben, auf angenähert das gleiche Potential wie der Meßbelag durch Einschalten eines Widerstandes[6] in die Erdleitung gebracht werden.

Als einfachste Elektrodenanordnung bei der Messung der dielektrischen Verluste wird die Verwendung von dünnen Stanniolfolien genannt. Es ist aber zu bedenken, daß auch bei sauberer Arbeit zwischen Stanniol und Isolierstoff noch dünne Luftschichten oder feine Luftbläschen vorhanden sind, die bei Hochspannung durch Ionisation eine Vergrößerung des Verlustfaktors vortäuschen können. Wenn die Messungen jedoch nur einen Anhaltspunkt über das Verhalten des Isolierstoffes bieten sollen, so ist diese Art von Elektroden gut anwendbar. Die Stanniolschutzring-Elektroden sind weiter geeignet, wenn die Messungen bei 800 Hz und Niederspannung in der von Schering[7] angegebenen Weise in einer Brückenanordnung gemacht werden. Als Klebemittel zum Aufziehen der Stanniolfolien hat sich am besten ein Hauch von Paraffinöl erwiesen. Falls die Messungen unter Vermeidung jedes Klebemittels erwünscht sind, wird auf die Elektroden eine Platte gelegt und diese mit einem Gewicht belastet, so daß der Druck auf die Elektrodenfläche 100 g/cm² beträgt und ein gutes Anliegen der Stanniolfolie gewährleistet. Zum Schutz der Folie und zur gleichmäßigen Verteilung des Druckes auf den Isolierstoff empfiehlt sich eine Zwischenlage von elastischem Material zwischen Folie und Platte, z. B. Schaumgummi. Der Metallbelag kann auch fest auf dem Gummi aufvulkanisiert[8] werden, so daß die ganze Anordnung jederzeit einfach und betriebsicher gehandhabt werden kann. Solche Elektrodenanordnungen muß man in all den Fällen wählen, in denen die Elektroden abnehmbar sein müssen, z. B. wenn die dielektrischen Eigenschaften von Isolierstoffen im Zustand der Herstellung und nach einer bestimmten Vorbehandlung, z. B. viertägigem Liegen in einem Raum von 80 % relativer Luftfeuchtigkeit ermittelt werden sollen.

Um jedoch bei den Messungen, die im allgemeinen mit einem hohen Grad von Genauigkeit ausführbar sind, nur die im Isolierstoff wirklich vorhandenen Verluste zu erfassen und um reproduzierbare Prüfergebnisse zu erhalten, müssen auch für das Aufbringen der Elektrodenanordnungen besondere Vorkehrungen getroffen werden. Vor allen Dingen ist es notwendig, Elektroden herzustellen, die auf der ganzen Fläche fest am Isolierstoff haften. Hierfür haben sich eine ganze Reihe von Verfahren eingeführt, die natürlich auch bei Bestimmung der Durchschlagspannung, der Leitfähigkeit usw. Verwendung finden können.

Als älteste Gruppe von Verfahren ist die Erzeugung von leitenden, festhaftenden Belegungen auf chemischem und physikalisch-chemischem Wege zu nennen. Am bekanntesten sind Vergoldung (Porzellan), Platinierung und Versilberung. Die Versilberung beschränkt sich nicht nur auf Isolierstoffe wie Glas, sondern ist auch bei allen entfettbaren Isolierstoffen, z. B. Glimmer, Porzellan, Paraffin und ähnlichen möglich. Das Verfahren besitzt den Vorteil großer Einfachheit und relativer Billigkeit. Die Versilberung wird von Spezialfirmen ausgeführt, ist jedoch auch nach bewährten Methoden im Laboratorium zu erreichen[9]. In die eine Metallbelegung des

[4] H. Rochow, Arch. El. Bd. 14, S. 361.
[5] E. Espermüller, Arch. El. Bd. 21, S. 148.
[6] C. L. Dawes u. P. H. Humphries, El. World Bd. 91, S. 1331; ETZ 1929, S. 1061.
[7] H. Schering, ETZ 1927, S. 1086.
[8] A new process for producing electrical contacts. J. Scient Instr. Bd. 5, S. 16.
[9] Genaue Angaben über sichere Verfahren zur Versilberung finden sich z. B. bei: Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. Verlag B. G. Teubner. E. v. Angerer, Technische Kunstgriffe bei physikalischen Untersuchungen. Samml. Vieweg H. 71. Verl. Friedr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig.

Digitized by Google

Kondensators kann nachträglich der für die Messung erforderliche Schutzspalt von etwa 1 mm Breite eingebracht werden. Ein Einätzen des Schutzspaltes ist wegen der leichten Angreifbarkeit des Silbers auch durch verdünnte Salpetersäure nur schwierig zu bewerkstelligen. Im allgemeinen kommt eine mechanische Entfernung mit einem Metallgriffel in Frage. Die Anschlußleitungen zur Brücke dürfen den dünnen Metallbelag nicht beschädigen. Die Verbindung kann durch Anlöten von dünnen Drähten geschehen, wegen der leichten Verletzbarkeit des Belags und des Isolierstoffes beim Löten ist es jedoch zweckmäßig, die Verbindungen durch sanften Druck, z. B. einer Spiralfeder, zu bewirken. Ein Vorteil der Versilberungsmethode ist der, daß sie bei allen Prüfkörperformen leicht angewandt werden kann, da das Versilberungsbad in alle Vertiefungen der Prüfkörper eindringt. Als Nachteile müssen die leichte Verletzbarkeit des Silberspiegels und die Verwendung einer wäßrigen Lösung bei der Herstellung genannt werden. Die Herstellung der Niederschläge erfordert außerdem größte Sauberkeit.

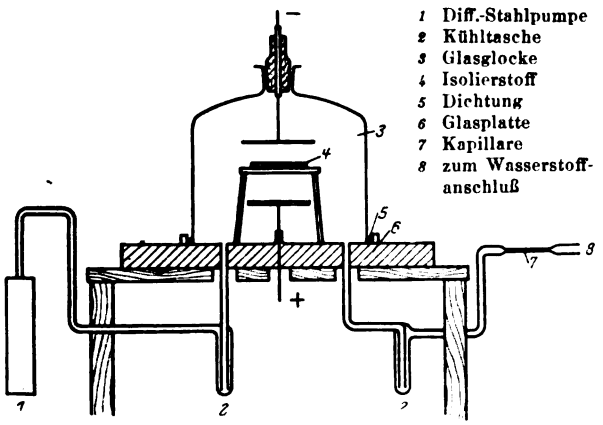


Abb. 5. Schematische Darstellung einer Kathodenzerstäubungs-Einrichtung.

Neben der chemischen Versilberung kann hier ein weiteres Verfahren genannt werden: das Erzeugen von festhaftenden metallischen Niederschlägen auf Isolierstoffen durch Kathodenzerstäubung. Läßt man durch ein Entladungsrohr bei etwa $^1/_{100}$ ... $^1/_{1000}$ mm Hg unter Anlegung einer Gleichspannung eine leuchtende Entladung gehen, so werden Metallatome aus der Kathode herausgerissen und gegen die Anode geschleudert. Befindet sich zwischen Kathode und Anode ein Schirm, z. B. eine Glasplatte, so bilden die Metallteilchen nach einiger Zeit auf dem Schirm einen festhaftenden, zusammenhängenden metallischen Spiegel. Es ist auf diese Weise möglich, Metallschichten von einigen tausendstel bis zu einigen zehntel Millimeter Stärke bei entsprechender Zerstäubungszeit zu erzeugen. Eine solche Zerstäubungseinrichtung, bei der durch eine Kapillare Wasserstoff durch das Entladungsgefäß geleitet wird, ist in Abb. 5 schematisch gezeichnet. Die Stromstärke wird je nach der gewünschten Stärke der Schicht am besten so gewählt, daß der entstehende Belag elektrisch gut leitend ist und der Isolierstoff sich bei der Bestäubung nicht merklich erwärmt. Als Kathode dient vorteilhaft eine Silberplatte, da die Zerstäubungszeiten von Silber im Wasserstoffstrom verhältnismäßig günstig sind. Für die Erzeugung einer dichten, gut leitenden Silberschicht genügt eine Zerstäubungszeit von etwa 30 min. Die angelegte Gleichspannung schwankt je nach der Entfernung zwischen Anode und Kathode zwischen 1000 und 3000 V. Das Verfahren liefert auf vielen Isolierstoffen metallische Belegungen, ist jedoch, da die Bestäubung im Vakuum erfolgt, nur bei solchen Isolierstoffen anwendbar, die auch im Vakuum ihre ursprüngliche Form beibehalten. So werden z. B. manche Glimmerplatten im Vakuum durch die in ihnen enthaltenen Gaseinschlüsse aufgetrieben.

Wenn auch die notwendige Evakuierung des Gefäßes für die Kathodenzerstäubung mit den heutigen Hilfsmitteln keine Schwierigkeit bietet, so wird die Methode der Kathodenzerstäubung wegen der erforderlichen Zeit und der begrenzten Verwendungsmöglichkeit immer auf spezielle Probleme der Isolierstoffuntersuchung beschränkt bleiben.

Die an ein Verfahren zur Erzeugung von leitenden Belegungen auf Isolierstoffen heute zu stellenden Forderungen: stete Betriebsbereitschaft, schnelle und einfache Herstellung des Metallüberzuges, Bearbeitungsmöglichkeit der Belegung, Aufbringen der Belegung bei normalem Druck und Temperatur ohne Beschädigung des Isolierstoffes, werden wohl bis jetzt am besten durch das Metallspritzverfahren nach Schoop[10] erfüllt. Bei diesem Verfahren wird durch die Achse eines Sauerstoffgebläses ein Metalldraht geführt, der in der kurzen, heißen Stichflamme schmilzt und gleichzeitig durch den sehr starken Luftdruck zerstäubt und abgekühlt auf die Platte gespritzt wird. Der Vorgang erfolgt ohne wesentliche Erwärmung, so daß es sogar möglich ist, ungefährdet einen Strahl gegen die menschliche Hand zu richten. Platten, Formkörper und selbst Rohre bis zu etwa 40 mm innerem Durchmesser und 15 cm Länge können nach diesem Verfahren mit einem metallischen Belag versehen werden. In die Belegungen auf den Rohren können leicht, wie in Abb. 6 schematisch gezeigt, Schutzringe eingedreht wer-

Abb. 6. Zylinderkondensator mit eingedrehten Schutzringen.

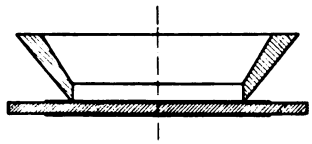


Abb. 7. Schutzringkondensator mit passender Spritzlehre.

den, da die Metallbelegungen an allen nicht ganz glatten Flächen bei geringer Schichtdicke sehr gut haften und sich mechanisch bearbeiten lassen. Solche Formkörper werden z. B. bei der Untersuchung von Isolierstoffen bei hohen Temperaturen mit Vorteil verwandt. In den weitaus meisten Fällen wird Zink als Metallbelag genügen, in besonderen Fällen können auch andere Metalle, z. B. Kupfer, Eisen oder Nickel, auf die Isolierstoffe aufgespritzt werden. Durch diese Bespritzung mit Metallen verschiedener Eigenschaften kann die Elektrodenbelegung dem gewünschten Sonderzweck der Isolierstoffprüfung angepaßt werden. So wird man bei der Untersuchung hoch wärmefester Isolierstoffe bei hohen Temperaturen mit Vorteil schwer oxydierbare Metalle verwenden. Bei sehr hohen Temperaturen (etwa über 500 °) ist es zweckmäßig, die Metallbelegungen noch dadurch zu schützen, daß man die ganze Untersuchung im Stickstoffstrom ausführt.

Da sehr viele elektrische Untersuchungen von Isolierstoffen mit einer Schutzringelektroden-Anordnung ausgeführt werden, empfiehlt es sich, diese Schutzringanordnung durch Aufsetzen einer für möglichst viele Fälle passenden Metall-Lehre aufzuspritzen. Abb. 7 zeigt schematisch die Anordnung einer Lehre zur Aussparung des Schutzspaltes auf einer Platte. Mit dieser zur bequemen Einführung der Spritzpistole innen abgeschrägten Lehre und mit einer Kreisscheibe zur Abdeckung des äußeren Ringes kann die Bespritzung sowohl der inneren Elektrodenfläche als auch des Schutzringes einwandfrei in einem Arbeitsgang erfolgen. Abb. 8 zeigt eine solche Metall-Lehre auf einer Hartpapierplatte. Die äußere Abdeckscheibe ist von der Hartpapierplatte abgenommen, so daß der Schutzring aus aufgespritztem Zink zu erkennen ist.

Abb. 8. Hartpapierplatte mit aufgesetzter Metall-Lehre zum Aussparen des Schutzspaltes.

Falls die Isolierstoffplatten nicht ganz eben sind, wird es vorkommen, daß auch unter der Lehre sich noch Metallteilchen absetzen und Schutzring und Meßbelag leitend verbinden. Bei leicht bearbeitbaren Isolierstoffen, z. B. Hartpapier, ist es in diesem Falle möglich, das Metall aus dem Schutzring auszudrehen, bei Porzellan und anderen keramischen Massen wird es jedoch zweckmäßigerweise ausgeätzt. Um nur das Metall im Schutzring durch die Säure anzugreifen und einen Schutzring mit sauberer Begrenzung zu erhalten, werden die anliegenden Metallteile, die durch die Säure nicht angegriffen werden sollen, mit Schellack überstrichen und nach dessen Trocknung wird mit einem Tropfen verdünnter Säure die Ätzung vorgenommen.

Soll die Dielektrizitätskonstante ε errechnet werden und kann die Größe des Meßbelags noch beliebig gewählt

[10] Vgl. G. Kutscher, Maschinenbau (Betrieb) Bd. 8, S. 543.

Digitized by Google

werden, so ist es eine Erleichterung der Rechnung, wenn man für den Durchmesser des Meßbelags die Größe von 125,5 mm bei 1 mm Schutzspaltbreite wählt. Die Kapazität C des Schutzringkondensators ist gegeben durch die Formel $C = \frac{\varepsilon F}{4\pi a}$ [cm], wobei F [cm²] die Elektrodenmeßfläche und a [cm] den Abstand der beiden Belegungen bedeutet. Somit wird die Dielektrizitätskonstante $\varepsilon = C a \frac{16}{d^2}$, wenn d der Durchmesser des Meßbelages, gemessen von Mitte Schutzring bis Mitte Schutzring, ist. Für $d = 126.5$ Millimeter ergibt sich somit

$$\varepsilon = 0.1\, C\, a.$$

Die Übertragungsverluste von langen Fernleitungen.

Von **Leopold Leng**, Berlin.

Übersicht. Der Vergleich der verschiedenen Möglichkeiten der Hochspannungsübertragung auf große Entfernungen wird durch die Undurchsichtigkeit der Zustandsgleichungen für Strom und Spannung in quantitativer Hinsicht erschwert. Während die Verhältnisse für die Strom- und Spannungsverteilung durch Aufstellung eines Diagramms bereits übersichtlich dargestellt wurden, versucht die vorliegende Arbeit dasselbe für den Zusammenhang zwischen Leistung und Verlusten. Eingangs werden einfache Ausdrücke für die maßgebenden Größen, nämlich für Dämpfungsfaktor, Winkelmaß und Wellenwiderstand der Hochspannungsleitung abgeleitet. Die Methode ist unabhängig von vereinfachenden Annahmen, z. B. rein Ohmschem Verhalten des Wellenwiderstandes; sie ergibt daher auch bei den niedrigen Periodenzahlen und für den Fall der mehr oder weniger weitgehenden Kompensation von Selbstinduktion oder Kapazität richtige Resultate.

Die Entfernungen, über die Energie übertragen werden soll, nehmen im Laufe der Entwicklung dauernd zu, da der Energiehunger die Ausnutzung auch der entferntesten Energiequellen erfordert. Von allen Möglichkeiten steht heute an erster Stelle die des elektrischen Energietransportes. Mit den Entfernungen wachsen die Schwierigkeiten der Spannungshaltung und der Einschränkung der Leitungsverluste, so daß die Frage der günstigsten Übertragungsmöglichkeit an Interesse gewinnt. Sie ist aber nicht leicht zu beantworten, denn die Verteilung von Strom und Spannung längs langer Leitungen wird durch quantitativ schwer zu durchblickende Funktionen dargestellt. Überdies sind auf die Übertragungsverhältnisse einer bestimmten Leistung über eine bestimmte Entfernung eine große Anzahl von Variablen von Einfluß, nämlich die Betriebsgrößen Spannung und Periodenzahl (evtl. auch die Phasenzahl, wenn man am Dreiphasenstrom nicht unbedingt festhalten will) und die kilometrischen Leitungskonstanten Widerstand, Ableitung, Selbstinduktion und Kapazität; somit muß der Einfluß aller dieser unabhängigen Variablen untersucht werden. Wenn also diese Arbeit anstrebt, zum Problem beizutragen, die günstigsten Übertragungsverhältnisse zu finden, so muß sie eine genügend durchsichtige Darstellungsart der komplizierten Verhältnisse geben. Wählen wir eine diagrammatische, so können für sie die folgenden Bedingungen aufgestellt werden: Der Übertragungsverlust — und auf die Ermittlung dieses beschränken sich die folgenden Ausführungen[1] — bei verschiedenen Betriebszuständen soll sich durch einfachste, übersichtliche Konstruktion ergeben; der Zusammenhang zwischen den Konstanten des Diagramms einerseits und den Betriebsgrößen sowie den Leitungskonstanten anderseits soll ein möglichst unmittelbarer sein.

Für einen bestimmten Fall sind die abzugebende Wirk- und Blindleistung als gegeben zu betrachten. Die Aufbringung der letzteren kann in verschiedenem Grade am Orte des Abnehmens durch Phasenschieber (rotierende oder Kondensatoren) erfolgen, was auf die Verluste in der Leitung und in den Generatoren am Anfang derselben zurückwirkt. Man müßte also unter die Übertragungsverluste außer den Leitungsverlusten auch die Blindleistungsverluste zählen, d. s. die Verluste in den Phasenschiebern und die in den Generatoren, soweit sie zusätzlich durch die Blindleistung erzeugt werden. Die Ermittlung der gesamten Übertragungsverluste ergibt sich durch eine Erweiterung des hier abgeleiteten Diagramms, wenn man je für die Generatoren und Phasenschieber bestimmte Verlustzahlen je kVA Blindleistung annimmt. Diese Erweiterung hier abzuleiten, würde den zulässigen Rahmen überschreiten. Da die Blindleistungsverluste im allgemeinen gegen die Leitungsverluste ziemlich klein sind, haben sie auf die Ergebnisse nur untergeordneten Einfluß. Dasselbe gilt für Verluste in den Auf- und Abtransformatoren.

Zunächst sollen die Spannungs- und Stromverteilung und die für sie charakteristischen Größen besprochen werden.

1. Spannungs- und Stromverlauf längs einer Leitung.

Im folgenden bedeuten deutsche Buchstaben stets Vektorgrößen, lateinische deren Absolutwerte. Der Faktor $j = \sqrt{-1}$ drückt eine Drehung des Vektors um $\pi/2$ im Sinne der Voreilung aus. Soll das innere Produkt von $j\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{J}$ die Blindleistung ergeben, so muß eine kapazitive positiv, eine induktive negativ zählen. Sind $\mathfrak{E}_2$ die Spannung, $\mathfrak{J}_2$ der Strom der Leitung am Ende und ist x die Entfernung eines Punktes der Leitung von ihrem Ende in Kilometer, so sind Spannung $\mathfrak{E}$ und Stromstärke $\mathfrak{J}$ in diesem Punkte[2]:

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{E} &= \frac{1}{2}\left[(\mathfrak{E}_2 + \mathfrak{J}_2\mathfrak{Z})\, e^{\mathfrak{n}x} + (\mathfrak{E}_2 - \mathfrak{J}_2\mathfrak{Z})\, e^{-\mathfrak{n}x}\right] \\ \mathfrak{J} &= \frac{1}{2\mathfrak{Z}}\left[(\mathfrak{E}_2 + \mathfrak{J}_2\mathfrak{Z})\, e^{\mathfrak{n}x} - (\mathfrak{E}_2 - \mathfrak{J}_2\mathfrak{Z})\, e^{-\mathfrak{n}x}\right]\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Hierin ist

$$\mathfrak{n} = a + jb, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1a)$$

$$a = \sqrt{\frac{1}{2}\left[(RA - \omega^2 LC) + \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(A^2 + \omega^2 C^2)}\right]}$$

der Dämpfungsfaktor, . . (1b)

$$b = \sqrt{\frac{1}{2}\left[-(RA - \omega^2 LC) + \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(A^2 + \omega^2 C^2)}\right]}$$

das Winkelmaß, ... (1c)

$$\mathfrak{Z} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{A + j\omega C}}$$ der Wellenwiderstand, ... (1d)

R Widerstand in Ohm/km,
A Ableitung in Siemens/km,
L Selbstinduktion in Henry/km,
C Betriebskapazität in Farad/km.

Spannung und das Produkt $\mathfrak{J}\mathfrak{Z}$, der Spannungsabfall des Stromes im Wellenwiderstand, bestehen aus der Summe bzw. Differenz zweier Glieder, deren jedes eine fortschreitende gedämpfte Sinuswelle darstellt. Die Fortpflanzungsrichtung der ersten Welle ist vom Leistungsanfang zum -ende, sie heißt die Hauptwelle. Das zweite Glied, die reflektierte Welle, läuft in der entgegengesetzten Richtung; sie besteht nur, wenn ein Reflexionspunkt vorhanden ist, d. h. wenn die Impedanz der Belastung $\mathfrak{E}_2/\mathfrak{J}_2$ vom Wellenwiderstand $\mathfrak{Z}$ verschieden ist. Die Dämpfung jeder Teilwelle ist a, die Wellenlänge $2\pi/b$, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ω/b. Das Verhältnis der Hauptwelle der Spannung zu der des Stromes ist der Wellenwiderstand; ebenso verhalten sich die reflektierten Wellen.

Damit ist die Spannungs- und Stromverteilung längs der Leitung charakterisiert. Die Ausdrücke für $\mathfrak{n}$, $\mathfrak{Z}$ die natürlich auch in den Funktionen der Übertragungsverluste vorkommen, müssen noch vereinfacht werden. Wird

[1] Ein Spannungs- und Stromdiagramm wurde bereits von G. Oberdorfer gegeben: ETZ 1927, S. 1691. Mit der Aufstellung eines Leistungs- und Verlustdiagramms in von vorliegender Arbeit abweichender Art befaßte sich P. Neumann, ETZ 1929, S. 451.

[2] Siehe z. B. Fraenkel, Theorie der Wechselströme, 2. Aufl., S. 188, Formel (221d).

Digitized by Google

der Phasenwinkel von $\mathfrak{n}$ mit ν, von $\mathfrak{Z}$ mit ξ bezeichnet, so kann man schreiben:

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{n} &= a + jb = n\,e^{j\nu}\\ \mathfrak{Z} &= Z_x + j\,Z_y = Z_e^{\,j\xi}\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (2a)$$

Am einfachsten geht der Weg über die Vektorquadrate der gesuchten Größen, nämlich folgendermaßen mit Hilfe der Gl. (1b), (1c), (1d) und (2a):

$$\mathfrak{n}^2 = (a+jb)^2 = (a^2-b^2)+j\,2\,a\,b$$

$$= RA - \omega^2 LC + j\sqrt{(R^2+\omega^2L^2)(A^2+\omega^2C^2)} - (RA-\omega^2LC)^2$$

$$= RA\left[\left(1-\omega^2\frac{LC}{RA}\right)+j\,\omega\left(\frac{L}{R}+\frac{C}{A}\right)\right] = n^2 e^{j2\nu}$$

$$\mathfrak{Z}^2 = \frac{R+j\,\omega L}{A+j\,\omega C} = \frac{R}{A}\,\frac{\left(1+\omega^2\frac{LC}{RA}\right)+j\,\omega\left(\frac{L}{R}-\frac{C}{A}\right)}{1+\omega^2\left(\frac{C}{A}\right)^2}$$

$$= Z^2 e^{j2\xi}.$$

Es lassen sich also nun die Absolutwerte und die Tangenten der doppelten Phasenwinkel aufschreiben:

$$\left.\begin{aligned} n &= \sqrt{RA}\,\sqrt[4]{\left(1-\omega^2\frac{LC}{RA}\right)^2+\omega^2\left(\frac{L}{R}+\frac{C}{A}\right)^2}\\ \operatorname{tg} 2\nu &= \frac{\omega\left(\frac{L}{R}+\frac{C}{A}\right)}{1-\omega^2\frac{LC}{RA}}\\ Z &= \sqrt{\frac{R}{A}}\,\frac{\sqrt[4]{\left(1+\omega^2\frac{LC}{RA}\right)^2+\omega^2\left(\frac{L}{R}-\frac{C}{A}\right)^2}}{\sqrt{1+\omega^2\left(\frac{C}{A}\right)^2}}\\ \operatorname{tg} 2\xi &= \frac{\omega\left(\frac{L}{R}-\frac{C}{A}\right)}{1+\omega^2\frac{LC}{RA}}\end{aligned}\right\} \quad (2b)$$

In diesen wiederholen sich die Ausdrücke $\frac{\omega L}{R}$ und $\frac{\omega C}{A}$. Wird hierfür eingeführt

$$\frac{\omega L}{R} = \operatorname{tg}\alpha, \qquad \frac{\omega C}{A} = \operatorname{tg}\beta, \quad \ldots \quad (2a)$$

so ergeben sich die einfachen Ausdrücke

$$\left.\begin{aligned} n &= \sqrt{\frac{RA}{\cos\alpha\cos\beta}}; \quad \nu = \frac{\alpha+\beta}{2}\\ Z &= \sqrt{\frac{R}{A}\,\frac{\cos\beta}{\cos\alpha}}; \quad \xi = \frac{\alpha-\beta}{2}\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (3b)$$

Daraus ergeben sich die Dämpfung $a = n\cos\nu$ und das Winkelmaß $b = n\sin\nu$.

Aus den Gl. (3b) können in einfachster Weise die charakteristischen Größen berechnet werden. Es sollen mit ihnen besondere Fälle untersucht werden. Bei Gleichstrom verschwinden mit ω auch α und β, also auch ν und ξ. Die Dämpfung wird $a = n = \sqrt{RA}$, der Wellenwiderstand $Z = \mathfrak{Z} = \sqrt{\frac{R}{A}}$. Bei Wechselstrom wird der gleiche Wellenwiderstand, der dann auch ein reiner Wirkwiderstand ist, nur erreicht, wenn $\alpha = \beta$; dann ist aber auch die Dämpfung $a = n\cos\nu = \sqrt{\frac{RA}{\cos\alpha\cos\beta}}\cos\frac{\alpha+\beta}{2} = \sqrt{RA}$, also ebenso groß wie bei Gleichstrom. Da dies der kleinstmögliche Wert der Dämpfung ist, interessiert eine solche Leitung besonders. Für sie besteht die Bedingung

$$\alpha = \beta \quad \text{oder} \quad \operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\beta \quad \text{oder} \quad \frac{L}{R} = \frac{C}{A}. \quad \ldots \quad (4a)$$

Sie kann auch so ausgedrückt werden, daß

$$\sqrt{\frac{LA}{RC}} = K \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4b)$$

zur Einheit wird. (Die Nützlichkeit der Einführung der Wurzel wird sich später zeigen.) Es bedeutet also $K = 1$ auch, daß die Dämpfung der Leitung für jede Frequenz gleich ist; eine solche Leitung heißt deshalb eine verzerrungsfreie. Sie erfordert nach Gl. (4a) ein ganz bestimmtes Verhältnis der Leitungskonstanten. Je weiter dagegen K von 1 ist, desto stärker ist die Dämpfung; sie steigt dann auch stets mit der Frequenz.

Im allgemeinen hat der Wellenwiderstand eine Phasenverschiebung, u. zw. wie Gl. (3b) zeigt eine positive, wenn α größer ist als β, d. h. wenn $K > 1$; eine negative, wenn $K < 1$. Für alle Fälle wird Z rein reell bei Gleichstrom und bei der unendlich großen Frequenz. Es gibt also eine Frequenz, bei der die Phase ξ des Wellenwiderstandes Z ein Extrem wird, die man am besten durch Differentiation der Gl. (2b) für $\operatorname{tg} 2\xi$ erhält. (Wenn $\operatorname{tg} 2\xi$ ein Maximum bzw. Minimum ist, so ist auch ξ ein Maximum bzw. Minimum, denn 2ξ liegt zwischen $+\pi/2$ und $-\pi/2$.) Diese Kreisfrequenz ist

$$\omega_e = \sqrt{\frac{RA}{LC}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5a)$$

und die tatsächliche Frequenz kann zu ihr ins Verhältnis gesetzt werden

$$o = \frac{\omega}{\omega_e} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5b)$$

Die Größe K charakterisiert die Leitung selbst, das Frequenzverhältnis o die Betriebsfrequenz im Verhältnis zu einer spezifischen Leitungsfrequenz. Man wird vorteilhafterweise von diesen Größen ausgehen und damit α und β ausdrücken, nämlich

$$\operatorname{tg}\alpha = o\,K, \quad \operatorname{tg}\beta = \frac{o}{K}, \quad \ldots\ldots \quad (5c)$$

denn aus K und o erkennt man unmittelbar folgendes: 1. Je mehr K von 1 abweicht, desto weiter ist die Dämpfung von ihrem Minimalwert entfernt. Reziproke Werte von K ergeben bei bestimmtem o Dämpfungen, die im gleichen Verhältnis zur Minimaldämpfung stehen, sowie Wellenwiderstände, deren geometrisches Mittel der Gleichstromwiderstand und deren Phase entgegengesetzt gleich ist (ξ für $K > 1$ positiv). 2. Je mehr o von 1 abweicht, desto kleiner ist die Phasenverschiebung von ξ.

2. Die Leitungsverluste.

Die Leitungsverluste V_l in einer l [km] langen Leitung können in die Verluste im Draht selbst

$$V_1 = R\int_0^l (\mathfrak{J}^2)\,\mathrm{d}x \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6a)$$

und in die Ableitungsverluste (einschließlich Korona- und dielektrische Verluste, die angenähert durch einen konstanten Leitwert, der in der Ableitung A eingeschlossen ist, berücksichtigt sein sollen),

$$V_2 = A\int_0^l (\mathfrak{E}^2)\,\mathrm{d}x \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6b)$$

zerlegt werden. $(\mathfrak{J}^2)$ und $(\mathfrak{E}^2)$ bedeuten darin die als innere Produkte gebildeten Quadratwerte, also wenn man zur Vereinfachung in Gl. (1) setzt:

$$\frac{1}{2}(\mathfrak{E}_2 + \mathfrak{J}_2\mathfrak{Z}) = \mathfrak{A}_1, \qquad \frac{1}{2}(\mathfrak{E}_2 - \mathfrak{J}_2\mathfrak{Z}) = \mathfrak{A}_2,$$

α_{12} gleich Voreilung von $\mathfrak{A}_1$ gegen $\mathfrak{A}_2$,

so wird:

$$(\mathfrak{J}^2) = \frac{1}{Z^2}\left\{([\mathfrak{A}_1 e^{\mathfrak{n}x}]^2) + ([\mathfrak{A}_2 e^{-\mathfrak{n}x}]^2) - 2(\mathfrak{A}_1 e^{\mathfrak{n}x}\cdot\mathfrak{A}_2 e^{-\mathfrak{n}x}\right\}$$

$$(\mathfrak{E}^2) = ([\mathfrak{A}_1 e^{\mathfrak{n}x}]^2) + ([\mathfrak{A}_2 e^{-\mathfrak{n}x}]^2) + 2(\mathfrak{A}_1 e^{\mathfrak{n}x}\cdot\mathfrak{A}_2 e^{-\mathfrak{n}x}).$$

Beim Ausrechnen der einzelnen inneren Produkte muß man berücksichtigen, daß der Faktor $e^{\pm\mathfrak{n}x} = e^{\pm ax}\cdot e^{\pm jbx}$ eine algebraische Multiplikation mit $e^{\pm ax}$ und eine Drehung des Vektors um den Winkel $\pm bx$ bedeutet. Dann ergeben sich:

$$(J^2) = \frac{1}{Z^2}\left\{A_1^2 e^{2ax} + A_2^2 e^{-2ax} - 2A_1A_2\cos(2bx+\alpha_{12})\right\}$$

$$(E^2) = A_1^2 e^{2ax} + A_2^2 e^{-2ax} + 2A_1A_2\cos(2bx+\alpha_{12}),$$

worin noch zu setzen ist:

$$2A_1A_2\cos(2bx+\alpha_{12}) = 2A_1A_2\cos\alpha_{12}\cos 2bx - 2A_1A_2\sin\alpha_{12}\cos bx.$$

Ist ξ der Phasenwinkel von $\mathfrak{Z}$ und eilt $\mathfrak{J}_2$ um φ_2 der Span-

Digitized by Google

nung vor, so lauten die obigen Ansätze für $\mathfrak{A}_1$ und $\mathfrak{A}_2$, wenn noch $\mathfrak{E}_2$ in die reelle Achse gelegt wird,

$$\mathfrak{A}_{12} = \frac{1}{2}\left(E_2 \pm J_2 Z\, e^{j(\varphi_2 + \xi)}\right)$$

und weiter:

$$A_{12}^2 = \frac{1}{4}\left\{(E_2^2 + J_2^2 Z^2) \pm 2 E_2 J_2 Z \cos(\varphi_2 + \xi)\right\}$$

$$A_1 A_2 \cos\alpha_{12} = (\mathfrak{A}_1 \cdot \mathfrak{A}_2) = \frac{1}{4}\left\{E_2^2 - J_2^2 Z^2\right\}$$

$$A_1 A_2 \sin\alpha_{12} = (\mathfrak{A}_1 \cdot j\,\mathfrak{A}_2) = \frac{1}{2} E_2 \sin(\varphi_2 + \xi).$$

Dies in die Gleichungen für $(\mathfrak{J}^2)$ und $(\mathfrak{E}^2)$ eingesetzt und entsprechend geordnet, ergibt:

$$(\mathfrak{J}^2) = \frac{1}{Z^2}\left\{\frac{1}{2}(E_2^2 + J_2^2 Z^2)\,\mathfrak{Cof}\,2ax + E_2 J_2 Z \cos(\varphi_2 + \xi)\,\mathfrak{Sin}\,2ax - \frac{1}{2}(E_2^2 - J_2^2 Z^2)\cos 2bl + E_2 J_2 Z \sin(\varphi_2 + \xi)\sin 2bl\right\}$$

$$(\mathfrak{E}^2) = \frac{1}{2}(E_2^2 + J_2^2 Z)\,\mathfrak{Cof}\,2ax + E_2 J_2 Z \cos(\varphi_2 + \xi)\,\mathfrak{Sin}\,2ax + \frac{1}{2}(E_2^2 - J_2^2 Z^2)\cos 2bl - E_2 J_2 Z \sin(\varphi_2 + \xi)\sin 2bl.$$

Hierin wurden die e-Potenzen durch die Hyperbelfunktionen ersetzt:

$$\frac{e^{2ex} + e^{-2ex}}{2} = \mathfrak{Cof}\,2ax, \qquad \frac{e^{2ex} - e^{-2ex}}{2} = \mathfrak{Sin}\,2ex.$$

Nun können $(\mathfrak{J}^2)$ und $(\mathfrak{E}^2)$ längs der Leitung integriert werden:

$$\left.\begin{aligned}\int_0^l (\mathfrak{J}^2)\,dx &= \frac{1}{Z^2}\left\{\frac{1}{2a}\left[\frac{1}{2}(E_2^2 + J_2^2 Z^2)\,\mathfrak{Sin}\,2ax + E_2 J_2 Z\cos(\varphi_2 + \xi)(\mathfrak{Cof}\,2ax - 1)\right]\right.\\ &\quad\left. - \frac{1}{2b}\left[\frac{1}{2}(E_2^2 - J_2^2 Z^2)\sin 2bl - E_2 J_2 Z \sin(\varphi_2 + \xi)(1 - \cos 2bl)\right]\right\}\\ &= \frac{1}{Z^2}\left\{\frac{1}{2a} G - \frac{1}{2b} P\right\}\\ \int_0^l (\mathfrak{E}^2)\,dx &= \frac{1}{2a} G + \frac{1}{2b} P.\end{aligned}\right\} \quad (6c)$$

Von den zur Abkürzung eingeführten Ausdrücken G und P für die Werte in den eckigen Klammern wird durch G der gedämpfte, aperiodische, durch P der ungedämpfte, periodische Anteil dargestellt; die Wellenlänge von P ist halb so groß wie die der Strom- und Spannungswellen. Die gesamten Leitungsverluste sind nun

$$V_l = V_1 + V_2 = R\int_0^l (\mathfrak{J}^2)\,dx + A\int_0^l (\mathfrak{E}^2)\,dx = \left(\frac{R}{Z^2} + A\right)\frac{1}{2a} G - \left(\frac{R}{Z^2} - A\right)\frac{1}{2b} P. \quad (7a)$$

Mit Hilfe von Gl. (3b) läßt sich folgende Umformung durchführen:

$$\frac{R}{Z^2} + A = \frac{1}{Z}\left(\frac{R}{Z} + AZ\right) = \sqrt{RA}\left(\sqrt{\frac{\cos\alpha}{\cos\beta}} + \sqrt{\frac{\cos\beta}{\cos\alpha}}\right) = \frac{1}{Z}\, n \cdot 2\cos\nu\cos\xi = \frac{2a}{Z}\cos\xi,$$

analog

$$\frac{R}{Z^2} - A = -\frac{2b}{Z}\sin\xi.$$

Somit ist

$$V_l = \frac{1}{Z}(G\cos\xi + P\sin\xi). \quad \ldots \quad (7b)$$

Es interessieren aber mehr die relativen Verluste, bezogen auf die übertragene Leistung, als welche wir die abgegebene Leistung $\mathfrak{E}_2 \mathfrak{J}_2 \cos\varphi_2$ ansehen wollen. Die relativen Verluste v_l sind also

$$v_l = \frac{1}{\cos\varphi_2}\left[\frac{G}{E_2 J_2 Z}\cos\xi + \frac{P}{E_2 J_2 Z}\sin\xi\right]. \quad (7c)$$

Setzt man für G und P die durch Gl. (6c) definierten Ausdrücke ein, führt die Belastungsimpedanz

$$Z_2 = \frac{E_2}{J_2}$$

ein und faßt die Glieder, die von ihr abhängig sind, zusammen, so erhält man die endgültige Gleichung für die relativen Leistungsverluste:

$$v_l = \frac{1}{\cos\varphi_2}\left\{\frac{1}{2}\left[\mathfrak{Sin}\,2al\cos\xi\left(\frac{Z_2}{Z} + \frac{Z}{Z_2}\right) + \sin 2bl\sin\xi\left(\frac{Z_2}{Z} - \frac{Z}{Z_2}\right)\right] + \left[(\mathfrak{Cof}\,2al - 1)\cos\xi\cos(\varphi_2 + \xi) - (1 - \cos 2bl)\sin\xi\sin(\varphi_2 + \xi)\right]\right\}. \quad (7d)$$

Der Wirkungsgrad der Leitung ergibt sich daraus zu

$$\eta = \frac{1}{1 + v_l}.$$

3. Die optimale Belastung.

Durch partielle Differentiation der Gl. (7d) nach Z_2 bzw. φ_2, die die Belastung bestimmen, und durch Nullsetzung des Differentialquotienten $\frac{\partial v_l}{\partial Z_2}$ bzw. $\frac{\partial v_l}{\partial \varphi_2}$ erhält man die Bedingungen für die optimale Übertragung:

$$Z_{2\,\mathrm{opt}} = Z\sqrt{\frac{\mathfrak{Sin}\,2al\cos\xi - \sin 2bl\sin\xi}{\mathfrak{Sin}\,2al\cos\xi + \sin 2bl\sin\xi}}. \quad (8a)$$

$$v_l \sin\varphi_{2\,\mathrm{opt}} = (\mathfrak{Cof}\,2al - 1)\cos\xi\sin(\varphi_2 + \xi) + (1 - \cos 2bl)\sin\xi\cos(\varphi_{2\,\mathrm{opt}} + \xi). \quad (8b)$$

Aus Gl. (8b), in der $\varphi_{2\,\mathrm{opt}}$ zusammen mit v_l implizit vorkommt, erkennt man, daß das Optimum des Phasenwinkels von der Belastungsimpedanz Z_2 abhängig ist. Dagegen gibt es unabhängig von der Phase eine optimale Belastungsimpedanz Z_2, die durch Gl. (8a) ausgedrückt ist. Sie definiert bei gegebener Verbraucherspannung die optimale Scheinleistung.

Eine Vereinfachung der Gl. (7d) läßt sich erzielen, wenn die Scheinleistung als Vielfaches der optimalen bei gleicher Spannung ausgedrückt wird. Dieses Vielfache, das der Belastungsfaktor c genannt werden soll, läßt sich, da die Scheinleistungen verkehrt proportional den Belastungsimpedanzen sind, ausdrücken durch

$$c = \frac{Z_{2\,\mathrm{opt}}}{Z_2} = \frac{Z}{Z_2}\sqrt{\frac{\mathfrak{Sin}\,2al\cos\xi - \sin 2bl\sin\xi}{\mathfrak{Sin}\,2al\cos\xi + \sin 2bl\sin\xi}}. \quad (9a)$$

Wird daraus Z_2/Z in Gl. (7d) eingesetzt, so geht diese über in

$$v_l = \frac{1}{\cos\varphi_2}\left\{\varrho + (\mathfrak{Cof}\,2al - 1)\cos\xi\cos(\varphi_2 + \xi) - (1 - \cos 2bl)\sin\xi\sin(\varphi_2 + \xi)\right\}, \quad (9b)$$

wenn

$$\varrho = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{Z_2}{Z} + \frac{Z}{Z_2}\right)\mathfrak{Sin}\,2al\cos\xi + \left(\frac{Z_2}{Z} - \frac{Z}{Z_2}\right)\sin 2bl\sin\xi\right],$$

also mit Gl. (9a)

$$\varrho = \frac{1}{2}\left(c + \frac{1}{c}\right)\sqrt{\mathfrak{Sin}^2\,2al\cos^2\xi - \sin^2 bl\sin^2\xi}. \quad (9c)$$

ϱ ändert sich in der Nähe seines Minimums ($c = 1$) nur langsam; für eine Scheinleistung, die das Doppelte oder Halbe der optimalen ist, also für $c = 2$ oder 0,5 ist ϱ erst 25 % größer als sein Minimum. Dieser flache Verlauf des Minimums trifft um so mehr für v_l zu, wenn die Summe des zweiten und dritten Gliedes der geschweiften Klammer in Gl. (9b) mit ϱ gleichsinnig ist; dies tritt in praktischen Fällen fast immer ein. Es kommt also im allgemeinen nicht darauf an, ängstlich die Optimumbedingungen für die Scheinlast einzuhalten; wohl muß betont werden, daß bei zu großer Entfernung von dem optimalen Belastungszustand die Verluste rapid ansteigen. Hier interessieren die Optimalbedingungen in erster Linie deshalb, weil sich von ihnen aus leicht ein Weg zu einem allgemeinen Verlustdiagramm eröffnet.

Digitized by Google

4. Das Diagramm der Leitungsverluste.

Die Belastungsimpedanz Z_2, also auch ϱ, werden vorläufig als gegeben betrachtet; für den optimalen Phasenwinkel schreibt sich dann die mit $\cos\varphi_2$ erweiterte Gl. (9 b) (der Index „opt" ist weggelassen):

$$v_l \cos\varphi_2 = \varrho + (\mathfrak{Cof}\, 2\,a\,l - 1)\cos\xi\cos(\varphi_2+\xi) - (1-\cos 2\,b\,l)\sin\xi\cos(\varphi_2+\xi),$$

wobei φ_2 der Bedingung (8b) unterworfen ist:

$$v_l \sin\varphi_2 = (\mathfrak{Cof}\, 2\,a\,l - 1)\cos\xi\sin(\varphi_2+\xi) + (1-\cos 2\,b\,l)\sin\xi\cos(\varphi_2+\xi).$$

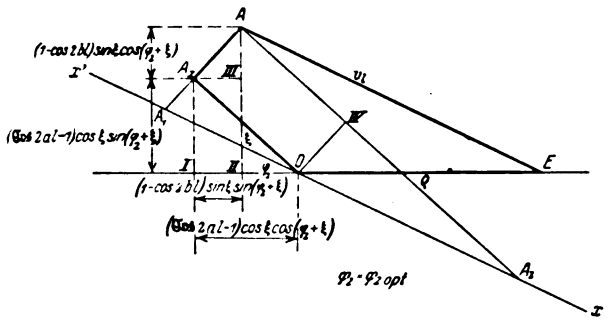


Abb. 1. Zusammensetzung des Verlustdiagramms für den optimalen Phasenwinkel.

Diese Gleichungen legen die Darstellung von v_l nach Art eines Vektors mit der Phase φ_2 gegen die Achse nahe; die Komponenten in der Achse und normal zu ihr sind durch die rechten Seiten der beiden Gleichungen bestimmt. Auf diese Weise kommt in Abb. 1 der Linienzug $E\,O\,I\,II\,III\,A$ zustande und die Indentität der Stücke AE mit v_l und des Winkels AEO mit φ_2 ist aus der Abb. 1 ohne weiteres abzulesen. Die Verluste $v_l = AE$ für einen Fall wirklich finden zu können, hindert noch die Abhängigkeit der Teilstrecken des erwähnten Linienzuges von φ_2, welcher Winkel im voraus nicht bekannt ist. Von φ_2 unabhängig wird die Hypotenuse des rechtwinkligen Dreiecks OIA_x

$$OA_x = \sqrt{[(\mathfrak{Cof}\, 2\,a\,l-1)\cos\xi\cos(\varphi_2+\xi)]^2 + [(\mathfrak{Cof}\, 2\,a\,l-1)\cos\xi\sin(\varphi_2+\xi)]^2} = (\mathfrak{Cof}\, 2\,a\,l - 1)\cos\xi$$

und die des rechtwinkligen Dreiecks $AIIIA_x$

$$AA_x = \sqrt{[(1-\cos 2\,b\,l)\sin\xi\cos(\varphi_2+\xi)]^2 + [(1-\cos 2\,b\,l)\sin\xi\cos(\varphi_2+\xi)]^2} = (1-\cos 2\,b\,l)\sin\xi.$$

Außerdem zeigt es sich, daß

$$\sphericalangle A_x OI = \varphi_2 + \xi, \text{ denn } \operatorname{tg} A_x OI = \frac{A_x I}{IO} = \operatorname{tg}(\varphi_2+\xi)$$

und analog

$$\sphericalangle A_x III = \varphi_2 + \xi, \text{ denn } \operatorname{tg} A_x III = \frac{A_x III}{IIIA} = \operatorname{tg}(\varphi_2+\xi),$$

woraus noch folgt, daß $A\,I_x$ normal zu $O\,I_x$ steht. Teilt man nun den Winkel A_xOI durch die Achse xx' in seine Teile ξ und ψ, so erkennt man, daß xx' zur Strecke $AE = v_l$ parallel ist. Verlängert man noch AA_x und zieht durch A die Parallele OA_x, so schneiden diese zwei Geraden auf der Achse xx' die Strecken ab:

$$O\,I_1 = OA_x/\cos\xi = \mathfrak{Cof}\, 2\,a\,l - 1$$

$$O\,I_2 = OIV/\sin\xi = AA_x/\sin\xi = 1 - \cos 2\,b\,l.$$

So eignet sich die Achse xx' als Ausgang für das gesuchte Verlustdiagramm. Dieses ist in Abb. 2 gezeichnet; zum Vergleich denke man sich Abb. 1 um φ_2 gegen den Uhrzeiger gedreht. Es wird in Abb. 2 vom Nullpunkt O auf xx' $OA_1 = \mathfrak{Cof}\, 2\,a\,l - 1$, $OA_2 = 1 - \cos 2\,b\,l$ und mit O als Scheitel der Winkel $zOx' = \xi$ (Oz ist identisch mit OA_x in Abb. 1) aufgetragen. Zieht man nun durch A_1 eine Normale, durch A_2 eine Parallele zu Oz, so ergibt sich deren Schnittpunkt A, der Anfangspunkt des „v_l-Maßstabes". Dieser selbst (AE in Abb. 1) ist parallel zur Achse xx'. Für eine bestimmte Scheinbelastung ergibt sich nach einem noch zu schildernden Verfahren ϱ. Ein Kreis mit ϱ um O gezogen, der „Scheinleistungskreis", schneidet auf dem v_l-Maßstab die relativen Verluste AE ab, die beim optimalen Phasenwinkel auftreten. Dieser selbst ist im Winkel AEO oder als Wechselwinkel noch besser durch die Neigung des Strahles OE gegen die xx'-Achse dargestellt.

Nun interessieren auch die Verluste bei einem beliebigen Phasenwinkel. Für einen solchen schreiben wir Gl. (9 b) in der Form

$$v_l = \frac{\varrho}{\cos\varphi_2} + (\mathfrak{Cof}\, 2\,a\,l - 1)\cos\xi\frac{\cos(\varphi_2+\xi)}{\cos\varphi_2} - (1-\cos 2\,b\,l)\sin\xi\frac{\sin(\varphi_2+\xi)}{\cos\varphi_2}$$

$$= \frac{OT}{\cos\varphi_2} + OA_x\frac{\cos(\varphi_2+\xi)}{\cos\varphi_2} - A_xA\frac{\sin(\varphi_2+\xi)}{\cos\varphi_2}.$$

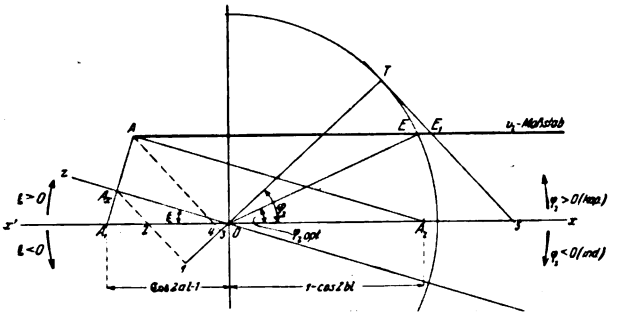


Abb. 2. Konstruktion des Verlustmaßstabes.

Wenn OT der unter dem Winkel φ_2 aufgetragene Radius ϱ des Scheinleistungskreises ist, dann schneidet die Tangente $T5$ an den Scheinleistungskreis auf der Achse Ox das Stück

$$\overline{O5} = \overline{OT}/\cos\varphi_2$$

ab. Fällt man von A und A_x Lote auf die Richtung φ_2 (OT), so schneiden diese auf Ox' die Strecken ab

$$\overline{O2} = \frac{\overline{OI}}{\cos\varphi_2} = OA_x\frac{\cos(\varphi_2+\xi)}{\cos\varphi_2}$$

$$\overline{24} = \frac{\overline{I3}}{\cos\varphi_2} = A_xA\frac{\sin(\varphi_2+\xi)}{\cos\varphi_2}.$$

Es zeigt sich also, daß $\overline{54} = \overline{O5} + \overline{O2} - \overline{24}$ die Größe von v_l angibt, mithin auch AE_1, wenn E_1 der Schnittpunkt des v_l-Maßstabes mit der Tangente in T an den Scheinleistungskreis ist. Die allgemeine Bestimmung der relativen Leitungsverluste bei gegebener Scheinleistung, also auch gegebenem Scheinleistungskreis, läßt sich in die einfache Regel zusammenfassen:

Zieht man unter dem Winkel φ_2 einen Radius des Scheinleistungskreises, so schneidet die ihm entsprechende Tangente auf dem v_l-Maßstab die relativen Leitungsverluste v_l ab.

Es bleibt nur noch die Aufgabe übrig, zu einer gegebenen Scheinleistung den Radius des Scheinleistungskreises ϱ zu finden. Der minimale Wert von ϱ ist durch Gl. (9 b) für $c = 1$ zu finden,

$$\varrho_{min} = \sqrt{(\mathfrak{Sin}\, 2\,a\,l\cos\xi)^2 - (\sin 2\,b\,l\sin\xi)^2}$$

und die dazugehörige Scheinleistung aus Gl. (9 c)

$$S_{2opt} = \frac{E_2}{Z_{2opt}} = \frac{E_2}{Z}\sqrt{\frac{\mathfrak{Sin}\, 2\,a\,l\cos\xi + \sin 2\,b\,l\sin\xi}{\mathfrak{Sin}\, 2\,a\,l\cos\xi - \sin 2\,b\,l\sin\xi}}.$$

Die in diesen Gleichungen vorkommenden Größen $\mathfrak{Sin}\, 2\,a\,l\cos\xi$ und $\sin 2\,b\,l\sin\xi$ konstruiert man (s. Abb. 3), indem man auf der xx'-Achse in der einen Richtung $OB_1 = \mathfrak{Sin}\, 2\,a\,l$, in der anderen $OB_2 = \sin 2\,b\,l$ aufträgt und durch den Endpunkt B_1 eine Senkrechte, durch B_2 eine Parallele zur Richtung ξ zieht; dann ist $OB_x = \mathfrak{Sin}\, a\,l\cos\xi$, $B_xB = \sin 2\,a\,l\sin\xi$. Aus diesen Größen wird das rechtwinklige „Leistungs"-Dreieck OCD mit der Hypotenuse $OC = OB_x$ und der vertikalen Kathete $CD = BB_x$ gebildet. Nach vorstehender Gleichung ist dann die horizontale Kathete OD der kleinstmögliche Radius ϱ_{min} des Scheinleistungskreises.

Digitized by Google

Die Gleichung für $S_{2\,opt}$ kann auch geschrieben werden

$$S_{2\,opt} = \frac{E^2}{Z}\sqrt{\frac{1+\frac{\sin 2bl\sin\xi}{\mathfrak{Sin}\,2al\cos\xi}}{1-\frac{\sin 2bl\sin\xi}{\mathfrak{Sin}\,2al\cos\xi}}} = \frac{E^2}{Z}\sqrt{\frac{1+\frac{CD}{OC}}{1-\frac{CD}{OC}}}.$$

CD/OC ist aber der Cosinus des Winkels σ an der Spitze des Leistungsdreiecks und die optimale Scheinleistung wird hiermit

$$S_{2\,opt} = \frac{E^2}{Z}\sqrt{\frac{1+\cos\sigma}{1-\cos\sigma}} = \frac{E^2}{Z}\operatorname{ctg}\frac{\sigma}{2}.$$

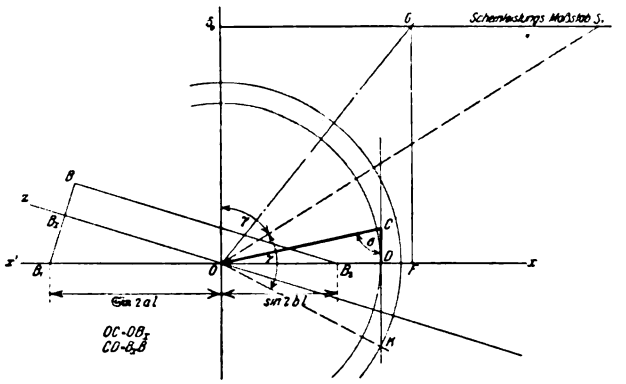


Abb. 3. Konstruktion des Scheinleistungskreises.

Dies wird konstruiert, indem die Winkelsymmetrale OG zwischen OC und der positiven Ordinatenachse gezogen wird. Sie ist unter $\pi/2 - \sigma/2$ geneigt. Trägt man nun $OF = E^2/Z$ als Abszisse auf, so ist die zugehörige Ordinate der Winkelsymmetrale

$$GF = \overline{OF}\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\sigma}{2}\right) = \frac{E^2}{Z}\operatorname{ctg}\frac{\sigma}{2},$$

also die optimale Scheinleistung $S_{2\,opt}$.

Faßt man den Belastungsfaktor c als die Tangente eines von der positiven Ordinatenachse abgetragenen Winkels γ auf, so schneidet dessen Schenkel OS_1 auf der durch G gezogenen Horizontale die Strecke

$$S_0S_1 = \overline{GF}\operatorname{tg}\gamma = S_{2\,opt}\,c,$$

also die zu c gehörige Scheinleistung ab. Diese Horizontale kann also zu einem Scheinleistungs-Maßstab gemacht werden, für den dieselbe Einheit gilt, die der Auftragung des Wertes E^2/Z in der Strecke OF zugrunde liegt. Der zur Scheinleistung S_0S_1 gehörige Radius ϱ des Scheinleistungskreises ist

$$\varrho = \frac{1}{2}\left(c + \frac{1}{c}\right)\varrho_{min} = \frac{1}{2}\left(\operatorname{tg}\gamma + \frac{1}{\operatorname{tg}\gamma}\right)\varrho_{min} = \frac{\varrho_{min}}{\sin 2\gamma}.$$

Verdoppelt man also den Winkel γ in S_0OK, so erscheint auch bei OKD der Winkel 2γ und es ist also

$$\overline{OK} = \frac{OD}{\sin 2\gamma} = \frac{\varrho_{min}}{\sin 2\gamma}$$

der gesuchte Radius des Scheinleistungskreises.

Den Scheinleistungskreis zu einer bestimmten Scheinleistung S_0S_1 findet man, indem man den Strahl von O durch S_1 nochmals um seinen Winkel gegen die positive Ordinatenachse dreht; der Schnittpunkt dieses gedrehten Strahles mit der durch die vertikale Kathete des Leistungsdreiecks gelegten Geraden ist ein Punkt des Scheinleistungskreises.

B_2B kann auch negativ werden, was sich in Diagrammen dadurch zeigt, daß B auf die andere Seite der Geraden Oz zu liegen kommt. Dann ist das Leistungsdreieck OCD mit der Spitze C nach unten zu zeichnen, während im übrigen alles so durchgeführt wird wie in Abb. 3.

Beispiel. Die gewonnenen Resultate sollen an einem Beispiel rekapituliert werden. Es werde dazu eine Leitung von der Bauart der Leitung Goldenbergwerk—Mannheim gewählt, für die jedoch die Länge $l = 1000$ km angenommen wird. Die kilometrischen Leitungskonstanten dieser Drehstrom-Doppelleitung mit Kupferhohlseil von 42 mm Außendurchmesser und 6 mm Wandstärke sind je Leiter

$$R = 0{,}045\,\Omega/km,\quad A = 10^{-7}\,S/km\ (angenommen),$$
$$L = 1{,}28\cdot10^{-3}\,H/km,\quad C = 9{,}5\cdot10^{-9}\,F/km^{*3}.$$

Der Betrieb erfolgt mit 50 Hz und einer Netzspannung am Ende von $E_2 = 220$ kV. Wir erhalten nach Gl. (4 b) und (5 a) mit (5 b)

$$K = 0{,}548,\qquad o = 16{,}37.$$

Mit Gl. (3 a) und (3 b) ergeben sich

$$a = 7{,}94\cdot10^{-5},\quad b = 1{,}097\cdot10^{-3},\quad Z = 368\,\Omega,\quad \xi = -2°\,14'$$

und daraus für die Leitungslänge $l = 1000$ km die Konstanten des Diagramms

$$\mathfrak{Sin}\,2al = 0{,}159 \qquad \sin 2bl = 0{,}883$$
$$\mathfrak{Cos}\,2al - 1 = 0{,}012 \qquad 1 - \cos 2bl = 1{,}469,$$

woraus sich bereits, wie in Abb. 4 geschehen, Verlustmaßstab (Nullpunkt A) und Leistungsdreieck OCD konstruieren lassen. (Da z. B. $1 - \cos 2bl = 1{,}469$ im gewählten Maßstab nicht mehr auf die Zeichenfläche geht, wurde $O(A_2) = (1 - \cos 2bl)/4$ aufgetragen und dann A_xA zu A_xA vervierfacht. Analog wurde bei $\sin 2bl$ verfahren.) Wird nun $OF = 2E_2^2/Z = 264\,000$ kVA (auf die Gesamtleistung der Drehstrom-Doppelleitung bezogen) gemacht, so gehört zu dieser Abszisse auf der Winkelsymmetrale zwischen OC und der positiven Ordinatenachse der Punkt G, der den parallel zur Abszissenachse verlaufenden Scheinleistungs-Maßstab bestimmt; dieser ist in der Einheit zu teilen, die für OF gewählt wurde.

Der optimale Betriebsfall ist durch den Schnittpunkt E des Scheinleistungskreises vom minimalen Radius OD mit dem Verlustmaßstab gegeben. Hierbei wird eine Scheinleistung (Abschnitt des unter 45° geneigten Strahles durch O auf dem Scheinleistungs-Maßstab) von 207 000 kVA bei einem Phasenwinkel (EOx) von 21° induktiv übertragen.

Es werden anderseits z. B. die Verluste gesucht, die auftreten, wenn eine Scheinleistung von 500 000 kVA bei einem induktiven $\cos\varphi_2$ von 0,75 übertragen werden soll. Der zum Punkt 500 000 kVA gehörige Strahl durch O wird nochmals um seinen Winkel gegen die positive Ordinatenachse gedreht; der so erhaltene Strahl ergibt mit der Verlängerung von DC den Punkt K. Durch K geht der zur Scheinleistung 500 000 kVA gehörige Scheinleistungskreis. Seine einem $\cos\varphi_2 = 0{,}75$ induktiv entsprechende Tangente (in T) schneidet auf der Verlustgeraden den Leitungsverlust von 25 % ab. Der Wirkungsgrad dieser Übertragung ist also $100/(100 + 25) = 80$ %. Die gleichen Verluste treten bei Übertragung einer Scheinleistung auf, die im selben Verhältnis unter der optimalen liegt wie 500 000 kVA über ihr, also bei $207\,000 \cdot (207\,000/500\,000) = 85\,500$ kVA, wenn die Phasenwinkel gleich sind.

In Abb. 4 sind über dem Verlustmaßstab als Abszisse die zugehörigen übertragenen Wirkleistungen als Ordinaten aufgetragen, u. zw. bei $\cos\varphi_2 = 0{,}75$, welcher dem Leistungsfaktor des Abnehmers entspreche. Es muß darauf hingewiesen werden, daß der bisher definierte $\varphi_{2\,opt}$ im allgemeinen nicht jenen Phasenwinkel darstellt, bei dem eine gegebene Wirkleistung, sondern eben wie vorausgesetzt eine gegebene Scheinleistung optimal übertragen wird. Diese beiden Optima decken sich nur in dem Falle, daß auch die Scheinleistung optimal ist, also für den Belastungspunkt E. Sonst findet man den günstigsten Phasenwinkel zu einer gegebenen Wirkleistung auf folgende Weise: Man kann leicht zu verschiedenen Phasenwinkeln φ_2 die zur gegebenen Wirkleistung gehörige Scheinleistung und dann die Radien ϱ der Scheinleistungskreise konstruieren. Diese unter den Winkeln φ_2 aufgetragen, ergeben die Kurven $\varrho = f(\varphi_2)$ in Polarkoordinaten, von denen die durch den Optimalpunkt E gehende, die zu 400 000 und die zu 500 000 kW gehörigen punktiert eingezeichnet sind. Man sieht leicht ein, daß ein Kreis durch O, die Kurve $\varrho = f(\varphi_2)$ berührend und mit dem Mittelpunkt auf der Mittellinie m zwischen dem v_l-Maßstab und der xx'-Achse die gesuchte Lösung gibt: nämlich in der Neigung des Radiusvektors ϱ zum Berührungspunkt X zwischen besagtem Kreis und der Kurve $\varrho = f(\varphi_2)$ den günstigsten Phasenwinkel φ_2 und im Schnittpunkt Y des Kreises mit dem v_l-Maßstab die Leitungsverluste. Dieses Verfahren kann aber bei praktisch genügender Genauigkeit sehr vereinfacht werden. Die Kurve $\varrho = f(\varphi_2)$ ist nämlich für Belastungen, die einigermaßen über den optimalen liegen, im maßgebenden Teil fast eine Senkrechte auf die xx'-Achse, daher fällt der Berührungspunkt X auf die Mittellinie m. Für die günstigste Übertragung von großen

*3 R, L, C sind der Arbeit „Energieübertragung auf große Entfernungen" von G. Markt, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 605, entnommen

Digitized by Google

Wirkleistungen verlaufen die Endpunkte der maßgebenden Radiusvektoren auf der Mittellinie m und biegen erst nahe der Optimalleistung gegen E zu ab (strichpunktiert); es genügt für die praktische Genauigkeit, dieses letzte Kurvenstück nach dem Gefühl zu zeichnen. Für Leistungen kleiner als die optimale muß allerdings die genaue

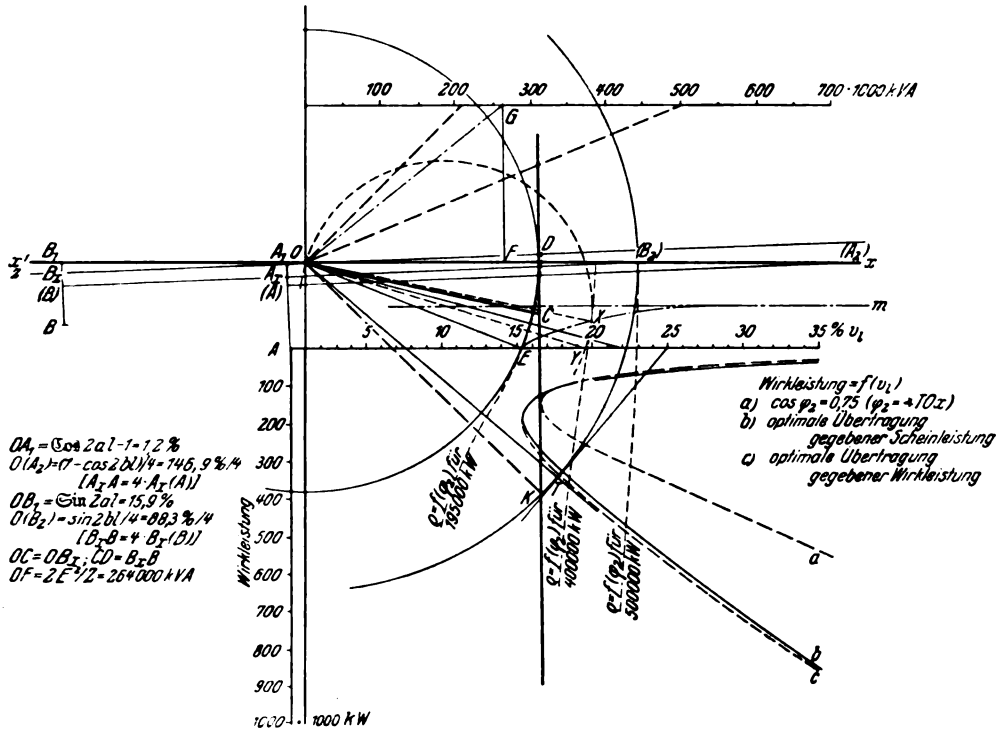


Abb. 4. Verlustdiagramm für eine 1000 km lange Doppel-Dreiphasenstrom-Leitung bei 220 kV, 50 Hz.

Konstruktion angewendet werden, weil hier $\varrho = f(\varphi_2)$ schon stärker gekrümmt ist; doch interessiert meist dieser Belastungsbereich weniger. Abb. 4 enthält zum Vergleich die Kurven günstigster Schein- und Wirkleistungsübertragung (b und c).

Das Diagramm zeigt deutlich, daß die Übertragungsfähigkeit einer Leitung nicht, wie man etwa von vornherein annehmen könnte, mit der Leitungslänge dauernd abnimmt. Als Übertragungsfähigkeit kann die jeweils beim besten Wirkungsgrad übertragene Leistung angesehen werden, also die Strecke FG im Leistungsmaßstab gemessen. OG ist die Winkelsymmetrale zwischen OC und der positiven Ordinatenachse. Aus der Bedeutung von OC und CD erkennt man, daß OC mit einer Periode von π/b [km] und mit abnehmender Amplitude um Ox pendelt, daher OC um die unter 45° geneigte Gerade. Es wird also für das der Abb. 4 zugrunde liegende Beispiel die Übertragungsfähigkeit zwischen $\frac{1}{2}\pi/b$ = 1430 km und π/b = 2860 km größer als für Längen unter 1430 km (natürlich bei schlechterem Wirkungsgrad). Für sehr große Längen fällt OG mit der 45°-Geraden zusammen, so daß die Übertragungsfähigkeit E^2/Z wird. Bei wachsender Länge pendelt die Übertragungsfähigkeit mit abnehmender Amplitude um diesen letztgenannten Wert.

Das abgeleitete Diagramm, das in einfacher Weise die Leitungsverluste in Abhängigkeit von den übertragenen Wirk- und Blindleistungen abzulesen gestattet, stellt einen wichtigen Behelf zur Beurteilung von Fragen der Fernübertragung elektrischer Energie dar. Mit seiner Hilfe sollen in einer anderen Arbeit einige Möglichkeiten solcher Übertragungen besprochen werden.

Bau von Motorschutzschaltern mit Rücksicht auf Motorschutz und Kurzschlußschutz.

Von Dr. **Alfred Cohn**, Berlin.

(Schluß von S. 238.)

II. Motorschutzschalter Form MSB 25, 60 und 100.

1. Allgemeines.

Die Motorschutzschalter MSB 25, 60 und 100 der AEG sind auf Grund der hier aufgestellten Forderungen entwickelt worden. Ihre Nennspannung beträgt 500 bzw. 550 V Dreh-, Wechsel- und Gleichstrom. Sie sind ausgerüstet mit direkt auf das Klinkenschloß arbeitenden Wärmeauslösern in zwei, bei MSB 60 und 100 wahlweise drei Polen und unverzögerten, direkt wirkenden magnetischen Auslösern in drei Polen (für Drehstrom); sie können wahlweise mit Unterspannungsauslösung, MSB 60 und 100 auch mit ein oder zwei Signal- und Sperrkontakten und Fehlerstrom-Auslösern nach Heinisch-Riedl versehen werden. Abb. 10 zeigt einen MSB 25 mit zwei Wärmeauslösern, drei magnetischen und einem Unterspannungsauslöser. Derselbe Schalter ist in Abb. 11 in

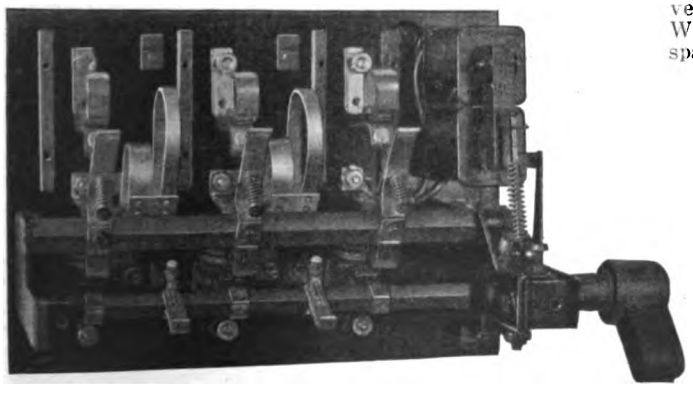


Abb. 10. Motorschutzschalter MSB 25 nach Abnahme der Funkenkammer und der Blechschutzkappe.

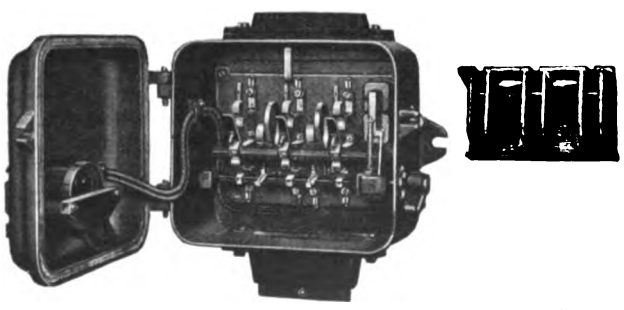


Abb. 11. Motorschutzschalter AMSB 25 in Gußgehäuse mit herausgenommener Funkenkammer.

Digitized by Google

gußgekapselter Ausführung mit herausgenommenem Funkenkamin dargestellt. Der in Abb. 12 wiedergegebene MSB 60 besitzt alle genannten Zusatzeinrichtungen.

In schematischer Seitenansicht sind die Schalter in Abb. 14 und 15 dargestellt. Der Schalter für 25 A (Abb. 14) hat Hauptkontaktstücke *h* und *i* aus Feinsilber und Abreißstücke *a* und *b* aus Kupfer und Messing. Der Wärmeauslöser *k* biegt sich bei Stromdurchgang auf und drückt auf den auf der Auslösewelle *o* befestigten Auslösestift *l*. Bei einer Temperatur, die der Auslöse-Grenzerwärmung entspricht, löst der Schalter durch die Drehung der Auslösewelle aus. Der Auslösestift läßt sich so ver-

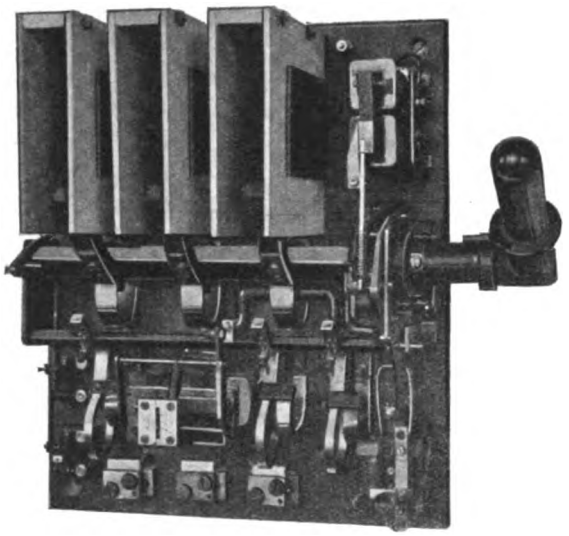


Abb. 12. Motorschutzschalter MSB 60 mit 3 thermischen, 3 magnetischen und Unterspannungsauslöser, 2 Hilfskontakten sowie Fehlerstromauslöser nach Heinisch-Riedl.

stellen, daß sein Ende jeweils auf der Skala *e* den Nennstrom des zu schützenden Motors anzeigt. Der Anker *q* des magnetischen Auslösers *p* besitzt eine Rückzugfeder *s*, deren Spannung durch Einhängen in verschiedene Aufhängelöcher geändert werden kann, je nachdem ob ein Kurzschlußmotor oder ein Schleifring- oder Gleichstrommotor zu schützen ist. Der Funkenkamin *w* besteht aus fünf Einzelkammern, die Überschläge mit Sicherheit verhindern.

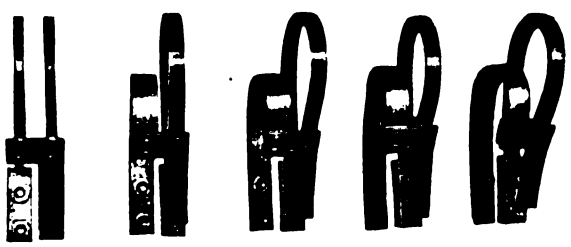


Abb. 13. Wärmeauslöser für 10 ... 100 A.

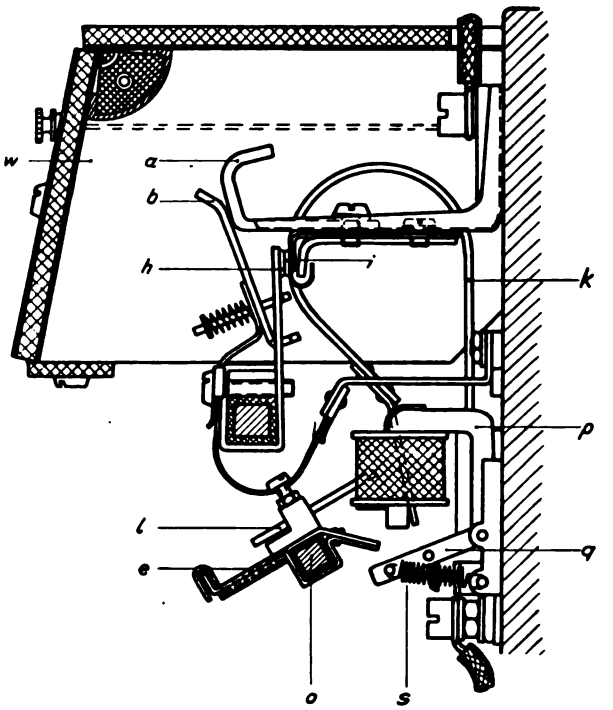
Der MSB 60 (Abb. 15) hat Bürsten-Hauptkontakte *b* und sehr kräftige Abreißkontakte *a*. Zwischen den oberen Anschlußklemmen des Netzes *l* und den Kontakten sind Reihenblasspulen *s* eingeschaltet. Die Wärmeauslöser *g* sind unterhalb der Kontakte angebracht; die Anordnung der Auslösewelle *e* mit dem Auslösestift *t* und der Skala *k* ist ähnlich wie beim MSB 25. Der magnetische Auslöser *c* ist mit Rücksicht auf die hauptsächliche Verwendung für Drehstrom dreischenklig ausgebildet. Jeder Pol enthält eine Funkenkammer *d*, die nach der Grundplatte zu durch eine Wand *m* und nach oben zu durch eine Wand *n* abgedeckt ist. Der Aufbau des MSB 100 ist grundsätzlich der gleiche.

2. Wärmeauslöser.

Die Wärmeauslöser bestehen aus direkt vom Strom durchflossenen Bimetall-Elementen (Abb. 13), die durch Biegung von 2 mm starken Streifen etwa in Form eines Dreiviertelkreises mit verlängerten Enden hergestellt werden. Es werden je nach der Nennnstromstärke zwei verschiedene Bimetallsorten verwendet. Die Elemente sind abgestuft nach folgender Auslöser-Nennstromreihe:

10 (... 16) A	MSB 25	MSB 60
16 (... 25) A		
25 (... 40) A		
40 (... 64) A		MSB 100.
64 (...100) A		

Der Wärmeauslöser für 10(... 16) A besteht aus zwei in Reihe geschalteten schmalen Streifen gleicher Form. Sie sind wie alle Wärmeauslöser in das Anschlußstück aus Messing mit hochschmelzendem Lot eingelötet und durch die Frontplatte am vorderen Ende miteinander verbunden. Die Wärmeelemente für 16 (... 25) und 25 (... 40) A bestehen aus einfachen Bimetallstreifen von derselben Biegungsform, das Element für 40 (... 64) A aus zwei ineinander ge-



a, *b*	Abreißer	*o*	Auslösewelle
e	Skala	*p*	Kurzschlußauslöser
h, *i*	Hauptkontakte (Feinsilber)	*q*	Anker
k	Wärmeauslöser	*s*	Rückzugfeder
l	Einstellstift	*w*	Funkenkammer

Abb. 14. Schematische Seitenansicht des Motorschutzschalters MSB 25.

legten Bimetallstreifen, das für 64 (... 100) A aus zwei ebensolchen mit einer Zwischenlage aus dünnen Kupferbändern. Die Zeitkonstante der Wärmeelemente beträgt 2½ ... 3 min. Die Auslöse-Grenzerwärmung liegt zwischen 60 und 150 °. Die Streifen, die künstlich gealtert sind, vertragen Temperaturen von 400 ... 500 ° ohne Schaden zu nehmen und ohne Änderung ihrer Einstellung.

Die Überstrom-Zeitcharakteristik für 40 (... 64) A zeigt Abb. 16. Auf gute Anpassung an die Erwärmungsverhältnisse der Motoren ist besonderer Wert gelegt worden. Die Wärmeauslöser sind auch für häufige Wiederholung schwerer Anlaufvorgänge geeignet. Der Wattverbrauch ist trotz der relativ hohen Zeitkonstante von 20 A an geringer als der von Patronensicherungen. Die Wärmeauslöser sind in hohem Grade kurzschlußfest (vgl. Abschnitt II 4).

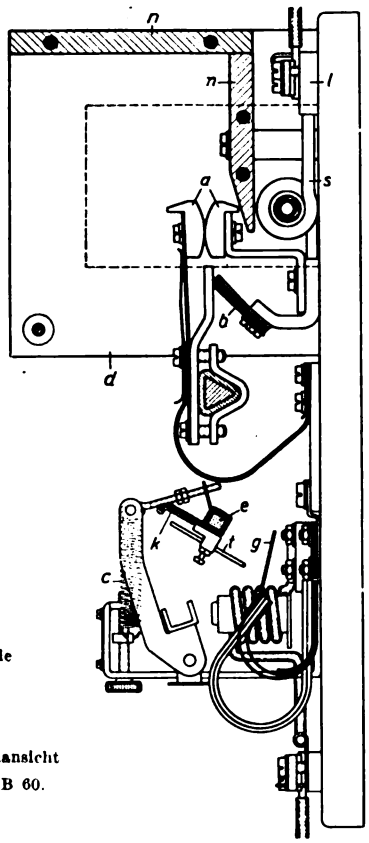
3. Magnetische Schnellauslöser.

Die magnetischen Auslöser des MSB 25 bestehen aus je einem in jedem Pol liegenden Kurzschlußmagneten. Die magnetische Auslösung der Schalter für 60 und 100 A ist (für Drehstrom) dreiphasig ausgebildet. Der dreischenklige Kurzschlußmagnet *a* mit dem Anker *b* (Abb. 17) besitzt zwei Einstellskalen *i*, eine für Anlaßmotoren und eine zweite für Kurzschlußmotoren. Die erstere ist einstellbar vom 3 ... 6fachen des Auslöser-Nennstromes, die letztere vom 7 ... 15fachen. Die Einstellung innerhalb der beiden

Digitized by Google

Einstellbereiche geschieht durch Spannen der Ankerrückzugfeder *c*. Jedem der beiden Bereiche ist ein Ankerluftspalt x_1, x_2 zugeordnet. Zwecks Übergang von dem einen Einstellbereich zum anderen wird mittels der Schrauben *h* der Winkel *d* gelöst, der die nicht gültige Skala verdeckt und Anschlagschrauben *e*, *f* für die Einstellung des Luftspaltes trägt, und auf die andere Skalenseite aufgeschraubt, so daß nunmehr diese verdeckt und die erste frei wird. Gleichzeitig wird damit der zugehörige Luftspalt festgelegt.

Durch die Dreiphasigkeit ist ein unverzögert wirkender Schutz gegen zwei- und dreiphasigen Kurzschluß sowie gegen Erdschluß jeder Phase erreicht. Die empfindlichere Einstellung für Schleifringmotoren bewirkt, daß der Schalter beim Einschalten eines Schleifringmotors bei kurzgeschlossenem Anlasser sofort auslöst. Die unverzögerte Auslösung kann natürlich, wenn erwünscht, gesperrt werden, z. B. wenn der Schalter in Anlagen, wo seine Abschaltleistung überschritten ist, bei Kurzschluß nicht auslösen soll, sondern ein stärkerer Schalter vorgeschaltet ist. In solchen Fällen ist das unter I, 7 Gesagte zu beachten. Die Auslöseströme bei einphasigem, zwei- und dreiphasigem Kurzschluß bzw. Erdschluß verhalten sich etwa wie 2 : 1,4 : 1.



a Abreißer
b Bürstenkontakt
c Kurzschlußauslöser
d Funkenkammer
e Auslösewelle
g Wärmeauslöser
k Skala
Netzanschlußklemme
m, *n* Funkenkammerwände
s Blasspule
t Auslösestift

Abb. 15. Schematische Seitenansicht des Motorschutzschalters MSB 60.

1. Schaltleistung und Kurzschlußfestigkeit.

Der MSB 25 ist für Anlagen mit nicht allzu hohen Kurzschlußstromstärken gedacht. Er genügt der Gruppe II der R.E.S., d. h. er schaltet, oszillographisch gemessen, 1500 A bei 500 V induktionsfrei und den entsprechenden induktiven Abschaltstrom mit Sicherheit ab (Abb. 18). Er ist also je nach der Stromstärke (10 ... 25 A) bis zum 150 ... 60fachen des Nennstromes kurzschlußsicher.

Die Schaltleistung der MSB 60 und 100 mit Wärmeauslösern von 25 A an übertrifft die der Gruppe III der R.E.S. bei 550 V Betriebspannung (gefordert bei 605 V Prüfspannung: 750 A induktiv, 5000 A induktionsfrei). Die induktionsfreie Schaltleistung ist erheblich höher als die in Gruppe III verlangte, desgleichen der induktive Abschaltstrom bei Spannungen unter 550 V. Durch starken Kontaktdruck und hohe Rückzugkräfte ist ein Schweißen der Kontaktstücke unmöglich gemacht. Die Eigenzeit beträgt dank der direkt wirkenden magnetischen Auslösung bei Kurzschluß nur ungefähr eine Halbperiode, die Gesamtabschaltzeit, da die Lichtbogenzeit im Maximum auch eine Halbperiode beträgt, höchstens zwei Halbperioden (Abb. 19).

Die hohe Schaltleistung ist unter anderem erreicht worden durch die Form der Funkenkammern (Abb. 11 u. 12). Jeder Pol ist von einer Funkenkammer eingeschlossen, u. zw. sind diese so ausgebildet, daß sie die oberen Anschlußklemmen (Netz) nach beiden Seiten und bei MSB 60 und 100 auch nach vorn zu abdecken. Außerdem sind die Funkenkammern nach oben zu geschlossen. Der Lichtbogen selbst und die von ihm erzeugten Gase können daher nur auf großen Umwegen an die ankommenden Klemmen gelangen. Die auf vier Seiten geschlossene und verhältnismäßig eng gehaltene Funkenkammer bietet dem Lichtbogen starke Kühl- und Entionisierungsmöglichkeiten.

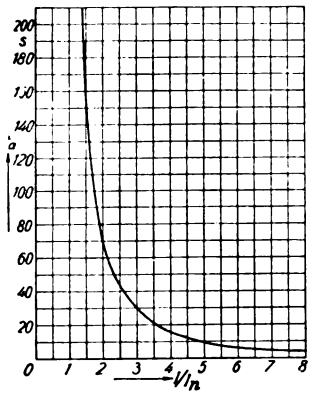
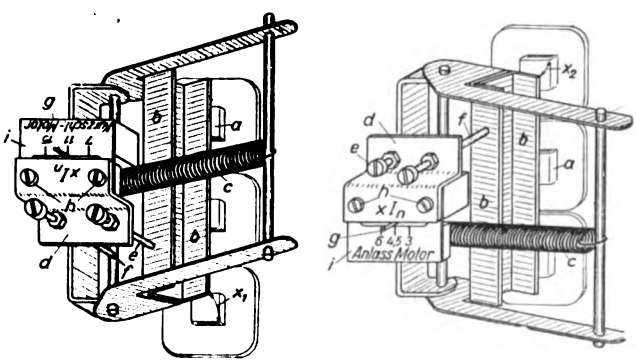


Abb. 16. Überstrom-Zeitcharakteristik des Wärmeauslösers 40 (... 64) A.

Die Abb. 20 ... 23 zeigen die günstige Wirkung dieser Funkenkammern, u. zw. zeigt Abb. 20 die Funkenkammer des MSB 25 nach Abnahme der oberen Abdeckung des vorderen Pols. Hierbei ist die äußere Seitenwand der Kammer durch durchsichtiges Material ersetzt worden, so daß der Lichtbogen in seiner ganzen Ausdehnung sichtbar wird. Man erkennt, daß der Lichtbogen weit über die obere Kante der Funkenkammer hinausschlägt. Die abgeschaltete induktive Leistung liegt hierbei etwa 40 % höher als die der Gruppe II der R.E.S., die für den Schalter garantiert wird.

Bei offenen Kaminen, vor allem dann, wenn der Raum oberhalb der Abreißkontakte und die Höhe der Kamine nicht allzu groß sind, besteht, wie man aus diesem Bilde erkennt, die Gefahr, daß die hochionisierten Lichtbogengase zwischen die Anschlußklemmen des Netzes gelangen und zwischen diesen Polfeuer einleiten, wobei meistens der Schalter zerstört wird. Bei den im Lichtbild festgehaltenen Versuchen wäre mit Bestimmtheit Polfeuer eingetreten, wenn nicht die anderen Netzanschlußklemmen sorgfältig abgedeckt gewesen wären. Bei den MSB-Schaltern ist die Überbrückung spannungführender Teile durch Lichtbogengase durch die obere Abdeckung der Funkenkammer vermieden. Die glühenden Gase, die in Abb. 20 über den oberen Rand hinausschießen, werden durch die Abdeckung am Herausschlagen gehindert und gezwungen, sich in dem hinteren Teil der Funkenkammer auszubreiten, wo sie keinen Schaden anrichten können. Außerdem werden durch das Auftreffen dieser Gase auf die kalten Wände der schmalen Funkenkammer die Ionen zur schnellsten Wiedervereinigung gezwungen, die Gase also sehr schnell entionisiert und damit ihrer Gefährlichkeit beraubt. Ein seitliches Heraustreten von Gasen ist durch auf der Grundplatte befestigte Geax-Leisten verhindert, die ähnlich wie eine Labyrinthdichtung wirken. Wie Abb. 21 erkennen läßt, dringen selbst bei diesem starken Lichtbogen keine Gase aus der Funkenkammer heraus.



a Magnetkern
b Anker
c Rückzugfeder
d Winkel zum Umschrauben
e, *f* Anschlagschrauben
g Zeiger
h Befestigungsschrauben
i Skalen
x_1, x_2 Luftspalte

Abb. 17. Dreiphasiger Schnellauslöser des MSB 60, links in Einstellung für Kurzschlußmotoren, rechts für Anlaßmotoren.

Die entsprechenden Bilder für MSB 60 zeigen Abb. 22 u. 23. Hier ist die Funkenkammer noch weiter in der Weise vervollkommnet (vgl. Abb. 12 u. 15), daß nicht einmal die Netzanschlußklemmen der zugehörigen Pole vom Lichtbogen getroffen werden. Die Funkenkammer ist außer der oberen Abdeckung *n* (Abb. 15) auch nach hinten durch eine parallel zur Grundplatte stehende Wand *m* gegen

Digitized by Google

die Anschlußklemme *l* des Netzes und die Blasspule *s* abgeschlossen. Die Lichtbogengase werden durch das Auftreffen auf die großen Wandflächen der schmalen Kammer schnell entionisiert und gekühlt und das Wenige, was an Gasen heraustritt, findet keinen Weg zu den obenliegenden spannungführenden Teilen. Der geringe Bruchteil von Lichtbogengasen, der bei den höchsten zugelassenen Leistungen nach vorn heraustritt, ist vollkommen unschädlich und ein Überschlag nach dem Blech- oder Gußgehäuse wird durch eine den Funkenkammern gegenüberliegende Abdeckung mit Sicherheit verhindert. Die Schaltleistung des MSB 60 auf den Abb. 22 u. 23 ist die höchste induktive Schaltleistung, die für die Gruppe III der R.E.S. gefordert wird, u. zw. bei einer Spannung von 600 V.

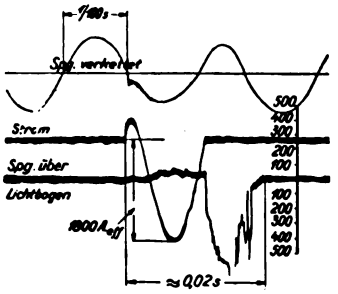


Abb. 18. Abschaltung eines Kurzschlusses von 1800 A_{eff} bei 550 V durch MSB 25.

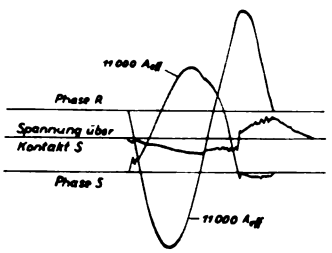


Abb. 19. Abschaltung eines Kurzschlusses von 11000 A_{eff} bei 275 V durch MSB 60.

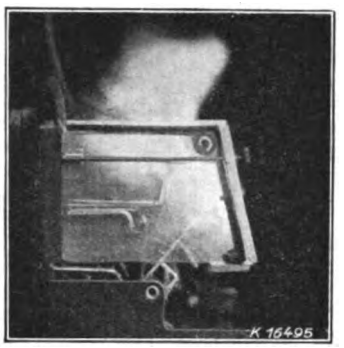


Abb. 20 MSB 25

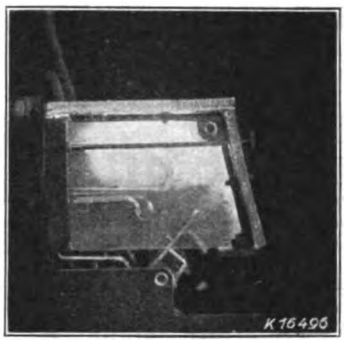


Abb. 21

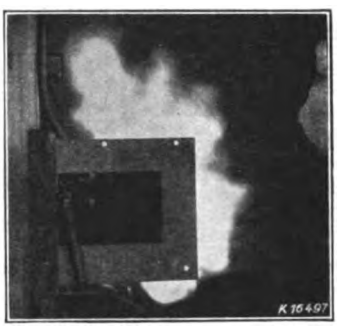


Abb. 22 MSB 60 Abb. 23

oben offen (Polfeuergefahr) oben geschlossen (keine Polfeuergefahr)

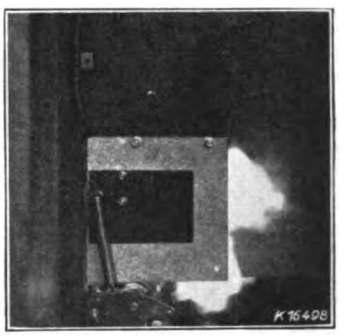


Abb. 20...23. Wirkung der oben geschlossenen Funkenkammern.

Die Kurzschlußfestigkeit der Wärmeelemente ist sehr hoch infolge der geringen Abschaltzeit des Schalters, der hohen Zeitkonstante der Wärmeelemente, ihrer verhältnismäßig geringen Grenzerwärmung und der hohen Maximalerwärmung von 400 ... 500 °, die sie vertragen. Der wirtschaftlichste Motorschutzschalter wäre natürlich derjenige, bei dem die Kurzschlußfestigkeit der Wärmeelemente und die Schaltleistung des Schalters die gleiche obere Grenze haben. Dieses Ziel ist wegen der starken Verschiedenheit der Nennströme nicht ganz, aber immerhin für die mittleren Nennströme erreicht. Es können mit den Schaltern je nach dem Nennstrom der Wärmeauslöser folgende Stromstärken bei 500 bzw. 550 V, 50 Hz abgeschaltet werden:

I_n Amp.	$I_{k\max}$ Amp.	$\frac{I_{k\max}}{I_n} = k_{\max}$	MSB
10 (... 16)	1500	150 ... 94	25
16 (... 25)	1500	94 ... 60	
10 (... 16)	3000	300 ... 190	60
16 (... 25)	4500	280 ... 180	
25 (... 40)	6000	240 ... 150	
40 (... 64)	6000	150 ... 94	
64 (...100)	6000	94 ... 60	100

Bei geringeren Spannungen ist der zulässige Abschaltstrom höher; bei 220 V beträgt er von 25 A Nennstrom an 7500 A, von 40 A an 11 000 A.

In Abb. 24 ist die Schaltleistung als Funktion des Auslöser-Nennstromes angegeben, u. zw. in Vielfachen dieses Nennstromes. Gegenüber den Rechnungen in Abschnitt I ist statt des Grenzstromes der Nennstrom eingesetzt, was jedoch keinen prinzipiellen Unterschied ergibt. In diesem Kurvenblatt ist die Schaltleistung des Schalters bei 550 V als Hyperbel aufgetragen. Die Kurzschlußfestigkeit der Bimetallauslöser ergibt eine gezackte Kurve. Die ausnutzbare Schaltleistung des Schalters wird bei Bimetallauslösern unter 25 A bestimmt durch die Kurzschlußfestigkeit der Auslöser. Bei Bimetallauslösern über 25 A Nennstrom ist die Schaltleistung durch die des Schalters bestimmt. Das jeweils ausnutzbare $k_{\max} = \frac{I_{k\max}}{I_n}$ ist also durch die stark ausgezogene Linie gegeben.

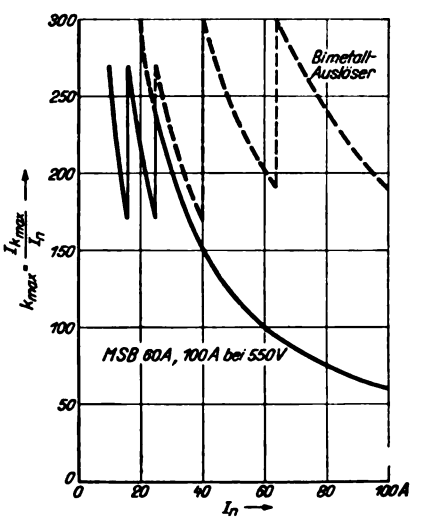


Abb. 24. Schaltleistung der Motorschutzschalter MSB 60 und 100 bei 550 V, 50 Hz, und Kurzschlußfestigkeit der Wärmeauslöser.

Die MSB-Schalter besitzen übrigens einen selbsttätigen Schutz gegen Überhitzung der Wärmeauslöser, der darin besteht, daß bei mehrmaligem Schalten auf hohe Ströme oder Kurzschluß von einer gewissen Erwärmung oberhalb der Grenzerwärmung ab es nicht mehr möglich ist, die Kontakte des Schalters zur Berührung zu bringen.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Die dieselelektrische Kraftreserve des städtischen Elektrizitätswerkes Genf. — Zwei Sulzer-Maschinen von je 3000 PS bei 125 U/min sind kürzlich im Dampfkraftwerk der Elektrizitätswerke Genf in Betrieb gesetzt worden. Die Dieselmotoren sind mit 3000 V-Sécherongeneratoren von je 2800 kVA direkt gekuppelt. Die beiden Dieselmotorensätze dienen hauptsächlich zur Reserve, bereit, jeden Augenblick angelassen zu werden, und sind daher, wie gezeigt werden wird, völlig unabhängig von jedem Hilfsapparat, der von anderen Kraftquellen getrieben wird. Ein weiterer Grund zur Errichtung der neuen Anlage ist, die Spitzenleistungen des Dampfkraftwerkes während der Wintermonate und des Chèvres-Wasserkraftwerkes im Sommer zu übernehmen; auch reicht die Leistung der Dieselelektrosätze zum Betriebe der städtischen Straßenbahnen aus.

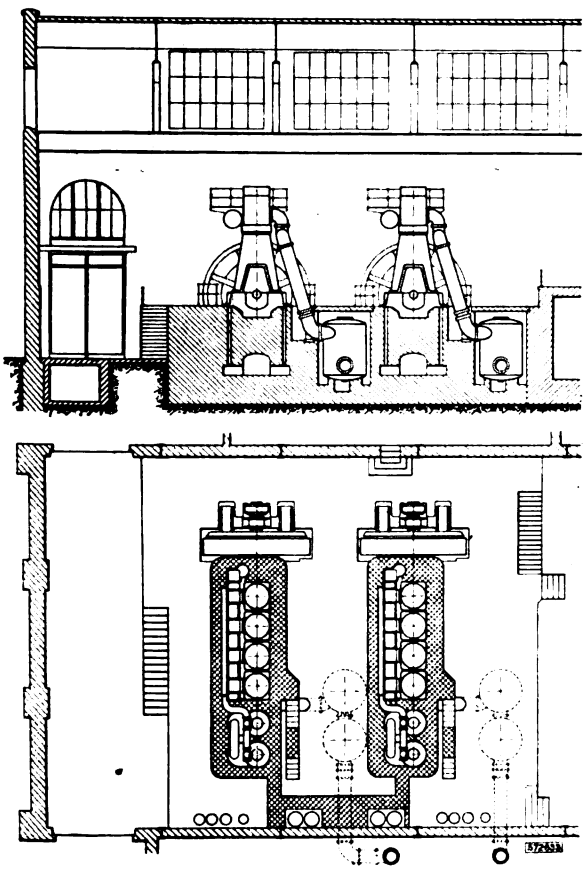


Abb. 1. Lageplan der beiden Sulzer-Zweitaktmotoren von je 3000 PS_{eff} im städtischen Elektrizitätswerk Genf.

Die neue Anlage ist die größte ihrer Art in der Schweiz, was sowohl die Dieselmotoren als auch die Generatoren anbetrifft, eine besondere Beschreibung der Anlage dürfte daher von Interesse sein.

Zur Aufstellung der beiden Sätze war eine Fläche von 28 × 20 m neben der vorhandenen Dampfkraftanlage verfügbar. Da die Rhône dicht am Krafthaus vorbeifließt, mußte beim Bau des Fundaments Rücksicht auf den höchsten Wasserstand des Flusses genommen werden, anderseits wiederum mußte bei Festsetzung der Höhenlage der Fundamente Rücksicht auf die Höhe des vorhandenen Kranes genommen werden. Diese Erwägungen führten dazu, daß der Flur des neuen Maschinenhauses 1 m tiefer gelegt wurde als der des Dampfkraftwerkes. Wie aus Abb. 1 ersehen werden kann, sind die beiden Maschinensätze parallel zueinander mit einem Abstand von 8 m voneinander aufgestellt. Jede Maschine ist 16,5 m hoch und einschließlich des Generators 14 m lang.

Die Bauart der Zweitakt-Vierzylinder-Sulzer-Dieselmotoren ist im Längsschnitt aus Abb. 2 zu ersehen. Die Zylinderdeckel, die den Abschluß des Verbrennungsraums nach oben bilden, tragen das kombinierte Brennstoff- und Anlaßventil. Der Arbeitszylinder bewegt sich in einer Führung, die in den Zylinderkühlmantel eingelassen und mit dem Auspuff und den Spülluftöffnungen in ihrem unteren Teil versehen ist. Zylinder und Zylinderdeckel werden mit Wasser gekühlt, ferner wird Kühlwasser in das Innere des Arbeitszylinders durch ein besonderes Rohrleitungssystem geführt. Neben dem ersten Arbeitszylinder befinden sich zwei Spülluftpumpen, die von einer direkt mit der Hauptkurbelwelle gekuppelten Kurbelwelle getrieben werden. Die Spülluftpumpen sind doppeltwirkend und liefern Luft mit niedrigem Druck in einen Kessel, von welchem sie durch die Spülluftschlitze in den Arbeitszylinder

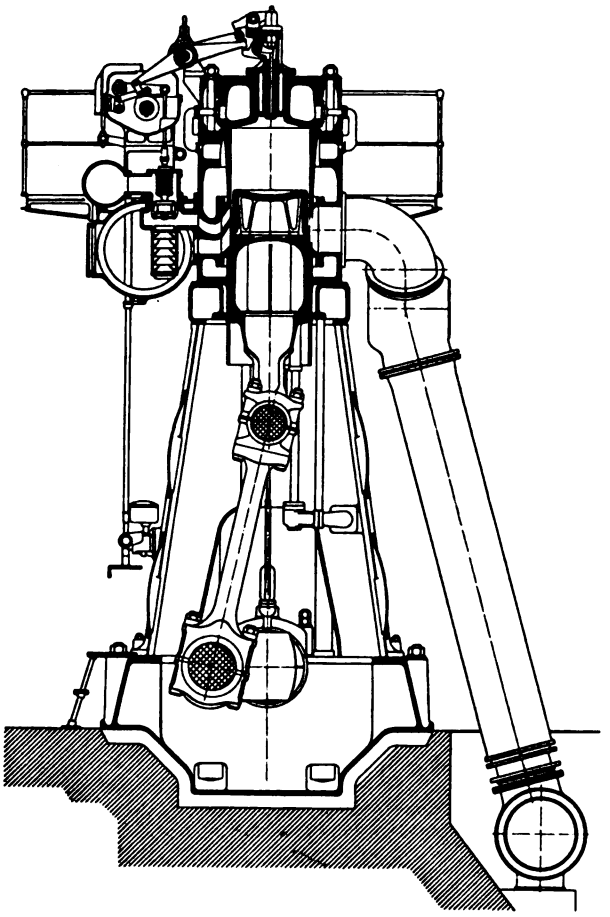


Abb. 2. Längsschnitt durch einen Sulzer Zweitaktmotor großer Leistung

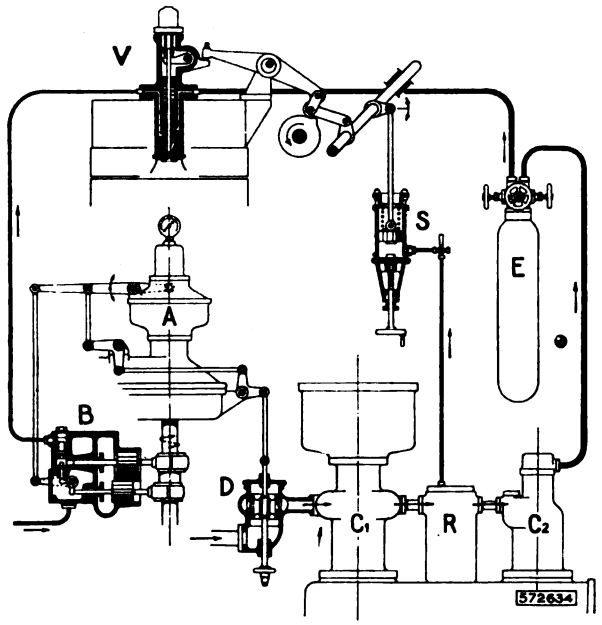
eintritt, Der Einspritz-Luftkompressor ist zwischen den beiden Spülluftpumpen angeordnet. Er liefert die für die Brennstoffeinspritzung und zum Anlaufen der Maschine erforderliche Preßluft. An den Spülluftpumpen montiert und mit diesen gekuppelt sind ferner zwei kleine Luftpumpen, die nach dem Sulzer-Aufladeverfahren eine besondere Ladung frischer Luft den Arbeitszylindern durch ein besonderes Ventil liefern.

Alle beweglichen Teile sind mit Preßschmierung ausgerüstet. Eine von der Maschine getriebene Pumpe liefert Schmieröl in reichlichen Mengen zu den Stellen, wo es erforderlich ist; nach dem Gebrauche fließt das Öl zur Pumpe zurück und wird von neuem gebraucht.

Der Regelungsmechanismus, für den in bezug auf Genauigkeit schwere Bedingungen gestellt wurden, ist schematisch aus der Abb. 3 zu ersehen. Der Regler *A* betätigt einerseits die Brennstoffpumpe und stellt die Menge Brennstoff auf die richtige Höhe ein im Einklang mit der Belastung, anderseits wirkt er auf das Ventil *D* vor der ersten Stufe des Einspritz-Luftkompressors. Neben der

Digitized by Google

Brennstofflieferung stellt der Regler auch indirekt die Luftlieferung für die Einspritz-Luftflasche *E* und für das Brennstoffventil *V* ein. Außerdem ist die Hebelbewegung, um in der Lage zu sein, das Lüften der Brennstoffnadel in Übereinstimmung mit den Belastungsschwankungen zu verändern, von einem Hilfsmotor *S* abhängig, der mit der Niederdruckstufe der Einspritz-Luftpumpe in Verbindung steht. Die durch den Hilfsmotor eingenommene Lage ist bedingt durch den Luftdruck in der ersten Stufe des Kompressors, und die Lüftung des Brennstoffventils ist, da dieser Druck durch den Regler eingestellt wird, auch indirekt von dem Regler abhängig.



A Regler
B Brennstoffpumpe
C_1 1. Stufe des Einspritzkompressors
C_2 2. Stufe des Einspritzkompressors
D Drosselschieber
E Einspritzflasche
R Niederdruckreceiver
S Hilfsmotor
V Zerstäuber

Abb. 3. Schema der neuen Regelung für Sulzer Zweitaktmotoren großer Leistung.

Um das Geräusch des Auspuffs zu dämpfen, werden die Gase durch einen Dämpfer geleitet, der im Keller neben den Fundamenten der Maschinen aufgestellt ist (Abb. 1). Hier sind auch die beiden Kühlwasserpumpen aufgestellt, sie sind vom Niederdrucktyp, und nur eine ist in Tätigkeit, während die zweite als Reserve dient. Das Wasser wird der Rhône entnommen. Da die Pumpen von Elektromotoren getrieben werden, so wurde die Vorsichtsmaßnahme getroffen, eine Lieferung von Kühlwasser für die Maschinen sicherzustellen, selbst wenn der elektrische Strom fehlen sollte. Die Kühlwassermäntel werden dann selbsttätig mit der städtischen Wasserleitung verbunden. Ein dritter Pumpensatz wurde aufgestellt, um den Brennstoff von den Vorratsbehältern zu den Tagesverbrauchsbehältern zu drücken. Jede Maschine hat zwei Tagesverbrauchsbehälter, jeder enthält genügend Brennstoff für einen Betrieb der Maschine von 4 ... 5 h bei voller Belastung.

Die Sécheron-Wechselstromgeneratoren sind wegen des geringen verfügbaren Raumes vom Schwungradtyp und sind zu den größten Maschinen dieser Art zu rechnen, die bisher gebaut worden sind. Der Statorrahmen ist aus Grauguß und in zwei Hälften geteilt, der obere Teil umfaßt etwas mehr als ⅓ des Umfanges, der untere Teil etwa ⅔ des Stators. Die Teilung des Rahmens in dieser Weise anstatt in gleichen Hälften ermöglicht es, daß der Stator in einer kräftigeren Weise gehalten wird, da die oberen Stützpunkte verhältnismäßig hoch geführt werden können und der freie Teil, der besonders Vibrationen unterworfen ist, bedeutend gekürzt wird. Zwei kräftige Stützen verbinden das Gehäuse mit der Fußplatte, die ihrerseits wieder durch Anker im Fundament befestigt ist.

Als die Rotoren fertiggestellt waren, wurden sie bei einer Höchstgeschwindigkeit von 175 U/min geprüft. Die Polräder sind zweiteilig und aus Stahlguß. Bei jeder Teilung haben die Verbindungselemente aus Siemens-Martin-Stahl eine maximale Zentrifugalkraft von etwa 500 t auszuhalten. Starke aufgeschrumpfte Stahlringe bilden die Verbindung der Nabenhälften.

Durch eine den Polschuhen gegebene bestimmte Form wird erreicht, daß die Spannungskurve praktisch eine Sinuskurve ist, die in einer Phase höchstens nur etwa 3,6 % von der theoretischen Sinuskurve abweicht.

R. W. M.

Leitungen.

Entfernung von Rauhreif und Eisansatz an Hochspannung führenden Leitungen. — Bisher entfernte man von Hochspannungsleitungen Rauhreif und Eisansatz, der sehr oft die Ursache von Seilbrüchen und langen Betriebsstörungen sein kann, meist nach Abschaltung der Leitungen durch Anschlagen der Leitungseile mit einem Eisen- oder Holzstab vom Leitungsmast aus oder durch Anheben und Wiederfallenlassen des Seiles von Hand zwecks Abschüttelung der Eislast. Da das Spannungslosmachen der Leitungen sehr oft aus betrieblichen Gründen an Wochentagen nicht möglich ist, bestand bei den Überlandwerken schon lange das Bedürfnis, den Eisansatz auch unter Spannung ohne Betriebsunterbrechung zu beseitigen.

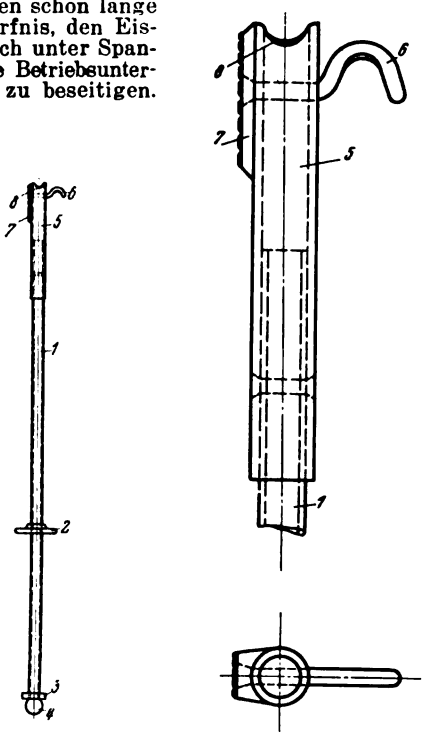


Abb. 4. Abb. 5.

1 Hartpapierrohr
2 Handschutzscheibe
5 Stangenkopf
6 Eisbrecherhaken
7 Anschlagfläche
8 schneidenartige Vertiefung

Abb. 4 u. 5.

Die Firma Ziv.-Ing. P. Kühnöl Techn. Büro, Jauer, bringt eine von der Aktiengesellschaft Sächsische Werke, Dresden, zum Patent angemeldete Eisabklopfstange (Abb. 4) auf den Markt, die infolge ihrer Konstruktion unter Spannung verwendbar ist. Sie besteht aus einem hochwertig isolierten Hartpapierrohr mit Handschutzscheibe und Schutzringen gegen Beschädigung. Der Kopf der Stange ist aus einem rohrähnlichen Aufsatz mit verstärkter Anschlagfläche und einem Eisbrecherhaken hergestellt. Mit Hilfe dieses hammerartigen Kopfes (Abb. 5) wird die Stange als Schlagwerkzeug zur Zertrümmerung der Eishülle benutzt und mit dem Eisbrecherhaken, dessen Innenseite schneidenartig ausgebildet ist, wird ein Aufbrechen der Eisschicht bzw. ein Abkratzen des Rauhreifbehanges erreicht. Ferner ist am oberen Rande des Rohrkopfes eine halbrunde Vertiefung angebracht, die an den Rändern ebenfalls schneidenartig ausgebildet ist. Dieser Einschnitt hat den Zweck, das mit Eis behaftete Seil von unten anzuheben und durch rasches Zurückreißen der Stange das Seil in pendelnde Bewegung zu bringen, wodurch die durch die Schneiden des Kopfes angekerbte Eishülle zum Zerbrechen und Abfallen gebracht wird.

Die Abklopfstange kann in 2 ... 3 m Länge aus durchgehendem Isoliermaterial geliefert werden zwecks Benutzung der Stange vom Maststamm aus. Sie wird jedoch auch mit einer 4 ... 5 m langen Hartholzverlängerung, die mit dem Isolierrohr durch eine Stahlmuffe zusammengesetzt wird, hergestellt und kann dann vom Erdboden aus zum Abklopfen des Eisansatzes verwendet werden. *fi*

Digitized by Google

Meßgeräte und Meßverfahren.

Tragbare Kabeltrommeln für Meßleitungen. — Für fliegende Verbindungen zur Fortleitung mäßig starker Ströme haben sich am Institut für Maschinenkunde und Elektrotechnik der Bergakademie Clausthal Mehrfach-Gummiaderkabel bewährt, die auf tragbaren Holztrommeln, welche ihrerseits auf Holzstativen befestigt sind, aufgespult werden. Während früher fliegende Verbindungen jeweils dem vorhandenen Bestand an NGA-Leitungen entnommen werden mußten und dann meist für den betreffenden Zweck erst abgelängt und abisoliert wurden, hat die Einführung dieser Kabeltrommeln jene zeitraubende und unangenehme Arbeit beseitigt und außerdem zu einer wesentlichen Einsparung an Leitungsdraht geführt.

Die aus Sperrholz gefertigte Trommel nebst Lagerung wird in zwei Größen verwendet, u. zw. für 12,5 m Kabel (Trommel 200 mm Dmr., nutzbare Trommellänge 240 mm) und für 25 m Kabel (Trommel 290 mm Dmr., nutzbare Trommellänge 300 mm).

Wie Abb. 6 zeigt, ist die Trommel um eine feste Achse drehbar; sie kann nach jeder Umdrehung festgestellt werden, so daß nach Abwickeln des gerade erforderlichen Teiles der Kabellänge das Kabel gegen unbeabsichtigtes weiteres Abspulen gesichert ist. In den beiden Stirnwänden der Trommel sind Ausnehmungen angebracht, die für den bequemen Transport als Handgriffe dienen. Als Kabel wurde Mehrfach-Gummiaderkabel von $2 \times 2{,}5$ oder $3 \times 2{,}5$ mm² Kupferquerschnitt gewählt (NMH); das eine Ende des Kabels ist an einer Trommelstirnwand befestigt und führt dort zu Bananensteckbuchsen, das andere freie Ende ist mit besonders soliden Bananensteckern mit Bronzefedern ausgerüstet. Der Anschluß an die durch das Kabel zu verbindenden Apparate kann daher an beiden Enden in denkbar einfachster Weise ausgeführt werden. Durch die Lagerung der Trommel auf einer festen Achse werden Schleifringe und Bürsten vermieden und damit von Zufälligkeiten abhängende Übergangswiderstände ausgeschaltet.

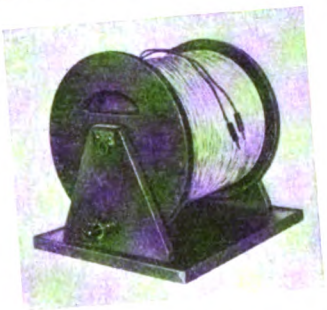


Abb. 6. Tragbare Kabeltrommel für Meßleitungen.

Verwendet werden die Trommeln hauptsächlich bei Herstellung fliegender Telephonverbindungen, ferner von Verbindungen zur Fernregelung der Drehzahl von Motoren und zur Fernregelung der Spannung von Generatoren. Wegen ihrer Vorzüge wurde diese Art von Kabeltrommeln auch von Laboratorien anderer Hochschulen übernommen, was die Vereinigung Göttinger Werke (Elektro-Schaltwerke AG.), Göttingen, veranlaßt hat, sie in den beiden oben aufgeführten Größen listenmäßig herzustellen.

Dr.-Ing. A. Vierling, Clausthal.

Abb. 9. Handleuchte mit Doppel-Druckknopfschalter und Schutzglas.

Installation.

Verteilungstafel-Unterputzsystem. — Die Firma Christian Geyer, Elektrotechn. Fabriken, Nürnberg, stellt auf der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse ein Verteilungstafel-Unterputzsystem aus, das aus einem soliden Unterputzkasten besteht, welcher in die ausgesparte Maueröffnung eingesetzt und mit verputzt wird. In dieses stabile Gehäuse wird dann beim Einziehen der Leitungen in die Rohre in bequemster Weise ein Verteilerrahmen eingesetzt. Dieser jederzeit leicht herausnehmbare Rahmen trägt auf einem kräftigen Gestell die für die Anlage nötigen Sicherungen, Selbstschalter, Schalter usw. derart übersichtlich angeordnet, daß alle Anschlüsse bequem zugänglich und stets kontrollierbar sind. Nach dem Einsetzen und Anschließen dieses Verteilerrahmens liegen alle Verbindungen noch offen zutage, so daß auch jetzt noch eine Prüfung aller Teile möglich ist. Ohne Abschrauben der Stöpselköpfe und Schaltergriffe wird jetzt eine mit entsprechenden Ausschnitten versehene emaillierte Abdeckplatte eingesetzt, welche die nötigen Bezeichnungsschilder trägt. Den Abschluß des Ganzen bildet nach außen hin entweder ein verbleiter Deckel, der überstrichen oder mit Tapete überklebt werden kann, oder ein mit abschraubbaren Scharnieren versehener weißlackierter Deckel. — Für besonders schwache Wände, wie solche in Siedlungen anzutreffen sind, ist noch eine halb versenkte Ausführung (Abb. 7) geschaffen worden, bei welcher die Stöpselköpfe, Schaltergriffe bzw. der obere Teil der Selbstschalter über die Abdeckplatte hinausragen. Diese Abdeckplatte ist eine geschmackvolle Bakelitplatte, die in verschiedenen Farbtönen geliefert werden kann.

Abb. 7. Halbversenkte Verteilungstafel.

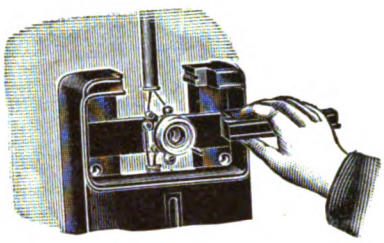


Abb. 8. Isolier-Zählertafel.

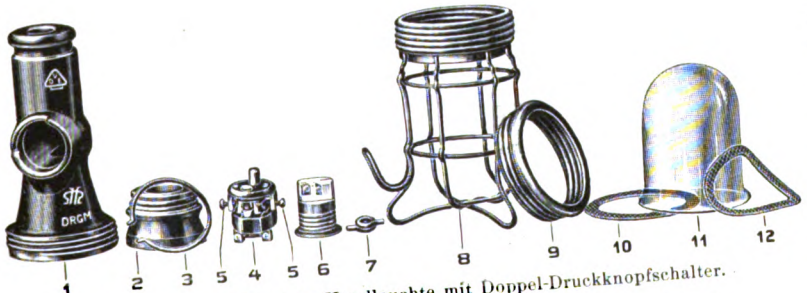
Neu in das Fabrikationsprogramm aufgenommen wurde noch die Herstellung von Zählertafeln, Etagenabzweigkästen, Hausanschlußsicherungen und Verteilern aus Isoliermaterial. Auch hier sind verschiedene Neuerungen bemerkenswert, so ein Schieber (Abb. 8) an der oberen Stirnwand der Zählertafeln, der noch eine besondere Nut besitzt zum Einschieben von Hartpappe-Abdeckungen.

Lbr.

Handleuchte mit Schalter. — Auf der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse zeigt die Firma Gebr. Hannemann & Cie., G. m. b. H., Düren, u. a. ihre mehrfach geschützten Handleuchten mit Doppel-Druckknopfschalter 6 A (Abb. 9) in verschiedenen Modellen.

Der Hauptvorzug besteht darin, daß die Handhabung des Schalters durch die die Handleuchte haltende Hand bequem erfolgen kann. Der Schaltmechanismus ist im Griffteil versenkt und vor Beschädigung gesichert untergebracht. Der sonstige Aufbau der neuen Handleuchten mit Schalter ist der gleiche wie bei den normalen Handleuchten ohne Schalter mit Berührungsschutz der gleichen Firma (vgl. ETZ 1927, S. 295). Die Montage ist denkbar einfach; die Einzelteile einer Handleuchte mit Doppel-Druckknopfschalter sind in Abb. 10 veranschaulicht.

fi



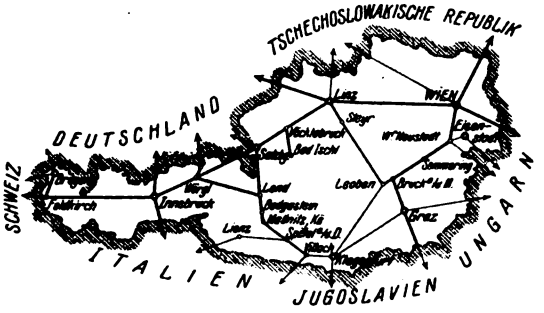
1 Isoliergriff
2 Schutzring
3 Sprengring
4 Doppel-Druckknopfschalter
5 Befestigungsschrauben
6 Fassung
7 Entlastungsring
8 Schutzkorb
9 Gegenring
10 Gummiring
11 Schutzglas
12 Gummiring

Abb. 10. Einzelteile einer Handleuchte mit Doppel-Druckknopfschalter.

Digitized by Google

Fernmeldetechnik.

Ausbau des österreichischen Fernsprechkabelnetzes[1] **1928.** — Während im Jahre 1926 in Österreich für Fernsprechzwecke nur 460 km Bezirkskabel und 9500 km Freileitungstrecken bestanden, haben sich diese Zahlen, wie wir einem kürzlichen Bericht entnehmen, jetzt auf 2500 km bzw. 12 000 km erhöht. Die Verlängerung des Fernkabels Wien—Graz nach Wildon (23,2 km) mittels eines 89-paarigen Fernkabels wurde im Frühjahr 1929 begonnen und Anfang Juni 1929 beendet. Bemerkenswert ist,



Kabellinien ——— Freileitungen

Abb. 11. Wichtigste Fernsprechanschlüsse Österreichs nach dem Auslande.

daß ein Spezial-Rundfunkkabel für den Grazer Sender der Öst. Radio-Verkehrs A.-G. (Ravag) mitverlegt wurde. Dann folgte die Ausführung der Bezirkstrecke Mallnitz—Villach mit einem 38-paarigen Kabel durch stellenweise äußerst schwieriges Gebirgsgelände (76,2 km). Diese Bezirkskabel bilden eine Ergänzung der eigentlichen Fernkabellinie, welche die großen österreichischen Knotenpunkte miteinander, aber auch mit den Verkehrszentren des Auslandes verbindet und den Durchgangsverkehr des Auslandes über Österreich vermittelt. Ihre Bauart ist der der Fernkabel angepaßt und verbürgt gleiche Sicherheit und Deutlichkeit. Die Villacher Strecke besitzt ihre Bedeutung, da sie die Linie von Salzburg und Gastein vervollständigt und mit der Abzweigung Lend—Wörgl—Innsbruck eine wichtige Ergänzung dieses bedeutenden Verkehrsgebietes bildet. Zur Entlastung der außerordentlich in Anspruch genommenen Strecke Wien—Linz wurde ferner ein Kabel von Linz über Selztal nach Bruck an der Mur mit Verstärkerpunkten in Linz, Kirchdorf, Trieben und Bruck gelegt (218,4 km). Zwischen St. Michael, Leoben und Bruck wurden 24- bzw. 38-paarige Bezirkskabel, in der letzten 25,2 km langen Strecke außerdem ein 100-paariges Fernkabel mitverlegt, das in diesem Jahre bis Judenburg fortgesetzt werden soll. Wie aus der Skizze (Abb. 11) ersichtlich, besteht jetzt ein direkter Anschluß des österr. Fernkabelnetzes mit allen Nachbarn mit Ausnahme von Italien und Jugoslawien. In diesem Jahre wird der erstere von Villach bis zur Grenze bei Tarvis hergestellt werden, ferner Linien von Linz nach Budweis und von Innsbruck zum Brenner (Fortsetzung nach Verona). Außer mit den genannten Nachbarländern steht Österreich im Sprechverkehr mit Belgien, Dänemark, England, Frankreich, Jugoslawien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Polen, Schweden und Spanien. *Hgn.*

[1] Vgl. a. ETZ 1928, S. 1306.

Verschiedenes.

Welche Spannung ist dem Menschen gefährlich?[1] — Diese noch immer sehr aktuelle Frage hat schon im Jahre 1897 H. G. Weber in bewundernswerter Weise zu klären versucht, indem er seinen eigenen Körper den Wirkungen des elektrischen Stromes unterwarf. Als Stromquelle diente bei den ersten Versuchen ein 50periodiger Generator, welcher mit einer Drosselspule belastet wurde; an dieser waren Abzweige angebracht, die die Abnahme beliebiger Spannungen bis zu 210 V erlaubten. Der Beobachter faßte mit den Händen zwei spannungführende Leiter an; seine Erfahrungen können etwa gemäß dem oberen Teil der nachstehenden Tafel dargestellt werden.

Hieraus schließt Weber: „Das Anfassen zweier Wechselstromleiter mit beiden Händen von trockener Beschaffenheit bringt Gefahren mit sich, sobald die Spannungsdifferenz zwischen diesen Leitungen 100 V übersteigt."

In einer zweiten Versuchsreihe wurden die Gefahren einer sternpunktgeerdeten Drehstromleitung beim einpoligen Berühren untersucht, wobei sich also der Strom von der Berührungsstelle durch den Arm, Körper und Fuß in die Erde ergießt. Im unteren Teil der Tafel sind die Versuchsergebnisse zusammengestellt.

[1] Vgl. a. ETZ 1930, S. 254.

Spannung V	Stromstärke A	Versuchsdauer s	Physiologische Wirkungen	Bemerkungen
10	< 0,001	—	Geringe Muskelerschütterung in den Fingern	Versuche mit feuchten Händen
20	0,002 ... 0,0024	—	Muskel- und Nervenerschütterung in Fingern, Hand und Unterarm	
30	0,012 ... 0,015	5 ... 10	Finger, Hand, Arm fast gelähmt. Die Drähte können mit äußerster Energie noch losgelassen werden	
40	0,019 ... 0,022	< 5	Finger, Hand und Arm sofort gelähmt. Drähte können nicht mehr losgelassen werden	
50	nicht mehr meßbar	1 ... 2	Finger, Hand und Arme sofort gelähmt. Heftigste Schmerzen. Drähte nicht mehr loszulassen	
10, 20, 30	—	—	Keine Wirkungen	Versuche mit trockenen Händen
40	unmeßbar klein	—	Leises Surren in den Fingern	
50	< 0,0001	—	Geringe Muskelerschütterung in Fingern oder Händen	
60	0,0008	—	Erschütterungen in Fingern, Händen und Unterarm	
70	0,0018	—	Starke Muskelerregung in Fingern, Händen und Armen; diese Organe schwer beweglich	
80	0,009 ... 0,011	—	Finger, Hände, Arme fast steif. Drähte können nur mit Anstrengung losgelassen werden. Heftige Schmerzen	
90	nicht beobachtbar	1 ... 2	Hände gelähmt. Loslassen der Drähte unmöglich. Unerträgliche Schmerzen	

Spannung V	Versuchsbedingung		Physiologische Wirkungen	Bemerkungen
100 ... 700	Anfassen des Drahtes	—	Keine Wirkung	Der Beobachter stand auf schwach feuchtem Kiesschotter
100 ... 700	—	Festes Umfassen des Drahtes	Keine Wirkung	
800	Anfassen des Drahtes	—	Leises Hautbrennen	
1000			Stärkeres Brennen	
1200			Lebhaftes Brennen	
800 ... 1200	—	Festes Umfassen des Drahtes	Keine Wirkung	
1400	Anfassen des Drahtes	—	Recht lebhaftes Brennen	
1600			Heftiges Brennen	
1400	—	Festes Umfassen des Drahtes	Eine Spur von Wirkung in den Fingern	
1600				
1800	Anfassen des Drahtes	—	Heftiges Brennen	
1800	—	Festes Umfassen des Drahtes	Schwache Erschütterung der Fingermuskeln	
2000	Anfassen des Drahtes	—	Sehr starkes Brennen	
2000	—	Festes Umfassen des Drahtes	Stärkere Erschütterung der Fingermuskeln	

Digitized by Google

Spannung V	Versuchsbedingung		Physiologische Wirkungen	Bemerkungen
100	Anlegen der Hand	—	Keine Wirkung	Der Beobachter stand auf stark durchfeuchtetem Lehmboden, der mit feinem feuchten Kohlenstaub bedeckt war
100	—	Andrücken des Drahtes	Keine Wirkung	
200	Anlegen der Hand	—	Ganz leises Hautbrennen	
200	—	Andrücken des Drahtes	Keine Wirkung	
300	Anlegen der Hand	—	Leichtes Hautbrennen	
300	—	Andrücken des Drahtes	Keine Wirkung	
400	Anlegen der Hand	—	Lebhaftes Hautbrennen	
400	—	Andrücken des Drahtes	Keine Wirkung	
500	Anlegen der Hand	—	Stärkeres Hautbrennen	
500	—	Andrücken des Drahtes	Summen in den Fingern	
600	Anlegen der Hand	—	Starkes Hautbrennen	
600	—	Andrücken des Drahtes	Schwache Erschütterung in Fingern und Hand	
700 ... 1000	Anlegen der Hand	—	So starkes Brennen, daß man erschrickt	
700 ... 1000	—	Andrücken des Drahtes	Erschütterung von Finger, Hand, Unterarm und Fußgelenk	
1100	Anlegen der Hand	—	Sehr unangenehmes Brennen	
1100	—	Andrücken des Drahtes	Wirkung auf Finger, Hand, Arm und Fußgelenk nur 5 s erträglich	
1200	Anlegen der Hand	—	Brennen wie von Feuer	
1200	—	Andrücken des Drahtes	Wirkung auf Hand, Arm und Fußgelenk nur 1 ... 2 s erträglich. Draht kann noch losgelassen werden	
1300	Anlegen der Hand	—	Brennen wie von Feuer	
1300	—	Andrücken des Drahtes	Finger und Hand gelähmt. Draht kann nicht mehr losgelassen werden	

Das einpolige Berühren kann hiernach als ungefährlich gelten, solange die Spannung der berührten Leitung gegen Erde unter 1000 V liegt. Zusammenfassend ist also zu erkennen, daß alle Wechselspannungen von etwa 200 ... 1000 V gleiche Gefahr bieten. (H. G. Weber, Bull. SEV Bd. 19, S. 703.) *Oldff.*

Energiewirtschaft.

Die deutsche Elektrizitätswirtschaft im Jahr 1928[1]. — Seit dem Jahr 1925, in welchem zum erstenmal eine Produktionserhebung in der deutschen Elektrizitätswirtschaft stattfand, ist die Stromerzeugung in öffentlichen Werken und Eigenanlagen von 20,3 auf 27,9 Mrd kWh, also um 37,4 % gestiegen. Von diesem Betrag entfielen 14,15 Mrd auf die öffentlichen Werke und 13,72 Mrd kWh auf Eigenanlagen. Die Leistungsfähigkeit der Stromerzeuger betrug in ersteren 6,3 Mill, in den Eigenanlagen 4,8 Mill kW. Dabei muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Statistik des Reichsamts nur 1417 öffentliche Elektrizitätswerke erfaßt, während das Verzeichnis der VdEW deren 4225 aufführt. Da auch in diesem Verzeichnisse noch eine Anzahl, wenn auch kleinster Werke fehlt, erstreckt sich die Statistik des Reichsamts auf weniger als ein Drittel aller in Deutschland wirklich vorhandenen öffentlichen Werke und kann daher ein lückenloses Bild nicht bieten. Wenn ihre Feststellungen, soweit sie sich auf das ganze Reichsgebiet umfassende Angaben beziehen, auch nicht mit allzugroßen Fehlern behaftet sein werden, da hier die Leistungen der Großkraftwerke, welche wohl alle von der Reichsstatistik erfaßt sind, den Ausschlag geben, so haben die Zahlen, die sich mit den einzelnen Ländern und Provinzen beschäftigen, doch nur zweifelhaften Wert; denn hier können die zahlreichen nicht berücksichtigten kleinen Werke das aus der Reichsstatistik gewonnene Bild wesentlich ändern.

Für die Versorgung des ganzen Reichsgebiets im Jahr 1928 ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Elektrizitätswerke	Anzahl	Installierte Mill kW	Erzeugte Mrd kWh	Nutzbar abgegebene Mrd kWh	Mittlere Benutzungsdauer der Leistung h
Öffentliche Werke	1417	6,3	14,2	12,1	2246
Eigenanlagen	5800	4,8	13,7	—	2857

Während bisher die Stromerzeugung der Eigenanlagen in Deutschland stets überwog, entfällt im Jahr 1928 zum erstenmal der größere Teil, nämlich 51 % der Gesamtproduktion, auf die öffentlichen Werke.

Teilt man die vorhandenen Anlagen nach folgenden 4 Größenklassen ein:

I. Werke unter 100 kW
II. „ „ 101 ... 1 000 kW
III. „ „ 1 001 ... 5 000 „
IV. „ „ 5 001 ... 10 000 „
V. „ über 10 000 kW,

so erhält man nachstehendes Bild für a) die öffentlichen Werke und b) die Eigenanlagen:

[1] Wirtsch. u. Stat. Bd. 9, 1929, S. 862.

	I	II	III	IV	V
Von der Statistik erfaßte Werke	a 449	611	171	47	139
	b 3067	2052	460	126	95
Installierte Leistung in 1000 kW	a 23	211	377	327	5359
	b 127	641	1050	807	2180
Erzeugung in Mill kWh	a 39,2	366,8	758,2	550,7	12395
	b 179,5	1134	2639	2020	7744

Die angestellten Untersuchungen haben sich auch auf die einzelnen Kraftquellen erstreckt, und es ist festgestellt worden, daß 76 % der erfaßten Gesamterzeugung aus festen Brennstoffen stammen, gegen 72 % im Vorjahr; die Steigerung kommt hauptsächlich der Braunkohle zugute: 37 % der Gesamtproduktion gegen 34 % in 1927. Der Anteil des mit Wasserkraft gewonnenen Stroms betrug 12,8 % gegen 15,2 % im Vorjahr, ein Rückgang, der, z. T. wenigstens, auf die zeitweise ungünstigen Wasserverhältnisse des Jahres 1928 zurückzuführen ist. Aus Gas wurden 9,1 % der im ganzen produzierten elektrischen Arbeit gewonnen, gegenüber 10,7 bzw. 11,2 % in den beiden Vorjahren.

Von Wichtigkeit beginnt auch „der Auslandsverkehr des deutschen Reiches in elektrischem Strom" zu werden; besonders die Abgabe nach der Schweiz ist in den letzten Jahren gewachsen, während der Bezug von dort erheblich zurückging. Im ganzen wurden an das Ausland, zu dem auch das Saargebiet gerechnet ist, 181 Mill kWh abgegeben, während 293 Mill kWh von dort hereinkamen.

Thierbach.

Sechs Staaten führen in der Elektrizitätserzeugung der V. S. Amerika. — Nach Angaben des Department of Commerce haben 1927 allein sechs Staaten 52,3 % der insgesamt in den V. S. Amerika erzeugten elektrischen Arbeit produziert. Diese betrug in den Staaten selbst 102,760 Mrd kWh, wobei öffentliche und private Elektrizitätswerke zusammengerechnet sind. Davon entfielen 74,686 Mrd oder 72,7 % auf die öffentlichen Werke, 20,559 Mrd bzw. 20 % auf industrielle Kraftanlagen, 2,976 Mrd oder 2,9 % auf Straßenbahnen und 0,845 Mrd kWh bzw. 0,8 % auf elektrische Vollbahnen. Die verbleibenden 3,694 Mrd bzw. 3,6 % wurden von „isolierten Werken", worunter wohl Blockstationen zu verstehen sind, erzeugt. Die Produktion jener sechs Staaten betrug:

Staaten	Erzeugung Mrd kWh
New York	13,853
Pennsylvania	11,870
Illinois	7,596
California	7,429
Ohio	7,244
Michigan	5,790
Summe	53,782

Kein anderer Staat erreichte auch nur 3,5 Mrd, die meisten blieben sogar weit hinter dieser Zahl zurück. In allen Staaten zusammen waren 35 338 Generatoren mit einer Gesamtleistungsfähigkeit von rd. 36,275 Mill kW aufgestellt;

Digitized by Google

davon entfielen 11 969 Stromerzeuger mit 25,811 Mill kW auf die öffentlichen, 19 028 mit 7,346 Mill kW auf die privaten Kraftwerke. (Power Bd. 70, 1929, S. 581.) *Ha.*

Zur Lage der ungarischen Elektrizitätswirtschaft. — Aus dem in der letzten G. V. des Verbandes ungarischer Elektrizitätswerke von dessen Direktor F. Zipernovszky erstatteten Bericht geht hervor, daß der Bautätigkeit der Werke infolge der Kapitalnot, des hohen Zinsfußes und verminderter Kaufkraft der Bevölkerung enge Grenzen gezogen waren und insbesondere die Elektrisierung verschiedener Komitate Aufschub erleiden mußte. Im Gegensatz zu den westlichen Ländern hat der ungarische Staat in den letzten 10 Jahren, von dem Talbotvertrag abgesehen, für die heimische Elektrizitätsförderung nichts getan, und wenn Regierungsverfügungen getroffen wurden, so haben sie der Elektrizitätswirtschaft nur neue Hemmungen und Lasten aufgebürdet. Der Bericht weist besonders auf die äußerst ungünstigen Bedingungen hin, die von amtlichen Stellen seit einiger Zeit in allen neuen Konzessionsverträgen vorgeschrieben werden, betont die schwierige Lage der Dieselkraftwerke als Folge der 170prozentigen staatlichen Gasölsteuer sowie die schweren Folgen des Fehlens eines Elektrizitätswegegesetzes. Das in Vorbereitung befindliche ungarische Elektrizitätsgesetz könnte eine segensreiche Wirkung ausüben, wenn sein Schwerpunkt nicht in einer Reihe von Verwaltungsmaßregeln, sondern ausdrücklich in dem Grundgedanken einer großzügigen Elektrizitätsförderung liegt. Die im Interesse letzterer notwendigen Verfügungen werden in einer an den Handelsminister gerichteten Denkschrift des Verbandes angeführt.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 25. Februar 1930, 7½ Uhr abends, im großen Vortragssaal des Langenbeck-Virchow-Hauses, Berlin NW 6, Luisenstr. 58/59.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Vorlegung des Kassenberichts. — Bericht der Kassenprüfer.
3. Vortrag des Herrn Professor Dr. Haas über das Thema: „Deutsche Stromwirtschaft".

Inhaltsangabe:

Die Stromerzeugung Deutschlands im Rahmen der Weltstromwirtschaft. Eigenbetriebe und öffentliche Elektrizitätswerke. Verbrauch der Bevölkerung und Zukunftsentwicklung in Industrie, Gewerbe und Haushalt. Energieerzeugung aus Dampf und Wasser. Wirtschaftliche Vergleiche zwischen Wasserkräften und Dampfkräften. Einfluß der Benutzungsdauer. Die zur Zeit ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse für Wasserkräfte; dagegen volkswirtschaftliche Vorteile der letzteren. Abwägung der Vor- und Nachteile der Wasserkräfte gegenüber den Dampfkräften. Elektrizitätswerke in öffentlicher Hand. Die Eigenart der elektrischen Arbeit als Handelsgut. Ausbreitung des Elektrizitätsverbrauches. Energiespeicherung. Pumpspeicherwerke. Fortschritte der Wärmetechnik bei Dampfwerken und der Bautechnik bei Wasserkraftwerken. Zersplitterung und Zusammenschluß. Die Energieversorgung Deutschlands nach einheitlichen Gesichtspunkten. Stromaustausch zwischen verschiedenen Ländern. Welthandel in elektrischer Arbeit. Die Mitarbeit der Stromwirtschaft am Wiederaufbau des Landes.

Lichtbilder: Kurze Beschreibung des Baues des Großkraftwerkes Ryburg-Schwörstadt mit Lichtbildern und Filmaufnahmen.

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste sind in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins erhältlich.

Ohne Karten kein Zutritt.

Elektrotechnischer Verein
Der Vorsitzende:
Dr. Feyerabend.

Bekanntmachung

betreffend das Buch Dr. Max Vogelsang: „Geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik".

Die Subskription auf Band II der vom Elektrotechnischen Verein herausgegebenen „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik":

Dr.-Ing. E. h. Max Vogelsang: „Geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik"

(vgl. ETZ 1929, S. 1791) wird mit Ende Februar dieses Jahres abgeschlossen. Wir empfehlen nochmals die Anschaffung dieses interessanten und mit zahlreichen Abbildungen gezierten Buches zu dem ermäßigten Preise von 11.70 RM für das gebundene und 11.10 RM für das broschierte Exemplar (einschl. Porto und Verpackung). Diejenigen, die das Buch noch zum Subskriptionspreise zu erhalten wünschen, werden gebeten, ihre Bestellung mit dem Betrage umgehend an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins einzusenden.

Vom 1. März ab kann das Buch von der Verlagsbuchhandlung Julius Springer (zum Buchhändlerpreise von 21,00 RM für das broschierte und 22,20 RM für das gebundene Exemplar) bezogen werden.

Ordentliche Sitzung

am 17. Dezember 1929 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Professor A. Matthias.

Vorsitzender: Ich heiße Sie herzlich willkommen.

Gegen den Bericht über die Oktobersitzung sind Einwendungen nicht erhoben worden. Er gilt somit als angenommen. Seit der letzten Sitzung sind 40 Neuanmeldungen eingegangen. Die Liste liegt hier aus.

Wie Ihnen bereits durch die vorläufigen Anzeigen in der ETZ bekannt geworden ist, blickt unser Verein Ende dieses Jahres auf ein 50jähriges Bestehen zurück. Das Jubiläum soll in der Zeit vom 24. bis 27. Januar nächsten Jahres gefeiert werden. Es wird eine groß aufgezogene und vielseitige Veranstaltung, für die die Vorbereitungen bereits im Gange sind.

Dann habe ich leider noch die Mitteilung zu machen, daß unser Herr Generalsekretär nicht ganz damit zufrieden ist, daß eine Anzahl von Mitgliedern ihren Jahresbeitrag für 1930 noch nicht bezahlt hat. Ich bitte die Herren Nachzügler, das recht bald nachzuholen.

Wir kommen nun zum zweiten Teil unserer Tagesordnung, zu dem Vortrag des Herrn Dr. Kesselring über das Thema: „Der Expansionsschalter (Hochleistungschalter ohne Öl)".

Ich bitte Herrn Dr. Kesselring, das Wort zu ergreifen.

Der Vortrag wird gehalten.

Vorsitzender: Ihr außerordentlich zahlreiches Erscheinen und der lebhafte Beifall haben Herrn Dr. Kesselring schon bewiesen, daß er mit seinen Schlußworten auf den richtigen Boden getreten ist. Ich hoffe, daß Sie wirklich eine gute Erinnerung mitnehmen und die feste Überzeugung behalten, daß Sie recht viel durch diese neuen Erkenntnisse gelernt haben.

Wir danken Herrn Dr. Kesselring auch dafür, daß er uns in so außerordentlich geistvoller und klarer Weise in dieses, vielen von uns noch ganz neue Gebiet hineingeführt hat. Wir danken ihm ferner dafür, daß er es nicht versäumt hat, die Theorien und allgemeinen Betrachtungen auch auf den Ölschalter, den Konkurrenten des Luftschalters, des Expansionsschalters anzuwenden. Das mag Fingerzeige dafür geben, wie nun auch der Ölschalter verbessert werden könnte. Der Ölschalter wird sich ja gewaltig anstrengen müssen, um das Vorrecht, das er nun schon seit so langen Jahrzehnten gehabt hat, gegenüber diesem neuen Konkurrenten zu halten. Wir haben schon zum zweitenmal in verhältnismäßig kurzer Zeit an dieser Stelle erlebt, daß uns ganz neue Wege gezeigt wurden. Ich möchte hierzu nur das eine sagen: „Vivant sequentes!"

Ich eröffne nun die Diskussion.

Besprechung.

Mit Worten des Dankes an die Diskussionsredner schließt der Vortragende die Sitzung.

Digitized by Google

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Bail, Ruth, cand. ing., Berlin-Nicolassee.
Bertelsmann, Wilhelm, cand. electr., Bln.-Waidmannslust.
Binder, Willi, Student (electr.), Berlin NW. 87.
Bjerke-Nilssen, Arne, Ingenieur, Oslo/Norwegen.
Blaschke, Ernst, Dipl.-Ing., Berlin-Grunewald.
Böhner, Hugo, Elektro-Ingenieur, Frankfurt a. d. Oder.
Buchholz, Walter, Dipl.-Ing., Berlin-Charlottenburg 2.
Diebold, Hans, Dipl.-Ing., Berlin-Charlottenburg 2.
Dopatka, Rudolf, stud. ing., Berlin N. 113.
Fekete, Alexander, Friedrich, Dr., Ingenieur. Budapest II.
Gieffers, Fritz, Dipl.-Ing., Berlin-Charlottenburg 5.
Goldschmidt, Hans, cand. ing., Berlin-Wilmersdorf.
Günther, Heinrich, Dipl.-Ing., Berlin-Friedenau.
Hung-Tu Chang, stud. ing., Berlin-Charlottenburg.
Haake, Wilhelm, Dipl.-Ing., Berlin O. 34.
Heß, Otto, Ingenieur, Berlin-Charlottenburg.
Hoffmann, Gerhard, Dipl.-Ing. Berlin-Siemensstadt.
Hoesch, Walter, Dipl.-Ing., Dr. Ing., Berlin NW. 87.
Ilberg, Waldemar, Dr. phil., Physiker, Berlin-Tempelhof.
Keri, Hermann, Ingenieur, Berlin-Charlottenburg 5.
Kinkel, Hans, Dipl.-Ing., Berlin-Halensee.
Lamper, Curt, Dipl.-Ing., Reichsbahnbauführer, Berlin-Charlottenburg 2.
Lipschitz, Paul, cand. ing., Berlin SW. 61.
Lötterle, Erwin, Dipl.-Ing., Berlin-Charlottenburg.
von Neußer, Paul, Dipl.-Ing., Wien IV.
Minuth, Karl, Dipl.-Ing., Berlin-Weißensee.
Mohr, Hans-Jürgen, cand. ing., Berlin-Charlottenburg 4.
Olsen, Arvid Wulf, Dipl.-Ing., Oslo/Norwegen.
Otter, Heinrich, Direktor, Berlin-Zehlendorf.
Reese, Rudolf, Ingenieur, Berlin-Wilmersdorf.
Rosen, Georg, Beratender Ingenieur, Stockholm.
Rosenheimer, Max, Dipl.-Ing., Röntgenthal b. Berlin.
Schiele, Otto, Dipl.-Ing., Berlin-Charlottenburg.
Schütz, Erhard, Dipl.-Ing., Berlin-Steglitz.
Steudel, Helmut, Dipl.-Ing., Berlin-Dahlem.
Vaupsel, Friedrich, Ingenieur, Wildau (Kr. Teltow).
Wapmann, Hanna, Studentin (cand. ing.), Berlin NW. 21.
Werner, Wilhelm, Physiker, Dr. phil., Berlin-Steglitz.
Wiechell, Gerhard, Dipl.-Ing., Berlin-Tempelhof.
Zeh, Carlo, stud. ing., Berlin NW. 87.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Handgeräte.

In Heft 6 der ETZ 1930 wurden die Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren V. G. K. M./1932 angekündigt.

Es wird hiermit darauf hingewiesen, daß der Einspruchstermin irrtümlich mit 1. April 1932 statt 1. April **1930** angegeben war; wir bitten die Einsprüche also bis zum 1. April 1930 an die Geschäftsstelle zu richten.

Sonderdrucke sind kostenlos durch die Geschäftsstelle zu beziehen.

Kommission für Koch- und Heizgeräte.

Von der Kommission für Koch- und Heizgeräte sind die Normblattentwürfe

DIN VDE 4910 „Herdeinsätze (Herdkochplatten)"
DIN VDE 4911 „Einzelkochplatten, Bratpfannen"
und
DIN VDE 4915 „Kocher, Öfen, Bügeleisen"

aufgestellt worden, die nachstehend bekanntgegeben werden.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 15. März 1930 an die Geschäftstelle zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp

Neue Auflage

VDE-Vorschriftenbuch.

Soeben ist die 17. Auflage (1930) des VDE-Vorschriftenbuches im Verlage des VDE erschienen und kann direkt durch die Verlagsabteilung des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, oder durch den Buchhandel bezogen werden.

Der Umfang ist gegenüber der 16. Auflage erheblich erweitert worden. Trotzdem ist es gelungen, die Preise fast unverändert zu halten.

Das Buch kostet in Leinen gebunden 18,— RM. Mit Daumenregister 20,60 RM.

Die entsprechenden Preise für ausgewiesene VDE-Mitglieder sind 16,20 RM, mit Daumenregister 18,80 RM.

Bestellkarte, die wir auszufüllen bitten, ist dieser Auflage beigefügt.

Einbanddecken ETZ.

Einbanddecken für den Jahrgang 1929 der ETZ können wiederum bezogen werden, u. zw. zum Preise von 2,20 RM für den Halbjahrband, einschl. Versandkosten.

Bestellungen sind durch Einzahlung auf Postscheckkonto des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Berlin 213 12 (genaue Adresse nicht vergessen), oder bei gewünschter Nachnahmesendung direkt an den Verband Deutscher Elektrotechniker, Verlagsabt. Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu richten.

Kommission für Koch- und Heizgeräte.

Normblattentwürfe

Noch nicht endgültig

Einzelkochplatten, Bratpfannen

Durchmesser

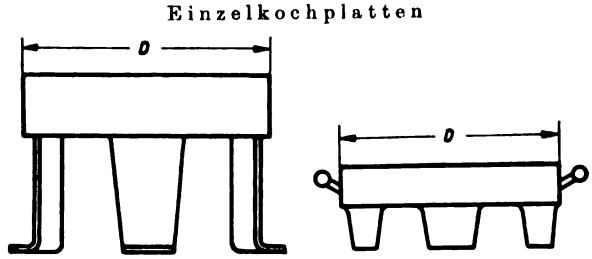
Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 4911

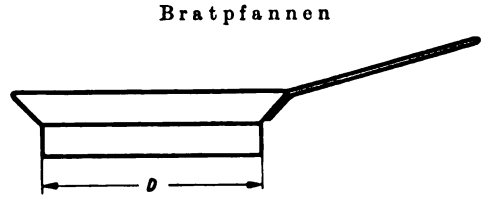
Maße in mm

Die bildliche Darstellung ist für die Ausführung nicht maßgebend

Einzelkochplatten



Bratpfannen



Durchmesser D		180	200

Die Geräte müssen den Vorschriften des VDE entsprechen.

Herdeinsätze (Herdkochplatten) siehe DIN VDE 4910

Februar 1930 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Digitized by Google

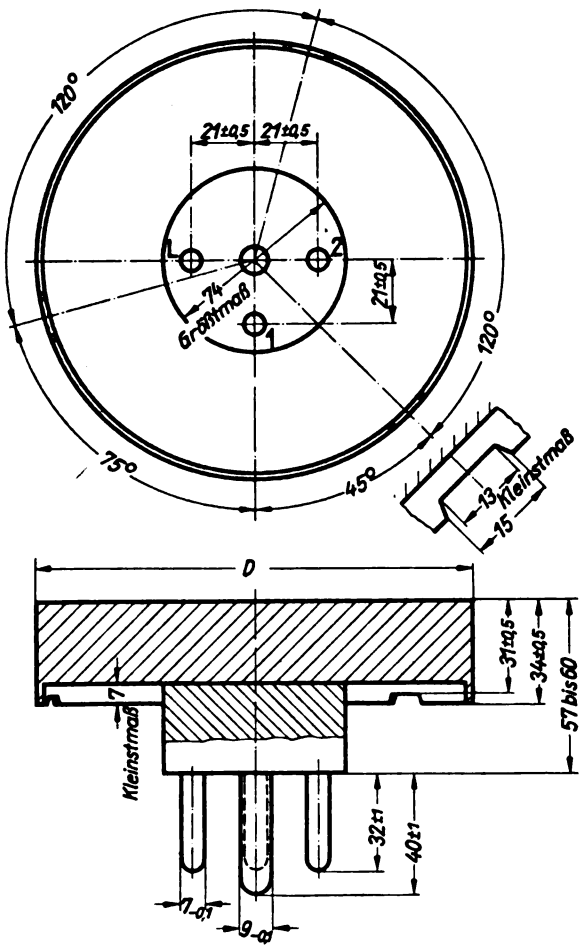
Noch nicht endgültig

Herdeinsätze
(Herdkochplatten)

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 4910

Maße in mm



Durchmesser D	145	180	220
Nennaufnahme W	800	1200	1800
Nennaufnahme / Kleinstaufnahme	1 / 1/4	1 / 1/5	1 / 1/6

Stifte ungeschlitzt und starr befestigt.

Hülse in der Steckdose federnd und lose befestigt.

Stromkreis $L-2$ ergibt Nennaufnahme,

Stromkreis $L-1$ ergibt Kleinstaufnahme.

Die Herdeinsätze müssen den Vorschriften des VDE entsprechen.

Einzelkochplatten, Bratpfannen siehe DIN VDE 4911.

Februar 1930 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Noch nicht endgültig

Kocher, Öfen, Bügeleisen
Größen

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 4915

Wasserkocher, Kochtöpfe mit eingebauter Heizeinrichtung

Wasserkocher, Kochtöpfe	Nenninhalt Liter[1])												
leicht	1/2	1	1 1/2	2	3	4	6						
schwer			1 1/2	3	5	7 1/2	10	20	30	50	100	150	300

[1]) Nenninhalt ist die Wassermenge, die dem Gerät im Gebrauch nach betriebsmäßiger Erwärmung entnommen werden kann.

Für Kochgefäße bis 40 cm Durchmesser wird mit Rücksicht auf die Austauschbarkeit der Deckel empfohlen, die Innendurchmesser am oberen Rand aus nachstehender Reihe zu wählen: 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 36, 40 cm.

Strahlöfen, Raumheizöfen

	Nennaufnahme W						
Strahlöfen	500	750	1000		2000		
Raumheizöfen			1000	1500	2000	3000	4000	6000

Bügeleisen

	Gewicht kg								
Für den Haushalt	1	2	2 1/2	3	3 1/2	4			
Für gewerbl. Zwecke						4	6	8	10

Die Geräte müssen den Vorschriften des VDE entsprechen.

Februar 1930 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein zu Aachen. 26. II. 1930, abds. 8 h, gr. Hörsaal des Elektrotechn. Inst. der T. H.: Lichtbildervortrag Oberpostdir. Petzel, „Das deutsche und europäische Fernkabelnetz und seine Bedeutung für den Fernsprechweitverkehr".

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 27. II. 1930, abds 7¾ h, Staatl. Akademie für Technik: Vortrag Obering. Horn, „Aus der Praxis der autogenen Schweißung".

Elektrotechn. Verein des Berg. Landes, Elberfeld. 25. II. 1930, abds. 8 h, Vortragsaal der Berg. Elektrizitäts-Versorgungsges. m. b. H., Elberfeld, Alexanderbrücke: Filmvorführung.

Elektrotechn. Gesellschaft zu Frankfurt a. M. 26. II. 1930, abds. 8 h, Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Str. 47: a) Vortrag Prof. Ruppel, „Druckgasschalter". b) Vortrag Dir. Probst, „Einbau der Druckgasschalter in Schaltanlagen".

Elektrot. Verein in Hamburg. 27. II. 1930, abds. 7½ h, Aula der Techn. Staatslehranstalten, Lübecker Tor 24: Vortrag Civ. Ing. Volkmar, „Die Technik der Lichtreklame unter bes. Berücksichtigung der Leuchtröhren".

Elektrotechn. Verein Leipzig. 25. II. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 1 der Handelshochschule, Ritterstr. 8: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Swoboda, „Die Elektrizitätswirtschaft in Nordamerika". Eindrücke einer Informationsreise.

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 21. II. 1930, abds. 4¼ h, Konzerthaus: a) Vortrag Dipl.-Ing. Rössel, „Motorselbstschalter und Motorschutzschalter". b) Vortrag Prof. Anthes, „Die thermische Zeitkonstante".

Röntgen-Vereinigung und Ärztlicher Verein für Strahlenkunde, Berlin. 27. II. 1930, abds. 8 h, Hörsaal des Universitäts-Inst. für Strahlenforschung, Berlin, Luisenstr. 7: Klinischer Demonstrationsabend.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 28. II. 1930, nachm. 5½ h, gr. Hörsaal des Physik. Inst. der Universität, Reichstagsufer 7—8: a) Vortrag K. F. Bottlinger, „Über die experimentelle Prüfung der relativistischen Lichtablenkung im Gravitationsfeld der Sonne". b) Vortrag E. Findlay-Freundlich, „Über die Rotverschiebung der Fraunhoferschen Linien im Sonnenspektrum; der heutige Stand der Frage". c) Vortrag K. F. Bottlinger, „Bemerkungen über die weißen Zwergsterne".

Digitized by Google

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Hochschulnachrichten. — Staatsrat L. von Verebély, bisheriger Leiter des Elektrisierungsbüros der Kön. Ungarischen Staatsbahnen, wurde vor kurzem zum ordentl. Professor der Elektrotechnik an der Kön. Techn. Hochschule zu Budapest ernannt. Als Diplomingenieur der Budapester Hochschule begann Prof. von Verebély seine Laufbahn in den V. S. Amerika, wo er vier Jahre bei der Westinghouse-Gesellschaft arbeitete. Sodann studierte er ein Jahr in Karlsruhe bei Prof. Arnold und war dann bei der Ganzschen El. AG. in Budapest und bis Ausbruch des Weltkrieges bei der Soc. Ital. Westinghouse in Italien tätig. Nach dreijährigem Frontdienst wurde er für die AEG-Union El. Ges. in Wien reklamiert und als Prokurist mit der Leitung der Bahnabteilung betraut. Später wurde er zu den Kön. Ung. Staatsbahnen berufen, wo er das Elektrisierungsbüro organisierte und leitete. In dieser Eigenschaft arbeitete er einen großzügigen Plan zur Elektrisierung des westlichen Teiles von Ungarn aus, dessen Ausführung die ungarische Regierung bereits begonnen hat. Prof. von Verebély wird auf der Hochschule über Kraftwerke und Kraftübertragung Vorlesungen halten, bleibt aber als Berater mit den staatlichen Elektrisierungsarbeiten auch weiter in Verbindung.

LITERATUR.

Besprechungen.

Schulversuche zur Elektrizitätslehre. Von E. Roller u. H. Pricks. Mit 101 Abb. i. Text u. 98 S. in 8°. 1. u. 2. Aufl. Verlag Physikalische Werkstätten AG., Göttingen 1929. Preis kart. 4,80 RM.

Die Druckschrift enthält 94 Versuche, die mit einem kleinen zerlegbaren Transformator und einigen Zusatzteilen ausgeführt werden können; sie ist gegliedert in die Abschnitte Grundsätzliches über Magnetismus, Fernmeldesowie Meßgeräte; ferner in Grundsätzliches über Induktion, Generatoren und Transformatoren, elektrodynamische Induktionserscheinungen, Selbstinduktion, Drehstrom. Die Beschreibung der Versuche wird unterstützt durch Schaltbilder oder Abbildungen der Anordnungen; das Versuchsergebnis ist jedesmal in kurzen Worten wiedergegeben. Die Auswahl der Versuche ist geschickt, die Erläuterungen sind klar und im allgemeinen einwandfrei. Die Versuche 77 und 78 (2. Aufl.) enthalten jedoch unrichtige Behauptungen über das Leuchten der parallel geschalteten Lampe. Daß Glas in glühendem Zustand leitet, kann man auch mit Niederspannung zeigen. Auch für Schulversuche soll ein Verbrauchskörper nicht an den Zuleitungen aufgehängt, ein Transformator nicht bei Nennspannung, die man für den Leerlaufversuch braucht, kurzgeschlossen werden. Für die Wahl der Fernleitungspannung sind wirtschaftliche Gesichtspunkte in erster Linie maßgebend. Für eine Neuauflage wäre es ratsam, die jeweils verwendeten Geräte nicht am Schlusse, sondern zu Anfang jeder Versuchsbeschreibung aufzuzählen. Entsprechendes gilt von der Zahlentafel mit den Angaben über die Spulen, zumal im vorhergehenden Text häufig eine Versuchstromstärke angegeben ist. Wenn außerdem die Drahtstärken sowie die Abmessungen der Spulenkörper mitgeteilt würden, wären diejenigen Leser, welche sich die Spulen selbst beschaffen wollen, nicht auf ihre Erfahrung oder auf Probieren angewiesen. Derartige Ergänzungen würden die Brauchbarkeit der empfehlenswerten Schrift noch erhöhen.

Hoerner.

Grundriß der Funken-Telegraphie. Von Dr. F. Fuchs. 19. umgearb. u. erw. Aufl. Mit 258 Textabb., XI u. 188 S. in gr. 8° Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1929. Preis geh. 4.20 RM (bei 10 Stück je 4 RM, 25 je 3,80 RM, 50 je 3,60 RM, 100 je 3,40 RM).

Die Tatsache allein, daß bereits die 19. Auflage dieses Büchleins vorliegt, spricht für den Wert desselben. Es ist ein Radiobuch für jedermann. Es setzt gar nichts voraus, es beginnt mit den allereinfachsten Grundgesetzen und führt seine Leser durch alle Gebiete der Funktechnik. Die Art der Darstellung ist sehr geschickt, wirklich allgemeinverständlich und durch einen eigenartigen Satz der Formeln und Bilder wirksam unterstützt. Daß hier und da kleine Ungenauigkeiten vorkommen, ist vielleicht mit dem Streben nach größter Verständlichkeit zu erklären. Zu wünschen wäre, daß die Normen des AEF hinsichtlich der Formelzeichen (*R* für Widerstand, *I* für Stromstärke usw.) und die genormten Bildzeichen überall eingeführt werden.

Mühlbrett.

High voltage cables. Von L. Emanueli, mit einer Einleitung von Prof. C. L. Fortescue. Mit 81 Abb. i. Text, VII u. 107 S. in 8°. Verlag Chapman & Hall, Ltd., London 1929. Preis geb. 8/6 s.

Der Verfasser, der als Chefingenieur der Firma Pirelli über weitgehende Erfahrungen auf dem Gebiete der Hochspannungskabel verfügt und durch viele eigene Forschungen die Technik der Höchstspannungskabel gefördert hat, bringt in einer Reihe von fünf Vorlesungen vor der Ingenieurfakultät der Universität London ausgewählte Kapitel über die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen der Hochspannungskabel. Im besonderen werden die Eigenschaften des Papiers und der Tränkmassen, die Vorgänge bei der Bildung von Hohlräumen und die elektrischen und mechanischen Vorgänge, die sich während des Betriebes im Kabel abspielen, in klarer und teilweise neuartiger Weise dargestellt. Die Schrift ist kein systematisches Lehrbuch, wird aber jedem, der mit den Grundproblemen einigermaßen vertraut ist, vielfache Anregungen bringen.

Apt.

Übertragungstechnik. Von Dipl.-Ing. R. Winzheimer. Mit 207 Abb., VII u. 233 S. in gr. 8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1929. Preis geb. 12 RM.

Die heutige Fernsprech- und Musikübertragung umfaßt fast das ganze Frequenzband der Hörbarkeit. Der Verfasser geht für die Aufgabenstellung von der Physik der Töne und Musikinstrumente aus und bespricht die allgemeinen Forderungen für die weitestgehende Übertragung. Die Leitungstheorie, Verstärkerfragen und Meßeinrichtungen in den Verstärkerämtern werden kürzer als in anderen Lehrbüchern behandelt. Die Abschnitte über Rundfunkübertragung, Kabel dafür und drahtlose Übertragung sind als Zusammenfassung der sonst nur verstreut auffindbaren Unterlagen sehr zu begrüßen. Das Buch ist als Unterlage für den Unterricht verfaßt worden, ist aber durchaus nicht elementar. Es wird allen denen empfohlen, die eine Zusammenfassung der gesamten Tonübertragungstechnik wünschen.

F. Lubberger.

Auftriebsverhältnisse bei Feuerungen unter besonderer Berücksichtigung der Gasfeuerstätten. (Ein Beitrag zur Lösung der Kaminfrage.) Von Baurat Schumacher. Herausg. m. Unterstützung des Dt. Vereins v. Gas- u. Wasserfachmännern E. V. Mit 80 Abb. u. 1 Tafel u. 142 S. in gr. 8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1929. Preis kart. 10 RM.

Das Gebiet der kleinen Druckunterschiede und Geschwindigkeiten bei Gasen ist noch verhältnismäßig wenig erforscht. Die Praxis arbeitet heute noch vielfach so, daß sie die an einer Anlage gesammelten Erfahrungen ohne genügende Kritik auf Neuanlagen überträgt, wobei gelegentlich unliebsame Überraschungen auftreten. Schumacher macht mit seinem Buche den Anfang, solche Erfahrungen wissenschaftlich auszuwerten, damit wir endlich einmal auch auf diesem Gebiet der Technik zu allgemeingültigen Berechnungsmethoden vordringen. Zu diesem Zweck wird zunächst die Theorie der Strömung durch Rohrleitungen, des Auftriebes und der Widerstände ziemlich ausführlich entwickelt und sodann an praktischen Beispielen und Versuchen gezeigt, wie die theoretischen Erkenntnisse nutzbar gemacht und mit der Erfahrung in Einklang zu bringen snd. Da sich die Untersuchung auch auf alle Arten Feuergase anwenden läßt, ist das Buch für die Theorie der Öfen, Dampfkessel usw. von grundlegender Bedeutung.

Zinzen.

VDE-Vorschriftenbuch 17. Aufl. 1930
erschienen. Zu beziehen durch Verlag des VDE, Berlin W57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Glühlampenindustrie. — Die Herstellung und die Ausfuhr von Glühlampen aus Deutschland zeigte auch 1928 eine Fortsetzung der bisher zu beobachtenden Aufwärtsentwicklung. Die amtlich ermittelten Ziffern[1] für Metalldrahtlampen — Kohlefadenlampen werden seit 1923 statistisch nicht mehr erfaßt — geben folgendes Bild:

Jahr	Herstellung	Ausfuhr	Einfuhr
	Mill Stück		
1924	71,51	29,85	2,88
1925	77,90	28,99	2,75
1926	76,31	22,78	4,29
1927	93,97	28,35	5,55
1928[2]	98,90	33,45	5,14

Hierzu bieten die vor einigen Monaten von der Osram G. m. b. H.[3] veröffentlichten Zahlen eine interessante Ergänzung: Im Januar 1929 wurden in den Berliner Werken dieser Gesellschaft insgesamt 10,34 Mill Glühlampen hergestellt; davon waren 1,75 Mill Zwerglampen, 0,99 Mill Lampen für Spannungen bis 19 V, 4,33 Mill luftleere Lampen (20/260 V) und 3,25 gasgefüllte Lampen (20/260 V).

In der Glühlampenindustrie der V. S. Amerika, auf die etwa die Hälfte der Welterzeugung entfallen dürfte, spielen kleinste Lampen offenbar eine wesentlich größere Rolle, großenteils infolge des hohen Bedarfs der Automobilindustrie. Nach vorläufigen Angaben J. Listons[4] sind dort im Jahr 1929 rd. 340 Mill größere und 292 Mill kleinste Glühlampen verkauft worden, d. s. 18 Mill oder 5,5 % bzw. 37 Mill oder 14,5 % mehr als 1928. Dabei beträgt der Preis aller gebräuchlichen Lampen bis zu der 60 W-Type einschließlich 20 cts, also weniger als die Hälfte des Vorkriegspreises, der nur in den Jahren 1919/21 überschritten worden ist.

Leider läßt uns die Statistik der meisten Länder, soweit überhaupt die Herstellung oder der Verbrauch von Glühlampen erfaßt wird, darüber im unklaren, ob die Miniaturlampen miteingerechnet sind oder nicht; auch eine einigermaßen exakte Abschätzung von Weltziffern ist nicht durchführbar. Aus den Zusammenstellungen des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie[5] lassen sich folgende Wertziffern für die Herstellung von Glühlampen bzw. Glaskolben einiger wichtigen Länder, die sich auf das Jahr 1927 beziehen, zusammenfassen: V. S. Amerika 369,32; Holland 65,00; Schweden 3,92; Japan 31,89 und UdSSR 41,00 Mill RM.

Interessante Zahlen erfuhr man vor einiger Zeit über die polnische Markt- und Produktionsentwicklung: die polnische Erzeugung wurde für 1928 zu etwa 6 Mill, der gegenwärtige Bedarf zu 9 ... 10 Mill Stück und der jährliche Bedarfszuwachs mit 10 ... 15 % angegeben, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß die polnische Glühlampenindustrie im Rohstoffbezug (Wolframdraht, Molybdändraht, Bleiglas usw.) größtenteils vom Ausland abhängt. Ihre Erzeugung verteilt sich gegenwärtig auf vier Firmen: die Polnischen Philips-Werke in Warschau, die Glühlampenfabrik Osram in Pabjanice, die mit der schweizerischen Tungsram-Gesellschaft in Interessengemeinschaft stehende Vereinigte Glühlampenfabrik AG. (frühere Cyrkon-Fabrik) sowie die Kleinpolnische Glühlampenfabrik „Zareg" in Lemberg. Diese Firmen beschäftigten 1928 zusammen 650 Arbeiter und 360 Angestellte.

Spanien hat die Glühlampenherstellung, wie hier schon mitgeteilt worden ist[6], im Dezember 1929 unter staatliche Aufsicht gestellt, und es sind Vorkehrungen getroffen, um einen bis 1933 auf etwa 4 Mill Stück ansteigenden Export zu entwickeln. Bekanntlich besitzt die Osram G. m. b. H. in der Osram Fabrica de Lamparas in Madrid eine Tochtergesellschaft, deren Jahreserzeugung Mitte 1929 auf etwa 6 Mill Stück beziffert wurde.

Das Jahr 1929 stand im übrigen im Zeichen verschiedener Umgruppierungen in der internationalen Glühlampenindustrie, die man teilweise als Vorbereitungen für die Jahre 1933/35 (Ablauf der meisten Patente, 1934 Ablauf des Ende 1924 in Genf gebildeten Internationalen Glühlampenkartells) auffassen mag. In Verbindung mit der Kapitalbeteiligung der International General Electric Co. an Osram[7] steht der Übergang der Aktienmehrheit der italienischen Società Edison Clerici, Fabbrica Lampade, die seit einer Reihe von Jahren von der International G. E. C. kontrolliert wurde und mit ihr einen Patentaustauschvertrag (abgeschlossen am 1. VII. 1926) unterhält, an die deutsche Gesellschaft. Ein restlicher Anteil von etwa 12 % verblieb bei der N. V. Philips Gloeilampenfabrieken, die überdies mit Osram und der Vereinigten Glühlampen- und Elektrizitäts AG. in Ujpest verschiedene kleinere italienische Glühlampenwerke aufgekauft hat. Die hierdurch eingeleitete Vereinheitlichung der italienischen Glühlampenerzeugung wird von einer erheblichen Produktionsvergrößerung begleitet sein, so daß die italienische Glühlampeneinfuhr, die sich in den letzten Jahren zwischen 15 und 20 Mill Stück jährlich bewegte, um nicht weniger als 90 % vermindert und in der Hauptsache auf Spezialtypen beschränkt werden soll[1].

In Prag soll demnächst mit 0,2 Mill Kč eine Tochtergesellschaft der „Agelindus" gegründet werden. Letztere (AG. für Elektrizitäts-Industrie) ist eine seit kurzem mit 2 Mill RM besonders im Lichtreklamegeschäft arbeitende Tochtergesellschaft der Osram G. m. b. H. Die Prager Osram AG. erzeugt jährlich etwa 2,5 Mill Glühlampen und verfügt jetzt über ein Kapital von 12 Mill Kč.

Eine beachtliche Interessenausdehnung hat der Philips-Konzern, dessen Kapital vor kurzem um 150 Mill Gld erhöht worden ist, vorgenommen, indem er — die Nachrichten hierüber waren teilweise allerdings recht widersprechend — dem „Handelsblad" zufolge 44 % der N. V. Splendor Gloeilampenfabrieken, Nimwegen, übernahm und zugleich mit ihr einen Interessengemeinschaftsvertrag abschloß. Die 1916 gegründete, außerhalb des europäischen Kartells gebliebene Splendor-Gesellschaft, an der die Margarine Unie interessiert gewesen ist, hatte in der letzten Zeit ihre Erzeugung immer stärker entwickelt und soll Mitte 1929 wöchentlich etwa 170 000 Lampen gefertigt haben, was einer Jahresproduktion von 8 ... 9 Mill Stück entsprechen würde. Außerdem wurde Ende November v. J. die Absicht der Philips-Gesellschaft bekannt, in Athen eine Untergesellschaft mit einem Kapital von 10 Mill Drachmen zu errichten, die täglich 5000 Glühlampen fabrizieren soll (Jahresleistung also 1,5 Mill Stück).

In Auswirkung von Vereinbarungen zwischen den wichtigsten europäischen Produzenten und der General Electric Co. hat im letzten Jahr sowohl der holländische wie auch der deutsche Glühlampenexport nicht nur nach den V. S. Amerika, sondern deutscherseits auch nach Mexiko fast oder vollständig aufgehört. In diesem Zusammenhang ist die Meldung der Frankf. Zg. interessant, daß die G. E. C. in Mexiko mit einem Kostenaufwand von 0,5 Mill $ eine neue Glühlampenfabrik errichten will.

Zu einem neuen Glühlampenproduzenten hat sich in Lettland die Hauptwerkstatt des Post- und Telegraphen-Departements in Riga entwickelt, die im Oktober 1929 erstmals ihre Lampen (zunächst mit einem Energieverbrauch von 10 bis 15 W und einer Spannung von 120 V) auf den Markt brachte.

A. Fr.

[1] Statist. Jahrbuch f. d. Deutsche Reich 1929 S. 132, 297.
[2] Vorläufige Ergebnisse.
[3] Osram Nachrichten vom 15. VIII. 1929.
[4] Gen. El. Rev. Bd. 33, 1930, S. 60.
[5] Statistischer Bericht 1929, S. 233...247.
[6] Vgl. ETZ 1930, S. 40.
[7] Vgl. ETZ 1929, S. 1036, 1071.

[1] Die deutsche Ausfuhr von Metalldrahtlampen nach Italien betrug 1929 rd. 7 Mill Stück (6,5 i. V.).

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 6: Wer fertigt Sicherungspatronen mit nebenstehendem Fabrikzeichen an? E.M.S.

Frage 7: Wer stellt den Pronyschen Zaum oder eine Wasserleistungswaage her?

Frage 8: Wer stellt Nickeleisendraht her?

Frage 9: Wer stellt Kupferoxyd-Gleichrichter her?

Frage 10: Wer stellt Selbstschalter für Grammophonmotoren her?

Branchen-Register.

Dem Messeheft der ETZ (Heft 9 vom 27. Februar) wird ein aus dessen Anzeigen zusammengestelltes Branchenregister beigefügt, das eine Übersicht über das Fabrikationsprogramm der elektrotechnischen Industrie und ihrer Zulieferanten bietet.

Berichtigung.

In der ETZ 1930, S. 220, ist über den Anschluß des Kreis-Überlandwerks Rosenberg Wpr. an das Ostpreußenwerk berichtet worden. Nach Mitteilung des ersteren hat der Kreisausschuß einen bezüglichen Beschluß indessen noch nicht gefaßt.

Abschluß des Heftes: 15. Februar 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrokarren mit Leiteraufbau.

Mitteilung der AEG.

Für die Reinigung der Straßenbeleuchtungs-Einrichtungen an hohen Masten usw. benötigen Elektrizitätswerke ausziehbare Leitern für Längen bis zu 16 m. Auch werden in Industriebetrieben für das Reinigen von Fenstern, hohen Gebäudeteilen usw. fahrbare Leitern benötigt, um eine entsprechende Zugänglichkeit zu erzielen. Während früher diese Leitern vielfach von Hand bewegt wurden, geht man neuerdings immer mehr dazu über, Elektrokarren für diesen Zweck in den Dienst zu stellen.

In Abb. 1 ist ein Elektro-Führersitzkarren mit einer derartigen Leiter dargestellt. Der Karren entwickelt eine Geschwindigkeit bis zu 20 km in der Stunde. Es kann eine Batterie untergebracht werden, mit der eine Fahrleistung von 80 bis 100 km in der Ebene erreicht wird. Im übrigen entspricht der Elektrokarren der bekannten AEG-Ausführung mit zwei Motoren, luftbereiften Rädern und automobilartiger Lenkung. Die Länge der Leiter beträgt in ausgezogener Stellung 14 m (Abb. 2). Sie ist auf dem Karren drehbar angeordnet und wird für das Aufrichten durch einen Kurbelantrieb bzw. für das Wiederfahrbarmachen durch zwei Mann bedient. Die hierfür nötige Zeit beträgt jeweils 5 bis 8 min. Erfahrungsgemäß liegt fest, daß in einer Arbeitsschicht die Leiter 15- bis 25mal aufgerichtet wird. Vor dem Aufrichten müssen die an dem Elektrokarren angebrachten Ausleger bedient und die Bodenspindeln herabgedreht werden, um ein Kippen der Leiter zu vermeiden.

Auf dem eisernen Drehgestell ist der Aufrichterahmen gelagert. Die Terrainregulierung erfolgt durch doppelt wirkenden Spindelantrieb zum seitlichen Senkrechtstellen der Leiter auf unebenem Boden, nebst kombiniertem Senkelzeiger mit Neigungsskala. Die Leiterauflage besteht aus Profileisen.

Die Leitern sind durch Winkelschienen ineinander geführt, haben durchgehende Stahlbandverspannungen und laufen auf Rollen; die Oberleitern sind mit Stahlschienen belegt und haben selbsttätige Einfallhaken, Anschläge für den beendeten Auszug, ein Trittbrett an der Oberleiter, selbsttätig wirkenden Rückhalter für die Fahrstellung, Auszug für die Oberleitern mit Kurbelgetriebe, Drahtseil und Sicherheitsbremse und eine Signalglocke, die den beendeten Auszug meldet. Auf Wunsch kann die Oberleiter zur Erreichung eines gewissen Isolationsschutzes ganz aus Holz hergestellt werden. Zur leichteren Besteigbarkeit wird am Fuß der unteren Leiter eine kurze, abnehmbare Auftrittleiter angebracht. Die jeweilige Neigung kann abgelesen werden. Bei den auf Elektrokarren aufgebauten Automobildrehleitern finden doppelseitig aufgehängte Gall'sche Gelenkketten Verwendung. Jede der beiden Ketten ist so bemessen, daß sie die ganze Last allein tragen kann. Das Drehen der Leiter erfolgt leicht von Hand.

Unter dem auf dem Elektrokarren angebrachten Sitz für den Mitfahrer sind herausziehbare Kästen vorhanden, in denen Werkzeuge, Putzwolle und ähnliches Material mitgeführt werden. Im fahrbereiten Zustande hat der Elektro-Führersitzkarren einschließlich Leiter folgende Abmessungen:

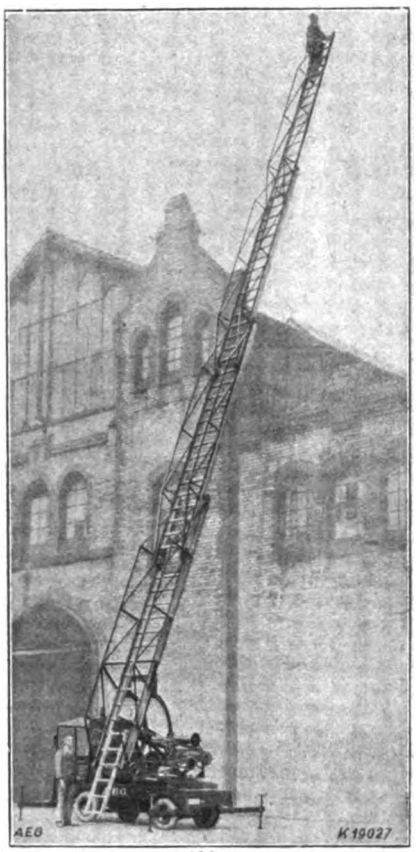


Abb. 2.
AEG - Elektro - Führersitzkarren EKF 2002 mit ausgezogener Drehleiter für 14 m Höhe (Fabrikat Metz-Karlsruhe).

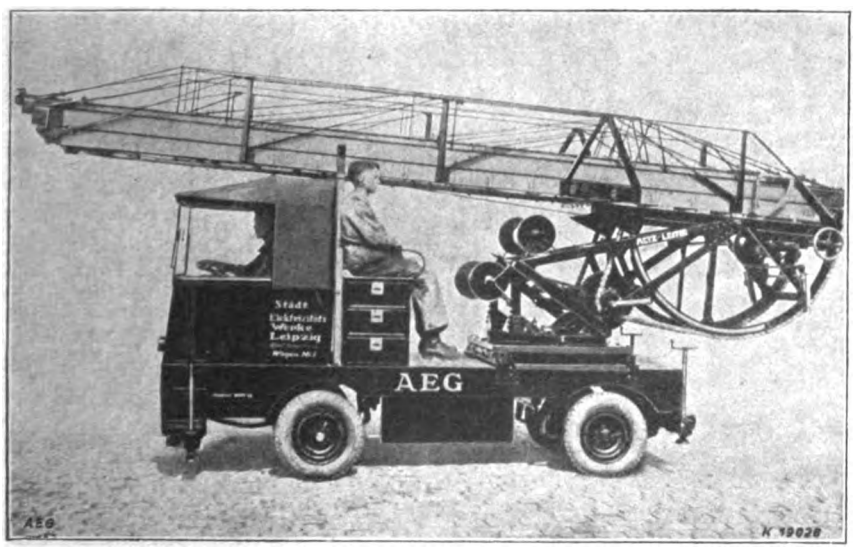


Abb. 1. AEG-Elektro-Führersitzkarren EKF 2002 mit aufgesetzter Drehleiter (Fabrikat Metz-Karlsruhe).

Länge . . . . . 6,0 m,
Breite . . . . . 1,55 m,
größte Höhe . . 2,82 m.

Die Unterbringung des Fahrzeuges mit der Leiter kann in jedem beliebigen Raume erfolgen, da die polizeilichen Vorschriften bezüglich der Unterbringung von Automobilen in Garagen für Elektrokarren und elektrisch angetriebene Fahrzeuge keine Gültigkeit haben.

Falls der Elektrokarren nicht dauernd mit aufgebauter Leiter Verwendung findet, ist es auch möglich, den Elektrokarren allein zu benutzen. Das Ab- und Aufmontieren der Drehleiter — wozu ein Kran vorhanden sein müßte — ist leicht möglich und in etwa 10 bis 15 Minuten durchführbar. Hierdurch wird die Verwendbarkeit des Fahrzeuges und die Wirtschaftlichkeit des Betriebes in angenehmer Weise gesteigert.

Für die Beratung stellt die AEG gern Spezialingenieure zur Verfügung.

Digitized by Google

Leipziger Frühjahrs-Messe 1930
(Haus der Elektrotechnik)
Halle 10, Stand 215

BROWN BOVERI
stellt aus:

Blankglühofenanlage mit Grünewaldtöpfen
zum Blankglühen von Draht- und Bandringen mit vertikalem Glühraum. Leistungsaufnahme 36 kW, Glühtemperatur 950° C, im Betrieb

Glühofenanlage mit horizontalem Glühraum
Leistungsaufnahme 15 kW, höchste Glühtemperatur 1000° C, im Betrieb

Schweißumformer in neuer, regensicherer Ausführung
Schweißstrom regelbar von 30—300 Ampere, im Betrieb

Schweißtransformator für Lichtbogen-Schweißung
Schweißstrom regelbar von 35–250 Ampere, im Betrieb

Quecksilberdampf-Glasgleichrichter 400 Ampere, im Betrieb

Quecksilberdampf-Glasgleichrichterkolben
mit elektromagnetischer Zündung, im Betrieb

Selbsttätige Warnanlage
zur Sicherung unbewachter Bahnübergänge (Modellbahn), im Betrieb

Elektrowärme:

6 Platten-Großküchenherd	Heißwasserspeicher 15—150 l	im Betrieb
3 Platten-Haushaltküchenherde	Konditoreibackofen	
2 Platten-Tischherde	Garagenheizkörper	
	Straßenbahnheizkörper	

Elektrokälte:
vollautomat. gesteuertes Doppelkühlaggregat Leistung 20000 kCal/h
Kühlschrank aus Leichtmetall, zerlegbar, im Betrieb

Bleikabel für Stark- und Schwachstrom und isolierte Leitungen der Rheinischen Draht- und Kabelwerke G. m. b. H., Köln-Riehl

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 27. Februar 1930 | Heft 9

Die Elektrotechnik im Rahmen der Leipziger Technischen Messe.

Zur Leipziger Frühjahrsmesse 1930.

Von Direktor **Paul Voß**, Leipziger Meßamt.

Zum Welthandel (Summe der Ausfuhr aller exportierenden Länder) mit elektrischen Maschinen und sonstigen elektrotechnischen Erzeugnissen trug Deutschland im Jahre 1928 nicht weniger als 28,8 % bei; an zweiter Stelle kamen die V. S. Amerika mit 24 % und an dritter Großbritannien mit 20.2 %; von sonstigen wichtigen Produktionsländern der Elektrotechnik vereinigten Frankreich, Holland, Schweden, Belgien, die Schweiz und Österreich auf ihr Konto insgesamt 24 % des Welt-Elektroexportes. Somit steht Deutschland auch heute weitaus an der Spitze des Elektro-Welthandels, wenn auch nicht mehr mit 46.4 % Anteil am internationalen Gesamtexportumsatz wie im Jahre 1913.

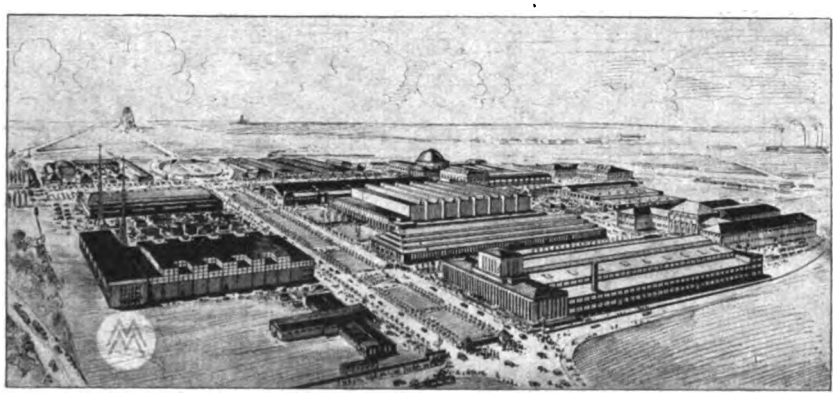


Abb. 1. Das Gelände der Leipziger Technischen Messe.

Zugleich will aber auch beachtet werden, daß seit 1913 bis heute das Volumen des Elektro-Weltmarktes außerordentlich gewachsen ist. Diese wirtschaftliche Entfaltung der Elektrizitätsindustrie in der ganzen Welt hängt mit der technischen Entwicklung der Erzeugung und Anwendung der elektrischen Energie natürlich unmittelbar zusammen. So ist im Deutschen Reich, um nur ein Beispiel zu geben, allein in den Jahren 1925 ... 1927 die Stromerzeugung von 20,3 auf 25,1 Mrd kWh gestiegen und hat sich damit gegenüber 1913 sogar versechsfacht. Etwa vier Fünftel des erzeugten Stromes werden von industriellen und gewerblichen Unternehmungen, also zu produktiven Zwecken verbraucht. Nächst den V. S. Amerika ist Deutschland der größte Stromerzeuger der Welt.

Mit der steigenden Produktion und Konsumtion elektrischer Energie verbindet sich die Notwendigkeit, den technischen Apparat sowohl bei den Stromerzeugern als auch bei den Stromverbrauchern unablässig weiter auszubauen. Der breite Inlandsmarkt ist die gesunde Wirtschaftsbasis der deutschen Elektroindustrie und gewährt ihr auch den zuverlässigen Rückhalt für Behauptung und weiteren Ausbau ihrer Welthandelsposition. Denn darauf kommt es an, daß der deutsche Anteil am internationalen Exportvolumen nicht nur erhalten bleibt, sondern auch wieder vergrößert wird. Der Industrieexport ist für das wirtschaftlich schwer bedrängte und bedrückte Deutschland heute eine Lebensnotwendigkeit. Es gibt aber kaum viele Industrien, die im Weltgeschäft auch in der Gegenwart so günstige Aussichten haben wie die deutsche Elektrizitätsindustrie, die heute nun schon das geistige Erbe von drei Generationen deutscher Elektroforscher, Elektroingenieure und Elektrokaufleute erfolgreich verwaltet und schöpferisch weiter ausbaut. Allenthalben in der Welt wächst gegenwärtig unaufhaltsam die Elektrizitätsverwendung, sei es als Kraftquelle in Gewerbe, Verkehrswesen und Landwirtschaft, sei es als Lichtquelle im Heim, sei es als Heilmittel in der Medizin und als Nachrichtenübermittler in Gestalt des Telegraphen, des Telephons und des Rundfunks. Darin liegt die große Exportchance der deutschen Elektrotechnik.

Im Dienste planmäßiger Auswertung der weltwirtschaftlichen Absatzmöglichkeiten steht heute vor allem die Beteiligung der deutschen Elektrizitätsindustrie an der Leipziger Technischen Messe. Wie groß die wahrzunehmenden Absatzmöglichkeiten sind, beweist uns nachstehende eindrucksvolle Zahlenreihe. Deutschland exportierte an Elektrotechnik (Elektromaschinen und sonstigen elektrotechnischen Erzeugnissen insgesamt) in Mill RM:

1924	1925	1926	1927	1928	Jan./Okt. 1929
259,2	329.5	368,0	398,7	488,7	475,2

Die weltumspannende Werbung der Leipziger Messe, die im Interesse ihrer Aussteller durch ihre 11 eigenen Auslandsgeschäftstellen und ihre 199 ehrenamtlichen Auslandsvertretungen insgesamt 86 Länder aller Erdteile systematisch bearbeitet, setzt sich mit allen Kräften dafür ein, jene günstige Zahlenreihe in weiterem Aufstieg fortzuführen. Über 200 000 Einkaufsinteressenten im europäischen Ausland und über 100 000 in Übersee, davon erfahrungsgemäß über 30 % Interessenten für Maschinen und Elektrobedarf, werden durch die Meßamtspropaganda ständig individuell bearbeitet. Die beiden Leipziger Messen des Jahres 1929 wurden von rd. 42 000 ausländischen Einkäufern besucht. Das ist nach allgemeinem werbewirtschaftlichem Maßstab ein außerordentlich hoher Werbeerfolg. Aber selbst auch der Teil der Werbung, dessen Empfänger nicht unmittelbar durch Messebesuch reagieren, ist nicht nutzlos erfolgt, sondern wirkt mindestens als allgemeine Exportwerbung im Dienste der deutschen Produktion. Die Hauptsache bleibt naturgemäß das Werbeziel, die Ausländer in möglichst großer Zahl persönlich auf die Leizpiger Messe zu bringen. Denn alles, was an Besucherwerbung stattfindet, ist ja erst vorbereitende Maßnahme für das Wesentlichste an der Messe, welches darin besteht, daß dem fachmännischen Besucher die einzigartige Muster- und Neuheitenschau der deutschen Elektrotechnik gezeigt wird, an deren Ausstellungständen ihn führende Persönlichkeiten der Elektroindustrie zur Orientierung und Verkaufsanbahnung empfangen.

Digitized by Google

Die deutsche Elektrotechnik fand ihren Anschluß an die Leipziger Messe unmittelbar nach Kriegsende, als es sich darum handelte, mit Hilfe der Werbekraft der Messe unseren Export von Grund aus wieder aufzubauen. Damals gingen ja auch noch andere wichtige Industrien das Bündnis mit der Leipziger Messe ein, das diese zur universalen Messe ausgestaltete und die Wiederherstellung des deutschen Exports erheblich beschleunigte. Der Anfang der Elektromesse in Leipzig war zunächst nicht sehr umfangreich, auch räumlich noch nicht zusammengefaßt. Das änderte sich, als sich von 1919/20 an die technischen Fachgruppen der Leipziger Messe endgültig zur heutigen „Großen Technischen Messe und Baumesse" verbanden und für ihre Zwecke das riesige Ausstellungsgelände der Stadt Leipzig übernahmen, das nun in kurzer Zeit durch eine Reihe imposanter Hallenbauten der neuen Bestimmung angepaßt wurde. Auch für den Raumbedarf der Elektrotechnik, die nach Konzentration ihrer Messeschau verlangte, wurde weitblickend gesorgt. Aus den Ausstellerkreisen der Branche selbst wurde der Zweckverein „Haus der Elektrotechnik e. V." begründet und als Halle 10 des Ausstellungsgeländes in den Jahren 1922/23 das „Haus der Elektrotechnik" (Abb. 1 u. 2) erbaut und 1924/25 noch erweitert. In dieser Halle, die bei 9140 m² Grundstückfläche im ganzen 8485 m² Ausstellungsfläche darbietet, stellten zur vorjährigen Frühjahrsmesse 288 Firmen der Elektrotechnik aus.

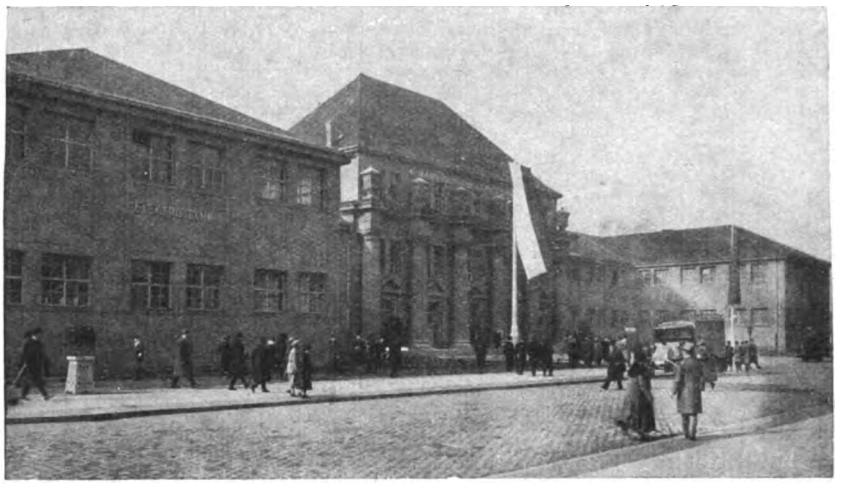


Abb. 2. Haus der Elektrotechnik.

Neben dem „Haus der Elektrotechnik" mußte in den letzten Jahren angesichts des anhaltenden Zustromes neuer Ausstellerfirmen, noch weiterer Raum für die Elektrotechnik im Rahmen der Technischen Messe besorgt werden. Deshalb wurden für elektrotechnische Haus- und Küchengeräte, Gesundheitstechnik und verwandte Branchen die Halle 5 des Ausstellungsgeländes mit 3726 m² Ausstellungsfläche und (im vorigen Frühjahr) 253 Ausstellern sowie speziell für die Radiotechnik, ferner für die Getriebemodellschau und den Transmissionenbau die Halle 6 mit 3397 m² Ausstellungsfläche und (Frühjahr 1929) 143 Ausstellern verfügbar gemacht. Vereinzelt erschienen Aussteller der Elektrotechnik auch noch an anderen Stellen der Messe.

Insgesamt haben sich an der vorjährigen Leipziger Frühjahrsmesse 524 Aussteller der Elektrotechnik beteiligt (unter 10 171 Leipziger Meßausstellern überhaupt). Von diesen 524 Firmen kamen insbesondere 170 aus Groß-Berlin, 70 aus Rheinland-Westfalen und 47 aus Bayern, was den gesamtdeutsch-repräsentativen Charakter der Messe trefflich illustriert. Gezeigt wurden, u. zw. durchweg im Betrieb — um nur die wichtigsten Fachgruppen zu nennen — Generatoren, Motoren, Umformer und Gleichrichter sowie Großschaltanlagen und Schaltapparate, weiterhin Akkumulatoren, elektrische Nachrichten-Übertragungsmittel, sodann elektrische Beleuchtungsanlagen, Installations- und Isoliermaterial, elektrische Schweißanlagen, schließlich Elektromedizin und Elektrochemie. Hierbei war sowohl an Ausstellerzahl als auch an benutztem Ausstellungsraum eine nicht unwesentliche Steigerung gegenüber 1928 zu bemerken gewesen. Sehr interessant war die Beobachtung, daß der Anteil der Auslandsaufträge am elektrotechnischen Messegeschäft sogar noch größer war als der durchschnittliche Anteil des Exports am elektrotechnischen Gesamtabsatz überhaupt. Allgemein äußerte man erneut in Produzenten- wie Einkäuferkreisen der Elektrizitätswirtschaft hohe Befriedigung über die Messeinstitution, die die Branche nicht nur wirtschaftlich fördert, sondern durch ihr frisches Wettbewerbsmoment auch den technischen Fortschritt unaufhörlich anregt.

Heute bereiten wir nunmehr die Leipziger Frühjahrsmesse 1930 vor. Sie wird am 2. März beginnen. Im Rahmen der „Großen Technischen Messe und Baumesse" wird dabei die Messeschau der Elektrotechnik bis zum 12. März stattfinden. Eine umfassende Beteiligung aus allen Gruppen der Stark- und Schwachstrom-Elektrotechnik ist wiederum zu erwarten. Je mehr sich der Elektrizitätsgebrauch verbreitet und vervollkommnet, um so wichtiger wird die Aufgabe der Messe, die Interessenten aus allen Kreisen der Wirtschaft mit den Neuerungen der Elektrotechnik bekanntzumachen und den Fabrikanten Anregungen zu weiteren Verbesserungen zu vermitteln. Nach den Erfahrungen der letzten Jahre dürfte die bevorstehende Leipziger Frühjahrsmesse 1930 von mindestens etwa 150 000 ... 200 000 Geschäftsleuten besucht werden, davon 15 ... 20 % aus dem Auslande. Den Elektroaussteller interessieren zunächst natürlich vor allem die speziellen Einkäufer der Branche, aber auch die übrigen geschäftlichen Messebesucher sind für ihn wichtig, da sie ja alle irgendwie Elektrizitätskonsumenten in ihren Betrieben sind, also ein praktisches Interesse an den Fortschritten der Elektrotechnik haben. Somit ist in der Tat die Elektroschau auf der Leipziger Messe eine unübertreffliche Werbung für die Elektrizitätswirtschaft.

Die geschäftlichen Erwartungen für die kommende Frühjahrsmesse knüpfen besonders an die Herabsetzung des Reichsbankdiskonts, an die Hoffnung auf Finanzreform und Abgabensenkung, an die bevorstehende Bausaison 1930 und nicht zum wenigsten auch an die handelspolitische Entwicklung an. Die in Aussicht stehenden Neuabschlüsse von Handelsverträgen mit Polen, Ungarn, der Tschechoslowakei, Rumänien, der Türkei und Österreich dürften auch auf den elektrotechnischen Export günstig einwirken, was vielleicht auch bereits auf der Frühjahrsmesse sich durch Belebung des Einkaufsinteresses aus den genannten Ländern bekunden wird, neben weiterer Ausdehnung auch des sonstigen Ausfuhr-Messegeschäfts.

Von außerordentlichem Vorteil für die Elektrotechnik ist der universale Charakter der Leipziger Messe, wie er sich nach dem Kriege herausgebildet und dauernd bewährt hat. Es vervielfacht den Nutzen, den die Messe der Elektroindustrie bringt, daß man in unmittelbarer Nachbarschaft mit der Maschinenindustrie und der Bautechnik ausstellt, daß beispielsweise der Einkäufer einer Werkzeugmaschine oder einer Textilmaschine oder einer Betonmischmaschine nur „eine Tür weiter" auf dem Ausstellungsgelände zu gehen braucht, um auch sofort den passenden Elektromotor kennenzulernen. Außerordentlich eng sind natürlich auch die Beziehungen zur großen Gruppe „Beleuchtungskörper", die mit ihren 224 Ausstellern in den Meßpalästen der „Mustermesse" in der Altstadt untergebracht ist. Von hohem Werte für den Elektrointeressenten sind auf der Messe ferner die Einkaufsgelegenheiten des eigenen Material- und Maschinenbedarfs der Elektroindustrie selbst — dank den Gruppen „Werkstoffe", „Werkzeugmaschinen" und „Präzisionsmechanik" — sowie die technisch-wissenschaftlichen Fachvorträge, die sich mit jeder Leipziger Messe verbinden, auf der kommenden Frühjahrsmesse vor allem die Vorträge über Betriebstechnik, Bautechnik, Metall- und Holzbearbeitung und Vertriebstechnik.

Digitized by Google

Hochleistungschalter ohne Öl.

Von J. Biermanns, Berlin.

Übersicht. Es wird über das Ergebnis der weiteren Entwicklungsarbeit am Druckgasschalter berichtet, die bis zur Konstruktion eines Schalters für 100 kV Betriebspannung mit einer Abschaltleistung von 1,5 Mill kVA gediehen ist. Weiterhin wird auf die Vorgeschichte des Druckgasschalters eingegangen, die über den Wasserschalter führt. Es wird über einige mit diesem erzielte Versuchsergebnisse berichtet und es werden die Gründe auseinandergesetzt, die trotz der guten Aussichten, die der Wasserschalter bot, die AEG veranlaßten, sich für den Ruppelschen Druckgasschalter zu entscheiden.

I. Allgemeines.

Es ist heute allgemein das Bestreben festzustellen, das Öl möglichst vollständig aus den elektrischen Schaltanlagen zu entfernen, wo und in welcher Form es auch verwendet wird. Es ist dies keine der Modeströmungen, wie wir sie bekanntlich auch in der Technik kennen; dazu sind die Erfahrungen, die mit ölgefüllten Apparaten gesammelt werden konnten, an vielen Orten zu schwerwiegend gewesen. Das erwähnte Bestreben muß besonders für den Hauptstörenfried in unseren Anlagen, für den Ölschalter gelten, und man kann denn auch beobachten, daß z. Z. an vielen Stellen auf der ganzen Welt eifrigst an dem Problem des nicht brennbaren und nicht explosiblen Schalters gearbeitet wird.

Die Bestrebungen, den Ölschalter seiner feuergefährlichen Füllung zu berauben, sind schon verhältnismäßig alt; bereits vor dem Kriege tauchte der Vorschlag auf, statt Öl Tetrachlorkohlenstoff als Füllung zu verwenden[1]. Der Versuch erwies sich jedoch als unausführbar, da Tetrachlorkohlenstoff unter dem Einfluß des Unterbrechungslichtbogens seine guten elektrischen Eigenschaften und seine chemische Neutralität verliert. Wir hörten ferner bereits vor einer Reihe von Jahren von der im Gange befindlichen Entwicklung eines Hochvakuumschalters[2]; es scheint jedoch, daß man mit diesem Prinzip bis jetzt noch nicht recht vorwärtsgekommen ist. Die General Electric Company hat einen Lufthörnerschalter mit besonders ausgebildetem magnetischen Gebläse entwickelt und auch in die Praxis eingeführt, der bei 15 000 V Abschaltleistungen von etwa 200 000 kVA beherrscht[3]. In neuerer Zeit kam die Kunde von dem sog. „De-Ion-Breaker" der Westinghouse[4], der bei der gleichen Spannung vielleicht eine etwas größere Leistung als der GEC-Luftschalter unterbrochen hat. Etwa gleichzeitig kam die AEG mit dem Ruppelschen Druckgasschalter heraus und neuestens hört man von dem Expansionsschalter der SSW[5].

Daß die Entwicklung des explosions- und feuersicheren Schalters nicht leicht ist, sieht man am besten, wenn man sich die Forderungen vergegenwärtigt, die an einen derartigen Schalter zu stellen sind: große Schaltleistung, Robustheit, einfache Wartung, geringer Preis, geringer Platzbedarf, Anwendungsmöglichkeit im ganzen Spannungsbereich zwischen 10 und 200 kV.

II. Der Druckgasschalter.

So weit ich sehen kann, erfüllt nur der Druckgasschalter auch die letztgenannte, aber gerade sehr wichtige Forderung der Verwendungsmöglichkeit des Prinzips im ganzen Spannungsbereich. Der Schalter, der das Produkt einer längeren, nicht immer leichten Entwicklungsarbeit ist, wurde gelegentlich eines im Elektrotechnischen Verein gehaltenen Vortrages[6] des näheren beschrieben. Wenn auch bei dieser Gelegenheit über recht befriedigende Versuchsergebnisse berichtet werden konnte, so wurde dennoch an der Entwicklung des Schalters rastlos weitergearbeitet. Ich bin so in der Lage, nunmehr über weitere interessante Fortschritte berichten zu können.

Abb. 1 zeigt zunächst einen serienmäßig hergestellten dreipoligen Druckgasschalter Reihe 10 für Betriebspannungen von 6 ... 10 kV, dessen eigentliche Beschreibung der Leser an der angegebenen Stelle findet. Die gleiche Ausführungsart wurde übrigens auch für die Schalter der Reihe 20 und 30 gewählt. Mit dem Schalter der Reihe 10 wurde im letzten halben Jahr noch eine weitere große Zahl von Schaltversuchen durchgeführt. Dabei wurden bei einphasigen Versuchen folgende Abschaltleistungen erreicht:

bei 10 kV wiederkehrender Spannung ein Abschaltstrom von 30 000 A,

bei 17 kV wiederkehrender Spannung ein Abschaltstrom von 16 000 A,

was einer dreipoligen Abschaltleistung von 600 000 kVA entspricht. Durch Einschaltversuche wurde festgestellt, daß der Schalter auch die solchen Abschaltleistungen entsprechenden Einschaltströme bis zu 75 000 A Scheitelwert einwandfrei beherrscht.

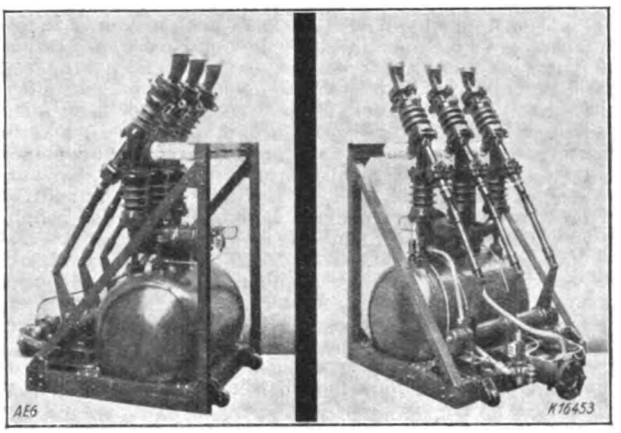


Abb. 1. Druckgasschalter, 10 kV Betriebspannung.

Zu den angegebenen Abschaltleistungen ist zu bemerken, daß diese an einpoligen Schalterelementen bestimmt wurden und daß die dreipolige Abschaltleistung aus der einpoligen durch Multiplikation mit 2 gewonnen wurde. Weshalb der Faktor 2 gewählt wird, dürfte bekannt sein. Seine Berechtigung wird aus der Tatsache abgeleitet, daß der zuerst unterbrechende Pol eines dreipoligen Schalters nicht die Phasenspannung, sondern die 1,5fache Phasenspannung zu unterbrechen hat, und daß infolgedessen das Verhältnis der von diesem ersten Pol zu bewältigenden Leistung zu der vom dreipoligen Schalter zu schaffenden dreipoligen Abschaltleistung gleich $\frac{1{,}5\,E_{ph}\,I}{3\,E_{ph}\,I} = 0{,}5$ ist.

Nun hat neuerdings Dr. Kesselring[7] auf Grund ausführlichen Untersuchungsmaterials festgestellt, daß, wenn man von der tatsächlichen Beanspruchung des Schalters, also etwa von der bei einer bestimmten Spannung und bei einem bestimmten Strom sich ergebenden Lichtbogenlänge oder von dem im Schalter auftretenden Überdruck ausgeht, das Verhältnis zwischen der Abschaltleistung eines einpoligen und eines dreipoligen Schalters sich zu 3 ergibt, d. h. daß, wenn ein dreipoliger Schalter eine Abschaltleistung von N [kVA] beherrscht, einem einzelnen Pol dieses Schalters höchstens eine Abschaltleistung gleich $\frac{N}{3}$ [kVA] zugemutet werden kann.

Es mag an sich unerheblich sein, ob der Faktor 2 oder 3 zu Recht besteht, denn wir müssen doch letzten Endes an die Beanspruchung denken, der der Schalter im Betrieb unter den verschiedenen Verhältnissen tatsächlich ausgesetzt ist, und da ist zu berücksichtigen, daß bei einem Doppelerdschluß ein Pol des Schalters unter Umständen eine Leistung zu unterbrechen hat, die gegeben ist durch das Produkt aus der Kurzschlußstromstärke und der vollen verketteten Spannung. Wenn wir beachten, daß die am Einbauort des Schalters mögliche dreiphasige Kurzschlußleistung gleich dem $\sqrt{3}$-fachen Produkt aus Kurzschlußstrom und verketteter Spannung ist,

[1] ETZ 1916, S. 289.
[2] ETZ 1927, S. 436.
[3] ETZ 1929, S. 1302.
[4] ETZ 1929, S. 686.
[5] ETZ 1929, S. 1005, 1309 u. 1865.
[6] ETZ 1929, S. 1073, 1114, 1746.
[7] Wie Fußnote 5.

Digitized by Google

so folgt hieraus, daß ein dreipoliger Ölschalter nur dann den an seinem Einbauort möglichen Beanspruchungen unter allen Umständen gewachsen ist, wenn ein Pol dieses Schalters den $1/\sqrt{3}$-fachen Wert seiner dreipoligen Abschaltleistung noch mit Sicherheit beherrscht. Daraus folgt aber, daß der von uns benutzte Umrechnungsfaktor 2 die obere Grenze des Zulässigen darstellt.

Die oben mitgeteilten Zahlenwerte sind nicht die an dem jeweils untersuchten Druckgasschalter festgestellten Grenzwerte, sie sind vielmehr Grenzwerte unserer Kurzschlußanlage, die wir aus bestimmten Gründen zur Zeit noch nicht höher beanspruchen wollen. Wie weit die Schaltleistung unseres Druckgasschalters über den angegebenen Zahlenwerten liegt, vermögen wir nicht mit Sicherheit zu sagen.

Um ein Bild von der Sicherheit zu erhalten, mit der der Druckgasschalter den Lichtbogen löscht, erhöhten wir die dem Schalter zugemutete Spannung schrittweise, u. zw. wurden diese Versuche an einem Pol des in Abb. 1 dargestellten 10 kV-Schalters ausgeführt, nachdem die beiden äußeren Pole abgeschraubt worden waren. Das Ergebnis übertraf unsere kühnsten Erwartungen insofern, als wir die Spannung bis 50 kV steigern konnten und bei dieser Spannung Stromstärken von 5000 A immer noch mit einer Lichtbogendauer von einer Halbperiode unterbrochen wurden. Bei einer Erhöhung der wiederkehrenden Spannung auf 55 000 V schlug der für 10 kV Betriebspannung bestimmte Schalter dann außen über. Diese Versuche bewiesen nicht nur die außerordentliche Löschfähigkeit des Druckgasschalters, sondern sie hatten auch das sehr angenehme konstruktive Ergebnis, daß unter Verwendung der vorhandenen Schaltstücke, Ventile, Luftkessel usw. nur durch Verlängerung der verwendeten Isolatoren und des Schaltweges sich der ganze Spannungsbereich zwischen 10 und 50 kV beherrschen läßt. Daß auch bei 50 kV noch genügende Sicherheit besteht, ergaben Versuche, welche an einem mit ausreichenden Abständen hergestellten Versuchsschalter ausgeführt wurden, der mit einer Unterbrechungstelle noch bis zu einer Spannung von 90 kV richtig arbeitete. Die Abschaltleistung der so bis 50 kV Betriebsspannung zu entwickelnden Schalterreihen beträgt reichlich ½ Mill kVA.

Da bei Betriebspannungen von 50 kV an aufwärts vielfach heute schon größere Abschaltleistungen verlangt werden und da entsprechende Versuche ergeben hatten, daß die Abschaltleistung des Druckgasschalters genau proportional der Zahl der Unterbrechungstellen zunimmt, waren damit die Richtlinien für die Konstruktion von Höchstspannungs-Druckgasschaltern festgelegt. So ist in Abb. 2 ein vor kurzem fertiggestellter einpoliger Druckgasschalter für 100 kV Betriebspannung zu sehen, dessen Abschaltleistung mindestens 1,5 Mill kVA beträgt und der 2 Unterbrechungstellen je Pol besitzt. Der Schalter ist für Aufstellung im Freien bestimmt. Der konstruktive Aufbau des Schalters ist ein etwas anderer als der des 10 kV-Schalters. Die 3 Pole sind mechanisch vollkommen getrennt und nur pneumatisch unter Verwendung entsprechender Sperrvorrichtungen gekuppelt. Jeder Pol ist auf seinen eigenen Luftkessel aufgebaut und mit den erforderlichen Ventilen ausgerüstet. An Höhe ist an diesem Schalter absichtlich nicht gespart, da der Schalter für Freiluftstationen bestimmt ist und die Fassung der Isolatoren über der Reichweite eines Mannes liegen sollte. Der Antriebszylinder sitzt, wie im Bild zu sehen, über dem Kessel, der Kolben betätigt beide Unterbrechungsstellen über einen Kreuzkopfantrieb mittels zweier isolierender Pleuelstangen, welche im Innern der beiden unteren Isolatoren angeordnet sind. Die beiden Kontaktstifte des Schalters laufen durch als Schleifkontakte ausgebildete Führungstücke, die elektrisch und mechanisch miteinander verbunden sind. Durch diese Verbindung sind die beiden unteren Isolatoren zu einem sehr kräftigen Dreieck versteift. Die oberen Isolatoren bilden gleichzeitig die Schaltkammern, die die Preßluft durch die unteren Isolatoren zugeführt erhalten, und tragen an ihrem oberen Ende die Schaltdüse und die Anschlußstücke. Die Düsen können, falls die Schalter in unmittelbarer Nähe bewohnter Gebäude aufgestellt werden, mit Schalldämpfern versehen werden. Derartige Schalldämpfer, die in ihrem Aufbau einfach, leicht und billig sind und die im Prinzip dem Auspufftopf des Automobils nachgebildet sind, wurden von uns ausgeführt und ergaben eine völlig ausreichende Schalldämpfung, ohne eine irgendwie erkennbare schädliche Rückwirkung auf den Unterbrechungsvorgang des Schalters auszuüben.

Zahlentafel 1 gibt eine knappe Auslese aus zahlreichen Versuchen, die mit dem von uns gebauten ersten 100 kV-Druckgasschalter ausgeführt wurden. Die Versuche wurden in der sog. Kunstschaltung (Abb. 8) ausgeführt, bei der die dritte Phase des Generators an das beide Unterbrechungsstellen verbindende Schaltstück angeschlossen wird. Auf diese Weise hat jede Unterbrechungstelle des Schalters die volle verkettete Spannung des Generators bzw. Transformators zu unterbrechen, und da beide Unterbrechungsstellen nunmehr vollkommen selbständig arbeiten, errechnet sich die Abschaltleistung des geprüften Schalterpoles als das doppelte Produkt aus der unterbrochenen Kurzschlußstromstärke und aus der Stärke der verketteten wiederkehrenden Spannung. Die Berechtigung zur Anwendung dieser Kunstschaltung leitet sich aus der Tatsache ab, daß bei mehreren hintereinander geschalteten

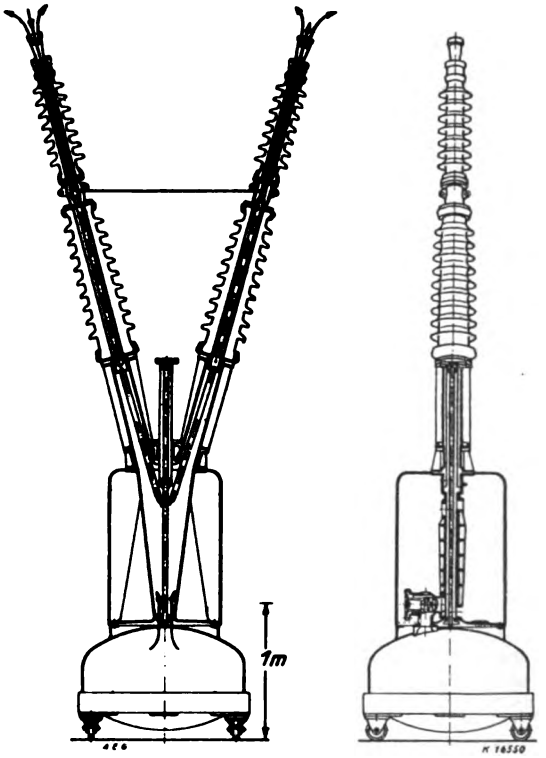


Abb. 2. Druckgasschalter für 100 kV, einpolig.

Unterbrechungstellen die Spannung sich gleichmäßig auf diese verteilt, u. zw. handelt es sich hierbei nicht um eine kapazitive Spannungsaufteilung, es ist vielmehr der nach dem Nulldurchgang des Stromes nicht sofort unendlich groß werdende Ohmsche Widerstand der Schaltstrecken, der für eine gleichmäßige Aufteilung der Spannung sorgt. Zahlreiche mittels Kunstschaltung und mittels gewöhnlicher Schaltung durchgeführte Vergleichsversuche haben gezeigt, daß die Kunstschaltung sowohl bei Ölschaltern als auch bei Druckgasschaltern eher eine zu scharfe Beanspruchung des Schalters ergibt.

Zahlentafel 1. Auslese aus Versuchsreihen am 100 kV-Druckgasschalter.

Versuch Nr.	Erregerstrom des Generators	Strom bei Beginn der Unterbrechung	wiederkehrende Spannung	auf den dreipoligen Satz umgerechnete abgeschaltete Kurzschlußleistung	Lichtbogendauer in Halbperioden
	A	A	V	kVA	
1	160	3 300	40 000	250 000	1
2	260	4 800	60 000	500 000	1
3	460	6 800	80 000	1 000 000	1
4	800	8 000	90 000	1 260 000	1

Die Zahlentafel 1 zeigt, daß der 100 kV-Druckgasschalter eine dreipolige Abschaltleistung von 1¼ Mill kVA noch mit einer Lichtbogendauer von einer halben Periode spielend bewältigt hat, wobei besonders darauf hingewiesen sei, daß dank der angebrachten Schalldämpfer der mit der Abschaltung verbundene Knall nur mäßig war und daß kaum irgendwelches Schaltfeuer bemerkt wurde, d. h. aber, daß der entwickelte Schalter, für den man ohne weiteres eine Abschaltleistung von mindestens 1,5 Mill kVA annehmen kann, ohne besondere Vorsichtsmaßregeln in jeder Freiluftstation aufgestellt werden kann.

Digitized by Google

Wir glauben nicht, daß mit der Konstruktion des Druckgasschalters für 100 kV Betriebspannung die Entwicklung nach dieser Richtung bereits abgeschlossen ist. Unsere bisherigen Versuchsergebnisse und Erfahrungen deuten vielmehr darauf hin, daß der mit Vierfachunterbrechung auszurüstende 200 kV-Druckgasschalter keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bereiten wird.

Wir hatten unsere ganzen Versuche von vornherein in der Hauptsache auf die Verwendung von Preßluft als Löschmittel abgestellt, da diese uns das wohlfeilste Löschmittel zu sein schien. Eine eingehendere Wirtschaftlichkeitsberechnung ließ es jedoch als möglich erscheinen, daß unter bestimmten Verhältnissen, insbesondere in kleinen Schaltanlagen mit nur wenigen Schaltern, aus Kohlensäureflaschen gewonnenes gasförmiges Kohlendioxyd insofern Vorteile bieten könnte, als dann die Kompressorenanlage in Fortfall kommt. Unter diesem Gesichtspunkt mit Kohlendioxyd angestellte Schaltversuche führten indes zu dem angenehmen Ergebnis, daß Kohlendioxyd als Löschmittel der Preßluft ganz wesentlich überlegen ist. Dieselbe Leistung, die wir bei Preßluft mit 15 at beherrschten, konnten wir bei Verwendung von Kohlendioxyd mit 5 at, also mit dem dritten Teil des Druckes schalten, und da anderseits die Schaltleistung eines Druckgasschalters etwa proportional der Höhe des angewendeten Blasdruckes ist, so folgt, daß sich durch die Verwendung von Kohlendioxyd die Abschaltleistung eines Druckgasschalters bei gleichem Blasdruck wie bei Preßluft etwa verdreifachen läßt. Dieses so außerordentlich günstige Verhalten des Kohlendioxyds ist nicht durch das höhere Molekulargewicht dieses Gases zu erklären, das die Ionengeschwindigkeit im Lichtbogen gegenüber Luft nur um etwa 20 % verringern würde, sondern es scheinen hier verwickeltere Vorgänge im Spiele zu sein. Eine gewisse Wahrscheinlichkeit hat die folgende Hypothese, die annimmt, daß das Kohlendioxyd im Lichtbogen vermöge seiner hohen Temperatur in seine Bestandteile, nämlich Kohlenstoff und Sauerstoff zerlegt wird, wodurch dem Lichtbogen bedeutende Wärmemengen entzogen werden. Weiterhin ist möglich, daß der freiwerdende Kohlenstoff sich mit dem Wolfram der Kontaktspitze zu Wolframkarbid verbindet, das durch seine geringe Elektronen-Emissionsfähigkeit ausgezeichnet ist. Wie dem auch sei, läßt das Kohlendioxyd jedenfalls eine ganz gewaltige Erhöhung der obengenannten Schaltleistungen des Druckgasschalters zu, und damit beherrscht der Druckgasschalter die größten Kurzschlußleistungen, die jemals für neuzeitliche Schaltanlagen verlangt wurden.

Auf Grund unserer Versuche und theoretischen Überlegungen sind wir zu dem Entschluß gekommen, Druckgasschalter in keinem Falle mit Vorkontaktwiderständen auszurüsten. Die gefährlichsten und heute nur noch allein gefürchteten Schaltüberspannungen sind die lediglich beim Abschalten leerlaufender Leitungen beobachteten Rückzündungs-Überspannungen, die sich bekanntlich bei Schaltern mit größerer Lichtbogendauer durch allmähliches Hochschaukeln einstellen. Nun unterbricht aber der Druckgasschalter stets mit einer Lichtbogendauer von einer Halbperiode, ferner ist seine Löschfähigkeit so stark ausgebildet, daß beispielsweise ein 10 kV-Schalter noch eine Spannung von 50 kV bei einer Lichtbogendauer von nur einer Halbperiode unterbricht. Rückzündungen und somit auch die dadurch bedingten Rückzündungsüberspannungen sind also von vornherein ausgeschlossen, und das Abschalten einer leerlaufenden Leitung mittels eines Druckgasschalters stellt eine vollkommen harmlose Schaltoperation dar. Daß auf der anderen Seite die starke Löschfähigkeit des Druckgasschalters zu keinen nennenswerten Überspannungen beim Abschalten leerlaufender Transformatoren führt, konnte ich anläßlich meines Vortrages zeigen. Daß sich der Druckgasschalter, so weit die Einschalt-Überströme in Betracht kommen, günstiger als der Ölschalter verhalten wird, folgt aus der Überlegung, daß die Kontakte sich beim Einschalten in Luft normalen Druckes befinden und daß infolgedessen die Spannung kurz vor Berührung der Kontakte schon im Spannungsmaximum überschlagen wird. Bei diesem Schaltmoment treten aber, wie aus der Theorie der Ausgleichvorgänge bekannt ist, keine Überströme auf. Die Sprungwellenbeanspruchung des Transformators, die hiermit verbunden ist, ist ungefährlich, da die im Prüffeld vorgenommene Sprungwellenprobe eine viel schärfere Beanspruchung des Transformators darstellt.

Wir sind davon überzeugt, daß das gegebene Anwendungsgebiet des Druckgasschalters das Gebiet der Schalter für hohe und höchste Spannungen ist. In diesem Gebiet erweisen sich seine guten Eigenschaften als am wertvollsten, ferner ist dort, soweit der Anschaffungspreis in Frage kommt, der Druckgasschalter dem Ölschalter nicht unwesentlich überlegen. Bei mittleren Spannungen ist der Druckgasschalter zwar etwas teurer als der Ölschalter, dafür kann aber, da jede Brand- und Verqualmungsgefahr ausscheidet, die Schaltanlage in unübertrefflicher Gedrängtheit und Einfachheit ausgeführt werden. Als Beispiel zeigt Abb. 3 den Probstschen Entwurf einer Schaltanlage für 30 kV Betriebspannung. Wenn man weiterhin bedenkt, daß im Gegensatz zu der mit Ölschaltern

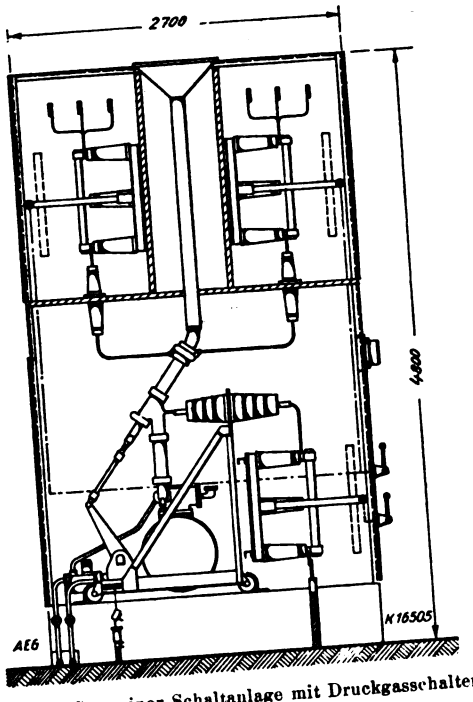


Abb. 3. Aufbau einer Schaltanlage mit Druckgasschaltern Reihe 30 (ohne Reaktanzen).

ausgerüsteten Schaltanlage das Schalthaus beiderseits unmittelbar an andere Gebäude anschließen kann, so folgt, daß der Mehrpreis des Druckgasschalters ohne Schwierigkeit durch Ersparnisse an der übrigen Schaltanlage ausgeglichen werden kann. Als unbestrittenes Geschenk verbleibt der Betriebsleitung das Fehlen jeglicher Feuer- und Explosionsgefahr.

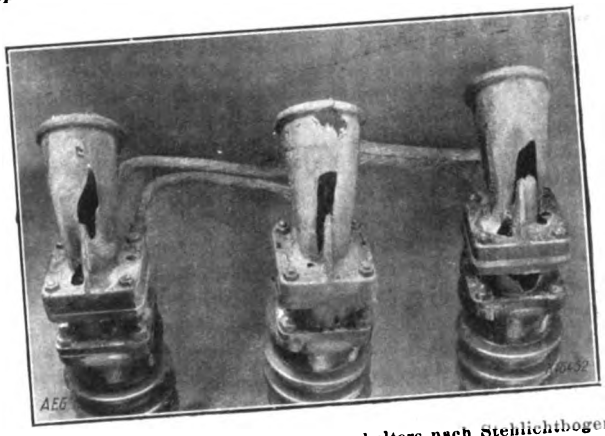


Abb. 4. Schaltköpfe eines Druckgasschalters nach Stehlichtbogen (300 MVA bei 5 atü).

Dies sind jedoch nicht die einzigen Vorteile, die der Betriebsleiter einer Anlage bei Verwendung von Druckgasschaltern verspüren wird. Schon die Montage unterscheidet sich von der eines Ölschalters dadurch, daß die Einschaltvorrichtung ein organisches Glied des Schalters vorstellt und daß das Anpassen und Ausrichten des Einschaltapparates wegfallen. Irgendwelche Schwierigkeiten mit dem Preßgas haben sich bei unseren Versuchen, obwohl wir die Schalter bei Frost, Wind und Wetter im Freien stehen haben, bis jetzt noch nicht gezeigt. Während man beim Ölschalter im allgemeinen zufrieden sein muß, wenn die Kontakte die drei Abschaltungen des Schaltzyklus nach R.E.H. durchhalten, kann man beim Druckgasschalter mindestens die vierfache Anzahl ent-

Digitized by Google

sprechender Schaltungen durchführen, bevor eine Auswechselung der Kontakte erforderlich wird. Das Auswechseln der Kontakte unterscheidet sich wiederum sehr angenehm von derselben Tätigkeit beim Ölschalter. Es sind für jeden Pol acht Muttern abzunehmen, der Kontaktstift ist leicht herauszuschrauben, und damit sind ohne jede Ölpanscherei sämtliche Kontakte in allerkürzester

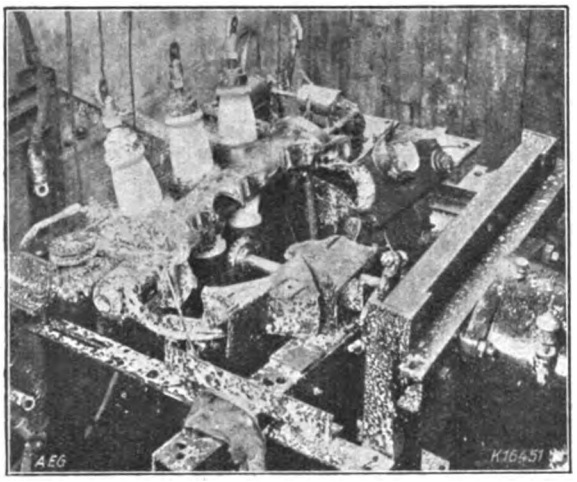


Abb. 5. Bei Kurzschlußversuch explodierter Ölschalter.

Zeit ausgebaut. Die neuen Kontakte können ohne jede Paß- und Ausrichtarbeit mit wenigen Handgriffen eingesetzt werden.

Ich möchte zum Schluß noch die ganz besondere Sicherheit betonen, mit der der Druckgasschalter eine ihm vorgegebene Leistung beherrscht. Es ist ganz auffallend, wie wenig die einzelnen Versuchswerte streuen und wie scharf man bei einer gegebenen Versuchsreihe jedesmal an den Grenzleistungswert herangehen kann. Der Druckgasschalter unterscheidet sich auch in dieser Beziehung in angenehmster Weise von seinem Vorgänger, dem Ölschalter.

All die aufgezählten großen Vorzüge des Druckgasschalters haben bereits eine Anzahl von Elektrizitätswerken zur Bestellung solcher Schalter bewogen, obwohl bisher noch keine praktischen Betriebserfahrungen vorliegen. Es sind bereits über 50 Schalter für Betriebspannungen von 10 ... 100 kV bestellt, die in z. T. sehr großen Schaltanlagen zur Aufstellung gelangen werden.

III. Der Wasserschalter.

Ich deutete bereits an, daß die Entwicklung des Druckgasschalters nicht immer glatt und auf geradem Wege vor sich ging und daß wir manchmal vor recht schwierigen, zunächst scheinbar unlösbaren Problemen standen. Es dürfte daher manchen Leser interessieren, einiges aus der Vorgeschichte des Druckgasschalters zu erfahren, die, so paradox dies klingen mag, ihren Ausgang vom Wasserschalter nimmt. Von diesem soll im nachfolgenden die Rede sein.

In der Mitte des Jahres 1926 begannen wir mit der Durchführung von vergleichenden Kurzschlußversuchen an einem Ölschalter, der einmal mit Öl und dann mit destilliertem Wasser gefüllt wurde. Als Versuchsobjekt wurde ein dreipoliger Vorserienschalter für 6 kV Betriebspannung gewählt, der nach Durchführung der Versuche mit Ölfüllung wieder gründlich instand gesetzt, gereinigt und innen mit Bakelit gestrichen wurde. Bei einer Leitfähigkeit des eingefüllten Wasser von 20 μS/cm konnte zwischen den einzelnen Phasen des Schalters und seinem Kasten ein Übergangswiderstand von 3700 Ω gemessen werden. Die erhaltenen Versuchsergebnisse sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt und lassen erkennen, daß der mit Wasser gefüllte Schalter durchweg ein wesentlich günstigeres Verhalten zeigt als der Ölschalter, auch die erreichte Grenzleistung liegt nicht unerheblich höher.

Zahlentafel 2. An einem dreipoligen 6 kV-Schalter ausgeführte Vergleichsversuche.

Versuch Nr.	Füllmittel	Erregerstrom d. Generators A	Strom bei Beginn der Unterbrechung A	wiederkehrende Spannung V	abgeschaltete Kurzschlußleistung kVA	Lichtbogendauer in Halbperioden	Bemerkungen
1	Öl	175	4500	4500	35 000	4	etwas Ölauswurf, schwache Rauchentwicklg., Kasten ausgebaucht
2	,,	200	5300	5120	47 000	4	starker Öl- und Rauchauswurf, Kasten stark ausgebaucht
3	,,	250	5600	5500	53 000	3	dasselbe
4	,,	300	6600	6200	71 000	3	aus dem Schalter schlägt eine Stichflamme; starker Ölauswurf, Kasten stark beschädigt
5	Wasser	200	5000	4850	42 000	3	etwas Wasserauswurf
6	,,	275	6000	5800	60 000	4	,, ,,
7	,,	400	7500	6850	89 000	5	,, ,,
8	,,	600	9500	7750	130 000	—	starker Wasserauswurf, Kasten aus der Deckelfuge gedrückt. Im Schalterinnern erfolgte ein Überschlag zwischen den Kontakten der Zuleitungseite

Der Kontaktabbrand war beim Wasserschalter verhältnismäßig gering, die Wasserfüllung zeigte nach der Durchführung von 6 Abschaltversuchen eine schmutziggrüne Farbe, trotzdem war die Leitfähigkeit des Wassers nur auf 60 μS/cm gestiegen. Die Durchschlagfestigkeit dieses trüben Wassers betrug (mit normalen Kalotten bei 1 mm Abstand gemessen) 1400 V/mm gegen 3800 V/mm, die bei reinem destillierten Wasser gemessen wurden, und gegen 20 000 V/mm für Öl.

Die beschriebene Versuchsreihe verschaffte uns die Gewißheit, daß prinzipiell Wasser sehr wohl als Füllmittel für einen Hochspannungschalter in Frage kommen kann. Natürlich mußte bei der Konstruktion eines Wasserschalters den besonderen elektrischen Eigenschaften dieses Mediums Rechnung getragen werden. Bevor jedoch in dieser Richtung weitergegangen werden konnte, mußten erst einige Fragen geklärt werden, die die wirkliche Explosionssicherheit eines Wasserschalters betrafen. Es war nämlich die Befürchtung nicht von der Hand zu weisen, daß der Unterbrechungslichtbogen aus dem Wasser eine größere Menge Knallgas frei macht, das ebenfalls zu gefährlichen Explosionen führen könne.

Auf die Feuer- und Explosionssicherheit des Druckgasschalters wurde bereits hingewiesen. Die sich im Falle eines Versagers abspielenden Vorgänge sind verhältnismäßig harmloser Natur und identisch mit jenen, die sich beim falschen Betätigen eines Trennschalters ergeben. Als Beispiel zeigt Abb. 4 einen Druckgasschalter nach Abb. 1, bei dem durch künstliche Maßnahmen bei einer Leistung von 300 000 kVA der Unterbrechungslichtbogen zum Stehen gebracht wurde. Es sind lediglich einige kleinere Bestandteile beschädigt, die in kurzer Zeit durch lagermäßige Ersatzteile ausgewechselt werden können. Als Gegenstück zeigt Abb. 5 einen bei gleicher Leistung zur Explosion gebrachten Ölschalter. Während im vorhergehenden Falle nur etwas Geräusch und eine größere Rauchwolke auftraten, waren hier die Folgeerscheinungen sehr schwerwiegender Natur. Der Ölbrand war nur sehr schwer abzulöschen und verursachte erhebliche Beschädigungen der Schalterzelle; das Schaltergehäuse war vollkommen zerstört, einige Durchführungsisolatoren und ein Teil des Deckels mußten erst in der näheren und weiteren Umgebung des Schalters zusammengesucht werden. Es ist klar, daß ein derartiger Ölschalter-Versager zu einer länger andauernden, mit erheblichen Instandsetzungsarbeiten verknüpften, recht lästigen Betriebsunterbrechung führt, ganz abgesehen von der Gefahr für Leben und Gesundheit des in der Schaltanlage beschäftigten Personals.

Digitized by Google

Da ferner die Lichtbogendauer in vielen Fällen eine ungerade Zahl Halbperioden umfassen wird, käme hier noch eine elektrolytische Zersetzung des Wassers mit in Betracht.

1 A Leitungsstrom macht bekanntlich in 1 s $9{,}33 \cdot 10^{-5}$ g Knallgas aus dem Wasser frei. Der effektive Strom I entwickelt somit bei der Periodenzahl ν in einer Halbperiode

$$\int_{t=0}^{t=\frac{1}{2\nu}} 9{,}33 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2} \cdot I \sin 2\pi\nu t = 4{,}2 \frac{I}{\nu} \cdot 10^{-5}\,[\mathrm{g}]$$

Knallgas. Diese Menge enthält eine Wärmeenergie von $0{,}16 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{I}{\nu}$ Wärmeeinheiten und nimmt bei 15° und normalem Druck einen Raum von $0{,}085 \frac{I}{\nu}$ [cm³] ein. Ein vom Wasser geführter Leitungsstrom $I = 1000$ A ergäbe bei einer Periodenzahl $\nu = 50$ Hz in einer Halbperiode $0{,}84 \cdot 10^{-3}$ g Knallgas mit 0,0031 kcal und 1,7 cm³, also sehr geringe Beträge. Es ist indes zu berücksichtigen, daß infolge der geringen Leitfähigkeit des destillierten Wassers nur sehr geringe Bruchteile des Kurzschlußstromes durch das Wasser fließen und daß die Knallgasentwicklung durch elektrolytische Zersetzung des Wassers somit völlig vernachlässigt werden kann.

daß die Unterbrechungskontakte in der Ausschaltstellung durch Luft isoliert werden, während das Wasser nur als Löschflüssigkeit benutzt wird. Der neue Versuchschalter wurde ferner unter Verwendung von Löschkammern aufgebaut, die ja vom Ölschalter her rühmlichst bekannt sind und von denen wir uns gerade beim Wasserschalter besondere Vorteile versprachen. Der aus der Löschkammeröffnung dem unterbrechenden Kontakt nachströmende und auf diesen auftreffende Wasserstrahl mußte nämlich wegen seiner gegenüber Öl großen Wärmekapazität und hohen Verdampfungswärme besonders stark kühlend auf den Lichtbogen und seinen Fußpunkt wirken. Dazu kommt, daß, wie die späteren Versuche zeigten, das Wasser zu einem außerordentlich feinen Nebel versprüht, dessen einzelne Wassertröpfchen man an sich durch Kondensation des durch den Lichtbogen verdampften Wassers unter Benutzung der Lichtbogen-Ionen als Kondensationskerne entstanden denken kann. Damit ist aber eine ganz spezifische lichtbogenbekämpfende Wirkung der Löschkammer gewonnen.

Abb. 7 zeigt uns eine schematische Darstellung des für die weiteren Versuche benutzten einpoligen Löschkammer-Wasserschalters, den wir aus einem gewöhnlichen Löschkammer-Ölschalter dadurch gewannen, daß der Ölkasten entfernt und der Schalter auf den Kopf gestellt wurde. Die Löschkammern wurden abgedichtet und mit destilliertem Wasser gefüllt; die je Pol insgesamt vorhandene Wassermenge betrug etwa 1 l.

Zahlentafel 3. Auslese aus Versuchsreihen am Löschkammer-Wasserschalter nach Abb. 7.

Versuch Nr.	Füllmittel	Erregerstrom des Generators A	Strom bei Beginn der Unterbrechung A	wiederkehrende Spannung V	abgeschaltete Kurzschlußleistung kVA	Lichtbogendauer in Halbperioden	Bemerkungen
1	Wasser	190	4000	4660	18 500	1	ziemlich heftiger Knall, feiner Sprühregen in der Umgebung des Schalters, Kontaktabbrand verhältnismäßig gering
2	„	300	6500	6180	40 000	1	
3	„	240	5500	2 × 5450	60 000	1	
4	„	250	6000	2 × 5500	66 000	½	
5	„	280	6800	2 × 6070	82 000	1	
6	„	350	7200	2 × 6340	91 000	1	
7	„	500	9600	2 × 7450	145 000	1	

In Wirklichkeit fließt der gesamte Kurzschlußstrom im Lichtbogen, und eine Entwicklung von Knallgas könnte nur in der Weise in Frage kommen, daß das bei der Lichtbogentemperatur durch Dissoziation des Wasserdampfes gebildete Knallgas infolge der schroffen Abkühlung im umgebenden Wasser sich nicht mehr vollständig zu Wasser zurückbildet. Nun beträgt die gesamte Dissoziation des Wassers zu Knallgas bei

$t =$	1000	1400	1800	2200	2600°
etwa	0,018	0,93	10	33,5	91 %.

Da nur ein kleiner Teil des Wassers auf Lichtbogentemperatur kommt und sich das Knallgas zum großen Teil wieder zurückbildet, sind auch hier keine nennenswerten Mengen von Knallgas zu erwarten.

Um jedoch ganz sicher zu gehen, wurde eine Versuchsanordnung nach Abb. 6 hergestellt. Bei 500 V Maschinenspannung (50 Hz) und 26 A ließ sich ein Lichtbogen nur dadurch aufrechterhalten, daß ein über den Elektroden h lebhaft bewegter Draht für immer neue Zündung sorgte. Hierbei entwickelten sich innerhalb von 3⅓ min 70 cm³ Gas, welche Menge jedoch durch Abkühlung auf Zimmertemperatur auf 40 cm³ zurückging; die Differenz dürfte großenteils aus Wasserdampf bestanden haben. Eine Probe des verbliebenen Gases erwies sich als unentzündbar, es dürfte sich hier also um beim Erhitzen ausgetriebene Luft handeln. Ein in ganz gleicher Weise mit Öl durchgeführter Versuch lieferte in 4¼ min 80 cm³ Gas, die bei Abkühlung auf 50 cm³ zurückgingen. Eine Probe des Gasrestes war leicht zu entzünden und brannte mit bläulicher Flamme. Damit dürfte bewiesen sein, daß bei einem Wasserschalter keine Knallgasbildung zu erwarten ist und daß somit Knallgasexplosionen bei einem derartigen Schalter ausgeschlossen sind.

Nachdem die bisherigen Versuche gezeigt hatten, daß Wasser sehr wohl als Schalterflüssigkeit in Frage kommt, wurden die weiteren Versuche in einer Anordnung fortgesetzt, die den durch die Leitfähigkeit des Wassers entstehenden Schwierigkeiten dadurch begegnet,

Zahlentafel 3 gibt eine Auslese aus den an diesem Schalter durchgeführten Versuchsreihen. Die ersten beiden Abschaltungen wurden in normaler Schaltung ausgeführt, bei der die beiden in Reihe geschalteten Unterbrechungsstellen die verkettete Spannung des Generators zu schalten hatten. Bei den Versuchen 3 ... 7 wurde die sog. Kunstschaltung nach Abb. 8 angewendet, bei der die dritte Phase des Generators über eine flexible Verbindung mit der Traverse des Schalters verbunden wurde, so daß jede Unterbrechungsstelle die volle verkettete Spannung des Generators zu bewältigen hatte. Wie die Versuchsergebnisse zeigen, hat der Versuchsschalter, auf einen dreipoligen Satz bezogen, eine Abschaltleistung von etwa 300 000 kVA mit einer Lichtbogendauer von einer Halbperiode anstandslos bewältigt. Die Versuchsergebnisse erwecken den Eindruck, daß der Schalter noch nicht an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit angelangt war. Die Abschaltleistung konnte nur deshalb nicht weiter gesteigert werden, weil der damals vorhandene Prüfgenerator mit der in Zahlentafel 3 angegebenen größten Leistung bis zu seiner Grenze beansprucht war.

Auch bei Einschaltversuchen erwies sich das Verhalten des Schalters als außerordentlich günstig, Ströme bis zu 30 000 A wurden von ihm bewältigt, ohne daß die geringsten äußeren Erscheinungen sich bemerkbar machten und ohne irgendwelche Beschädigungen an den Kontakten.

Der Versuchschalter nach Abb. 7 stellt natürlich noch keine praktisch brauchbare Konstruktion eines Wasserschalters dar. Dazu würde der von den Löschkammern ausgeworfene feine Sprühregen die Umgebung des Schalters zu sehr belästigen und dazu würde das nach jeder Kurzschlußabschaltung erforderliche Nachfüllen von Wasser zu große Anforderungen an die Aufmerksamkeit des Bedienungspersonals stellen. Immerhin haben die Versuche gezeigt, daß auf dem beschrittenen Wege die Entwicklung eines Hochleistungsschalters möglich sein muß, und so wurde als nächster Versuchsschalter eine Ausführung nach Abb. 9 entworfen, die, wie die schematische Darstellung erkennen läßt, die Löschkammer beibehält, jedoch mit einer Beruhigungskammer

Digitized by Google

über dieser ausgerüstet ist, die einmal das Herausspritzen des Wassers aus der vom Schaltstift freigegebenen Löschkammeröffnung verhindern soll und die ferner als Wasservorratsbehälter der Löschkammer dient. Eine ziemlich weite Auspufföffnung ermöglicht dem sich nicht schnell genug kondensierenden Teil des erzeugten Wasserdampfes den Austritt ins Freie; der Schaltstift selbst läuft dicht schließend in der Öffnung der Beruhigungs- oder Kondensationskammer. Der Einfachheit halber wurde vorläufig nur eine einzige Unterbrechungsstelle eines derartigen Schalters ausgeführt. Da nach Fertigstellung des Schalters bereits der neue Generator unseres Hochleistungs-Prüffeldes[8] zur Verfügung stand, konnte an dem vorliegenden Schaltermodell das gewählte Schalterprinzip auf Herz und Nieren geprüft werden.

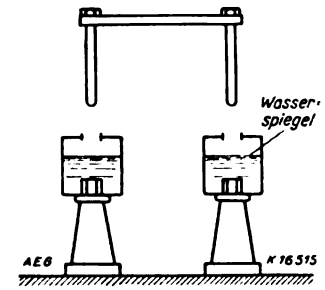


Abb. 7. Schematische Darstellung des einpoligen Löschkammer-Wasserschalters.

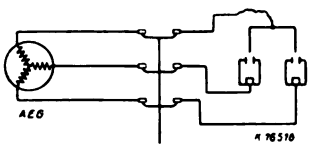


Abb. 8. Kunstschaltung.

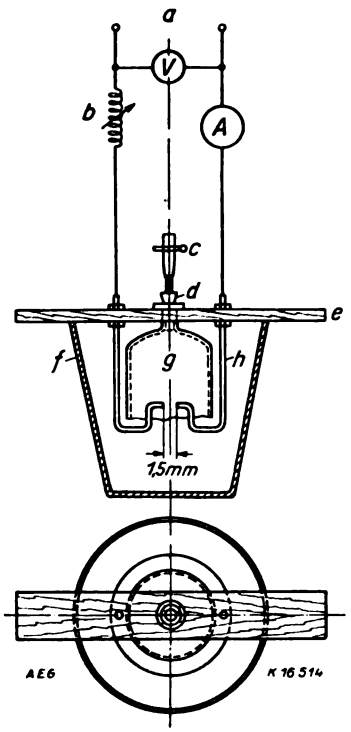


Abb. 6. Versuchsanordnung zum Nachweis des Knallgases.

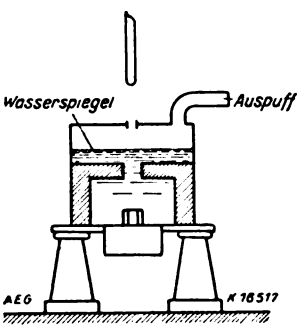


Abb. 9. Schematische Darstellung des neuen Wasserschalters.

Bei Betrachtung der in Zahlentafel 4 niedergelegten Versuchsergebnisse ist zu berücksichtigen, daß der Versuchschalter nur eine einzige Unterbrechungsstelle besaß, während ein wirklich zu erbauender Schalter zwei derartige Unterbrechungsstellen je Pol erhalten würde. Da die Abschaltleistung zweier Unterbrechungsstellen gleich dem Doppelten derjenigen einer Unterbrechungsstelle gesetzt werden kann und da ferner die Abschaltleistung eines dreipoligen Schalters doppelt so groß wie die eines Poles ist, so erhält man die auf einen dreipoligen Schalter bezogene Abschaltleistung, indem man die Zahlen der vorletzten Spalte der Zahlentafel 4 mit vier multipliziert. Daraus folgt, daß mit dem Versuchschalter auf Anhieb Leistungen unterbrochen werden konnten, die einer dreipoligen Abschaltleistung von 1,1 Mill kVA entsprechen. Im ganzen Leistungsbereich waren am Schalter nicht die geringsten äußeren Erscheinungen bemerkbar, es wurde kein Wasser ausgeworfen, es war nicht das geringste Geräusch zu vernehmen, es war keine Erschütterung des Schalters wahrnehmbar. Damit ist bewiesen, daß das gewählte Prinzip an sich die Beherrschung größter Abschaltleistungen ermöglicht.

[8] Vgl. ETZ 1929, S. 1118.

Zahlentafel 4. Auslese aus Versuchsreihen am Löschkammer-Wasserschalter mit Kondensationskammer.

Versuch Nr.	Füllmittel	Erregerstrom des Generators A	Strom bei Beginn der Unterbrechung A	wiederkehrende Spannung V	abgeschaltete Kurzschlußleistung kVA	Lichtbogendauer in Halbperioden
1	Wasser	110	6 500	3 200	22 000	1
2	„	160	11 000	4 700	52 000	1
3	„	240	16 000	6 300	100 000	1
4	„	380	22 500	7 800	175 000	2
5	„	500	29 000	9 200	270 000	2

IV. Wasserschalter oder Druckgasschalter?

Als die Versuche mit dem Wasserschalter in vollem Gange waren, kam Prof. Ruppel mit seinen die Verwendung von Druckgas betreffenden Vorschlägen zu uns. Es wäre zu verstehen gewesen, wenn wir in Anbetracht des günstigen Verlaufs unserer Versuche und in verständlicher Erfindereitelkeit die Ruppelschen Vorschläge ohne eingehendere Prüfung zurückgewiesen hätten. Daß dieser Fall nicht eintrat, liegt daran, daß bei näherer Prüfung die Verwendung von Druckgas als Löschmedium doch recht bestechende Vorteile zu bieten schien. Rein äußerlich schien uns zunächst als Vorteil des Druckgases seine große Sauberkeit im Betriebe; es gibt keine Planscherei mit irgendwelchen Flüssigkeiten, das verbrauchte Gas ist nach der Schaltung ohne Schwierigkeit und ohne irgendwelche Belästigungen der Umgebung ins Freie zu leiten. Dann schienen mit der Verwendung des Druckgases mit einem Schlage alle die Isolation des Schalters betreffenden Schwierigkeiten gelöst. Das Gas ist leicht zu trocknen und ist, da es unter Überdruck steht, der beste Isolator, den man sich denken kann. Auf dieser Eigenschaft beruht ja auch gerade, wie die späteren Versuche zeigten, zu einem großen Teil die ausgezeichnete Löschfähigkeit des Druckgasschalters. Auch scheint uns die Frage der Vorratshaltung des Löschmediums beim Druckgasschalter leichter lösbar zu sein als bei einem Wasserschalter. Auf diesen Punkt hoffe ich in einer späteren Arbeit nochmals besonders zurückkommen zu können.

Wenn es sich bei den bisher angeführten Vorteilen des Druckgasschalters mehr oder weniger nur um Äußerlichkeiten handelt, so scheint indes das Prinzip des Druckgasschalters zwei Vorzüge in sich zu bergen, die trotz der nachgewiesenermaßen großen Leistungsfähigkeit des Wasserschalters unsere Entscheidung endgültig zugunsten des Druckgasschalters beeinflußten. Der eine Vorteil des Druckgasschalters ist die absolute Unmöglichkeit des Auftretens von Explosionen, wie sie im weiteren Sinne des Wortes bei jedem geschlossenen, Flüssigkeiten enthaltenden Schalter eintreten können. So sind beispielsweise auch bei dem Schalter nach Abb. 9 unter dem Einfluß von Stehlichtbogen Drucksteigerungen möglich, die das Schaltergefäß zum Zerknallen bringen und die dann stets eine Gefahr für die Umgebung des Schalters bilden. Beim Druckgasschalter ist ein derartiges Zerknallen ausgeschlossen, und es sei hier nochmals auf Abb. 4 verwiesen, die ungefähr das Schlimmste zeigt, das an einem Druckgasschalter geschehen kann. Ferner scheint uns das Druckgasprinzip das gegebene Prinzip zur Weiterentwicklung des Schalters für die höchsten Betriebspannungen zu sein. Gerade bei hohen Spannungen dürfte zweifellos der Wasserschalter erhebliche Schwierigkeiten bieten, während der Druckgasschalter, wie ich im vorhergehenden zeigen konnte, gerade bei hohen Spannungen seine großen Vorzüge voll zur Geltung bringt.

Digitized by Google

Hochspannungs-Quecksilberdampf-Gleichrichter zur Speisung von Röhrensendern.

Von Dipl.-Ing. Fr. Mertens, Mannheim.

Übersicht. **Der für hohe Gleichspannungen entwickelte Quecksilberdampf-Gleichrichter erscheint berufen, in Zukunft die Anodenspeisung der Röhrensender insbesondere in Großfunkstationen zu übernehmen. Nach einem Vergleich mit den bisher verwendeten Anodenstromquellen werden Entwicklung, Ausführung und Betriebsergebnisse der Hochspannungs-Quecksilberdampf-Gleichrichter beschrieben.**

Quecksilberdampf-Gleichrichter für hohe Spannungen haben in den letzten Jahren als Anodenstromquelle für die Röhrensender der Funktechnik ein neues, sehr aussichtsreiches Anwendungsgebiet gefunden, da sie gegenüber den bisher verwendeten Methoden entscheidende Vorteile technischer und wirtschaftlicher Art bieten. Die Betriebsbedingungen dieses neuen Arbeitsgebietes sind weniger bekannt und sollen deshalb kurz beschrieben werden.

Der Röhrensender ist ein Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer, der mit hochgespanntem Gleichstrom gespeist wird und diesen in hochfrequenten Wechselstrom umwandelt. Die Spannung des Gleichstromes muß mit wachsender Sendeleistung erhöht werden und beträgt heute bei Sendern von einigen Kilowatt Leistung etwa 5000 V, während Sender von etwa 100 kW Leistung bereits Anodenspannungen von 10 000 ... 15 000 V benötigen. Spannungen bis zu 30 000 V dürften in Kürze angewendet werden. Die Anforderungen an die Leistung der Anodenstromquellen sind neuerdings auf über 400 kW bei Groß-Rundfunksendern und bis zu rd. 800 kW bei kommerziellen Anlagen gesteigert worden.

Die Erzeugung dieser Gleichstromleistungen bei Spannungen bis 15 000 V läßt sich mit den bisherigen Methoden nur unter einer bedeutenden Steigerung der Anlagekosten erreichen. Ferner hat durch die Erhöhung der Sendeleistungen der Stromverbrauch, der sich bei vielen Anlagen heute schon auf mehrere Millionen Kilowattstunden im Jahre beläuft, größeren Einfluß auf die Betriebskosten der Anlagen gewonnen, so daß man den Wirkungsgrad nicht mehr vernachlässigen kann, wie dies früher bei Sendern mit wenigen Kilowatt Leistung geschehen durfte. Diese Verhältnisse haben die Einführung des Quecksilberdampf-Gleichrichters sehr beschleunigt, da sie seine Vorzüge gegenüber den bisherigen Verfahren deutlicher hervortreten ließen. Als Anodenstromquellen dienten bisher fast ausschließlich Motorgeneratoren mit Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen oder Glühkathodenröhren-Gleichrichter. Ein Vergleich der drei Methoden nach Spannungs- und Leistungsgrenzen, Anlage- und Betriebskosten, Wirkungsgrad und Einfachheit soll den außerordentlichen Fortschritt zeigen, der durch die Einführung des Quecksilberdampf-Gleichrichters erzielt worden ist.

Motorgeneratoren mit Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen.

Die Motorgeneratoren erzeugen die benötigte hohe Gleichspannung meist durch Reihenschaltung mehrerer isoliert aufgestellter Generatoren gewöhnlicher Bauart, wie es bereits von Thury[1] ausgeführt wurde. Man kann auf diese Weise alle in absehbarer Zeit für Röhrensenderspeisung benötigten Leistungen und Spannungen erreichen. Da man aber aus konstruktiven Gründen mit der Spannung der einzelnen Maschinen normalerweise nicht über etwa 3000 V hinausgeht, wird dies Verfahren mit steigender Spannung immer ungünstiger, sind doch bei 15 000 V bereits fünf in Reihe geschaltete Generatoren erforderlich. Man schritt deshalb zum Bau von Hochspannungsmaschinen, welche die gesamte Spannung auf einem Anker erzeugen, bei höheren Spannungen allerdings meist unter Verwendung von zwei Wicklungen und zwei Kommutatoren, die in Reihe geschaltet sind. Die Spannungsgrenze dieser Maschinen liegt in der Praxis z. Z. etwa bei 12 000 V; darüber hinaus sind nur Versuchsmaschinen gebaut worden. Bei höheren Spannungen muß also auch hier wieder zur Reihenschaltung gegriffen werden.

Die Anschaffungskosten der Hochspannungs-Maschinensätze sind verhältnismäßig hoch und wachsen sehr rasch mit steigender Spannung. Denn entweder müssen viele kleine, dazu noch teure Maschinen verwendet werden oder es bedingen bei Aufstellung nur einer Maschine die Isolationsverhältnisse und andere Gründe ungewöhnlich große Abmessungen. Der Preis wird ferner dadurch erhöht, daß eine genügende Betriebsicherheit nur dann erreicht werden kann, wenn die Fabrikation mit größter Sorgfalt vorgenommen wird. Schäden erfordern bei fast allen Konstruktionen der Hochspannungsmaschinen eine vollständige Neuwicklung des Ankers, der den wertvollsten Teil der Maschine bildet, und somit eine längere Außerbetriebsetzung.

Der Wirkungsgrad dieser rotierenden Umformer ist im Verhältnis zu dem mit Gleichrichtern erzielbaren niedrig wegen der doppelten Energieumformung und der Anwendung mehrerer kleiner oder unverhältnismäßig großer Maschinen zur Gleichstromerzeugung. Weitere Nachteile sind die geringe Überlastungsfähigkeit der Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen im Gegensatz zu den Quecksilberdampf-Gleichrichtern, die sich hier besonders günstig verhalten, der verhältnismäßig große Platzbedarf und die Verteuerung der Antriebsmotoren, wenn der Anschluß an höhere Drehstromspannungen erfolgen muß, was bei den Standorten der Sender, entfernt von den Großstädten, fast immer der Fall ist. In vielen Fällen wird man die Verwendung von Zwischentransformatoren, die den Preis verteuern und den Wirkungsgrad verschlechtern, nicht vermeiden können.

Als ein Vorteil der Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen wird gewöhnlich angeführt, daß sie bei zweckmäßiger Konstruktion eine erheblich kleinere Siebkette benötigen. Dieser Vorteil ist in Wirklichkeit aber nicht vorhanden. Aus Gründen, die später noch erwähnt werden sollen, sind sehr große Überbrückungs-Kondensatoren für die Gleichstromquellen erforderlich. Diese Kondensatoren, die bei Maschinen und Gleichrichtern praktisch gleichgroß sein müssen, bilden aber gleichzeitig den größten und teuersten Teil der Siebkette. Die Begrenzungsdrossel der Siebkette beeinflußt die Anlagekosten nur unwesentlich.

Glühkathodenröhren-Gleichrichter.

Es werden hier einphasige Hochvakuumventile (Kenotron) verwendet, die an einen sechsphasigen Transformator angeschlossen werden. Die Schwankungen des Gleichrichterstromes werden durch Filter beseitigt. Da man gewöhnlich dieselben Röhren wie für die Sender benutzt, die nur kein Gitter zu erhalten brauchen, können die Spannungs- und Leistungsgrenzen der Sender immer erreicht werden. Die Hochvakuum-Glühkathoden-Gleichrichter besitzen schwerwiegende Nachteile, besonders wirtschaftlicher Art. Die Anlagekosten sind hoch, vor allem bei großen Leistungen, die bis jetzt nur durch Parallelschaltung vieler Röhren erreicht werden. Höhere Spannungen dagegen vermindern die Kosten wieder. Die Betriebs- und Unterhaltungskosten erreichen einen hohen Wert, da die kostspieligen Röhren nur eine Lebensdauer von wenigen tausend Stunden haben. Bei den Betriebsverhältnissen der heutigen Sender müssen die Gleichrichterröhren etwa jedes Jahr erneuert werden!

Der Wirkungsgrad ist relativ niedrig. Dies wird verursacht durch den hohen Spannungsabfall in den Röhren selbst infolge der negativen Raumladung vor der Kathode. Der Wirkungsgrad steigt zwar wie bei allen Gleichrichtern mit der Spannung, ist aber auch bei 12 000 V einschließlich der Heizverluste in den Röhren nur rd. 80 %. Der Spannungsabfall in den Röhren, der dem Strom proportional ist, hat außerdem ein unangenehmes Ansteigen der Gleichspannung bei Entlastung zur Folge. Weitere Nachteile sind die Betriebsunterbrechungen durch das Auswechseln schadhafter Röhren, der hohe Kühlwasserverbrauch zur Abführung der Verlustwärme der Röhren und der große Platzbedarf.

Man hat schon seit langem versucht, den Wirkungsgrad der Glühkathoden-Gleichrichter durch eine Gasfüllung zu verbessern, wodurch die negative Raumladung vor der Kathode aufgehoben wird. Durch neuere amerikanische Arbeiten sollen wesentliche Fortschritte erzielt worden sein, doch liegen außer Laboratoriumsversuchen noch keine längeren Betriebserfahrungen vor. Jedenfalls würden auch diese gasgefüllten Glühkathoden-Gleichrichter gegenüber den Quecksilberdampf-Gleichrichtern, insbesondere den Eisengleichrichtern mit praktisch unbegrenzter Lebensdauer keine Vorteile bieten.

Quecksilberdampf-Gleichrichter.

Der Quecksilberdampf-Gleichrichter ist der ideale Umformer zur Erzeugung von hochgespanntem Gleichstrom. Infolge der Aufhebung der Raumladung vor der Kathode

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 114.

Digitized by Google

durch die positive Ionenströmung ist der Spannungsverlust im Gleichrichter sehr gering, etwa 20 V. Der Wirkungsgrad η ist nur eine Funktion der Gleichspannung e_g, $\eta = \frac{e_g}{e_g + 20}$. Er beträgt bei 5000 V bereits 99,6 %, bei 20 000 V sogar 99,9 %! Der Quecksilberdampf-Gleichrichter ist deshalb bei hohen Spannungen als praktisch verlustfrei zu betrachten. Der Verlust von wenigen Watt in den Hilfsbetrieben ist ebenfalls zu vernachlässigen. Die Wirkungsgradverbesserung beträgt somit im Mittel gegenüber den Motorgeneratoren 15 %, gegenüber den Glühkathoden-Gleichrichtern 20 %. Das bedeutet beispielsweise bei einem Sender mit 400 kW Gleichstromaufnahme und 5000 Benutzungstunden im Jahr eine Ersparnis von rd. 400 000 kWh im Jahr. Dieser wirtschaftliche Vorteil allein würde für die Wahl der Umformungsart entscheidend sein, selbst wenn sonst keine Vorzüge des Gleichrichters vorhanden wären.

Bisher sind Quecksilberdampf-Gleichrichter bis 16 000 V in einem Gefäß ausgeführt und erprobt worden. Diese Spannung genügt z. Z. allen Ansprüchen. Die Versuche lassen jedoch erwarten, daß mit einem Gleichrichter noch erheblich höhere Spannungen erreicht werden können. Natürlich könnte man auch bei Gleichrichtern zur Reihenschaltung mehrerer Zylinder greifen, wobei die einzelnen Gleichrichter aus mehreren getrennten Sekundärwicklungen eines gemeinsamen Transformators gespeist werden können. Bisher ist dies Verfahren jedoch nicht notwendig geworden. Die Strombelastbarkeit einer Gleichrichtertype geht zwar mit höherer Spannung zurück, jedoch nicht proportional der Spannung, so daß die Leistung der Type mit der Spannung anwächst. Die mit Quecksilberdampf-Gleichrichtern erzielbaren Leistungen liegen heute weit über den für Senderspeisung benötigten Werten.

Die Anlagekosten einer Quecksilberdampf-Gleichrichteranlage sind einschließlich Siebkette geringer als bei rotierenden Umformern und Glühkathoden-Gleichrichtern. Der Unterschied vergrößert sich mit wachsender Spannung und Leistung, da die gleiche Gleichrichtertype bei höherer Spannung größere Leistung abgeben kann. Die Lebensdauer des Quecksilberdampf-Eisengleichrichters ist praktisch unbegrenzt, da keine der betriebsmäßigen Abnutzung unterworfenen Teile vorhanden sind. Man kann deshalb außer mit geringen Unterhaltungskosten auch mit dem kleinsten Abschreibungsatz rechnen. Bezüglich der Betriebsicherheit stehen die Hochspannungstypen der Quecksilberdampf-Gleichrichter den bewährten Niederspannungstypen nicht nach. Die praktisch möglichen Störungen lassen sich in kurzer Zeit an Ort und Stelle beheben. Wertvolle Vorzüge sind noch die große Überlastungsfähigkeit, die vollkommene Unempfindlichkeit gegenüber Kurzschlüssen im Röhrensender, der geringe Platzbedarf und die Geräuschlosigkeit.

Entwicklung der Hochspannungs-Quecksilberdampf-Gleichrichter.

Die Entwicklung des Hochspannungs-Quecksilberdampf-Gleichrichters in seiner Ausführung als Eisengleichrichter, die allein für größere Leistungen in Frage kommt, wurde zum größten Teil in den Versuchsräumen von Brown, Boveri & Cie. vorgenommen. Diese Arbeiten führten zum Bau von betriebsicheren Gleichrichtern bis zu 13 000 V und über 1000 kW in einem Gefäß bereits zu einer Zeit, als noch keine praktische Verwendungsmöglichkeit hierfür bestand. Es liegt hier also einer der Fälle vor, wo die Entwicklung dem Bedarf vorangeeilt ist. Glasgleichrichter für Spannungen bis 12 000 V wurden von der Gleichrichter-Gesellschaft m. b. H., Berlin, entwickelt. Weitere Arbeiten sind von der Soc. Anon. Hewittic, der Westinghouse Electric & Mfg. Co. und dem russischen Radiolaboratorium in Nishnij Nowgorod bekannt geworden, die sich jedoch ausschließlich auf Glasgleichrichter kleinerer Leistung erstreckten.

Während Glasgleichrichter zur Röhrensenderspeisung schon vor mehreren Jahren verwendet wurden, konnte der Großgleichrichter, der in erster Linie für die Versorgung von Großfunkstationen in Frage kommt, erst vor kurzem in die Funktechnik eindringen. Dies erklärt sich dadurch, daß bis vor kurzem nur Leistungen von wenigen Kilowatt und Spannungen bis etwa 5000 V benötigt wurden, bei denen die Vorteile des Quecksilberdampf-Gleichrichters im Verhältnis zur Gesamtanlage noch nicht so ins Gewicht fielen. Beim Eisengleichrichter war außerdem die kleinste Type für die kleinen Sendeleistungen noch viel zu groß, so daß sich relativ hohe Anschaffungskosten ergeben hätten.

Der Eisengleichrichter für hohe Spannungen hat daher seine praktische Erprobung auf anderen Gebieten durchgemacht:

1919 kam der erste Quecksilberdampf-Großgleichrichter über 1000 V für eine Bahnanlage erfolgreich in Betrieb,
1921 wurde bereits die französische Südbahn mit Gleichrichtern für 1650 V elektrisiert,
1924 bestand der erste 4000 V-Eisengleichrichter mit 800 kW Leistung seine praktische Erprobung auf einer italienischen Vollbahn,
1926 konnte die erste Quecksilberdampf-Gleichrichter-Anlage für 12 000 V Gleichspannung und 180 kW Leistung in einem Zylinder erfolgreich in Betrieb gesetzt werden (die Anlage dient industriellen Zwecken),
1927 wurde eine gleiche Anlage mit 500 kW Leistung bei 5000 V nachbestellt,
1929 endlich konnte die erste Großgleichrichter-Anlage für Röhrensenderspeisung in Betrieb genommen werden. Die Leistung beträgt bereits 400 kW bei 12 000 V. Die Anlage wurde für die Marconi-Gesellschaft geliefert und in der Sendeanlage Chelmsford aufgestellt.

Auf Grund der guten Betriebsergebnisse sind z. Z. mehrere größere Anlagen im Bau, ferner schweben Projekte, die Wirtschaftlichkeit bestehender Anlagen durch Einbau von Quecksilberdampf-Gleichrichtern zu erhöhen.

Ausführung der Anlagen.

Eine Besprechung der besonderen Betriebsbedingungen und Konstruktionen der Quecksilberdampf-Gleichrichter für hohe Spannungen liegt nicht im Rahmen dieses Aufsatzes. Die bewährte Konstruktion der BBC-Großgleichrichter konnte auch für Hochspannung in der grundsätzlichen Ausführung beibehalten werden. Abb. 1 zeigt einen solchen Gleichrichter für eine Spannung von 12 000 V und eine Leistung von rd. 400 kW. Da die Konstruktion aus der Praxis und vielen Veröffentlichungen[2] bekannt ist, sollen hier nur einige Ausführungseinzelheiten erwähnt werden, die bei Anlagen zur Senderspeisung von Interesse sind.

In den Sendeanlagen wird meistens der Minuspol geerdet, so daß der Gleichrichter die volle Spannung gegen Erde führt. Infolgedessen müssen die Hilfsapparate, die mit dem Gleichrichtergefäß in Verbindung stehen und dessen Potential annehmen können, gegen Erde für die volle Gleichspannung isoliert sein. Um ferner den Eintritt der hohen Gleichspannung in das Drehstrom-Hilfsnetz zu verhindern und um eine ungefährliche Bedienung vornehmen zu können, speist man die Hilfsapparate über besondere Isoliertransformatoren mit hoher Prüfspannung, auf deren Niederspannungseite man dann in gewohnter Weise die Schalthandlungen ausführt. Die Hilfsapparate sind übrigens die gleichen wie in Niederspannungsanlagen.

Die Kühlung gestaltet sich sehr einfach, da die Verluste meistens so klein sind, daß sie schon durch die natürliche Wärmeabgabe des Gleichrichters abgeführt werden. Beträgt doch bei einem 400 kW-Gleichrichter und 12 000 V der Lichtbogenverlust im Zylinder nur rd. 700 W! Wenn man zur künstlichen Kühlung greifen muß, führt man das Kühlwasser über lange, dünne Schläuche oder isolierte Rohre zu, so daß ein ausreichender Isolationswiderstand gegeben ist. Bei Mangel an Frischwasser genügt eine kleine Rückkühlanlage, die man dann isoliert aufstellt. Meistens aber wird man den Gleichrichter an die stets für die Senderöhren erforderliche größere Kühlanlage anschließen können. Die gleichen Lösungen trifft man für die Kühlung der Quecksilberdampfpumpe. Bei kleineren Leistungen werden auch Glasgleichrichter verwendet. Abb. 2 zeigt einen Hochspannungs-Gleichrichter der Gleichrichter-Gesellschaft m. b. H., Berlin. Aus der Abbildung ist die für hohe Spannungen typische Verlängerung der Anodenarme zu ersehen.

Von besonderer Wichtigkeit ist bei Telephoniesendern die Bemessung der Siebkette, da hiervon die Tonreinheit und Störungsfreiheit der Sendung abhängig sind, an die man heute sehr hohe Anforderungen stellt. Die Bemessung der Siebkette richtet sich in erster Linie nach der Modulationsgüte des Senders und den Überspannungen, die z. B. bei plötzlicher Unterbrechung des Anodenstromes der Senderöhren auftreten können. Dadurch ergibt sich ein sehr großer Überbrückungskondensator, unabhängig davon, ob Maschinen oder Gleichrichter den Anodenstrom liefern. Der Kondensator wird so groß, daß nur noch eine verhältnismäßig kleine Begrenzungsdrosselspule erforderlich wird, um die Welligkeit auch der Gleichrichter auf weniger als 1 Tausendstel der Gleichspannung herabzusetzen.

Die Aufstellung einer Hochspannungs-Gleichrichteranlage weicht von der üblichen Bauweise bei Niederspannung ab. Man stellt Transformator, Gleichrichter,

[2] BBC-Mitt. und BBC-Nachr. der Jahre 1927/29.

Digitized by Google

Hilfsapparate und Siebkette in einem Raum dicht nebeneinander auf und führt die Verbindungsleitungen nach Möglichkeit blank auf dem kürzesten Wege von Apparat zu Apparat. Da die Ströme klein sind, kann man häufig die Leitungen ohne Unterstützungen frei durch den Raum führen. Der gesamte Raum für die Gleichrichteranlage ist als Hochspannungsraum durch ein Geländer abgetrennt und kann von einem Bedienungsgang aus in allen Einzelheiten während des Betriebes überblickt werden. Diese Anordnung deckt sich übrigens mit der für den Hochfrequenzteil der Sender üblichen Aufstellung.

Betriebsergebnisse.

Die Betriebsergebnisse der bis jetzt ausgeführten Hochspannungs - Quecksilberdampf - Gleichrichteranlagen sind gut und stehen denen der Niederspannungsanlagen nicht nach. Bahnanlagen haben unter schärfster Belastung bereits lange Jahre zuverlässig gearbeitet; für industrielle Zwecke gelieferte Anlagen sind eine Reihe von Jahren ohne Störungen in Betrieb gewesen, wobei sie zeitweilig wochenlang ohne jede Unterbrechung mit Vollast betrieben wurden. Ebenso hat eine für Röhrensenderspeisung gelieferte Anlage mit 13 000 V zur vollen Zufriedenheit gearbeitet.

Es ist zu hoffen, daß durch das beschriebene Anwendungsgebiet die Entwicklungsarbeiten am Hochspannungs-Quecksilberdampf-Gleichrichter neue Anregung erhalten und daß dem hochgespannten Gleichstrom, der gerade in letzter Zeit auf verschiedenen Gebieten wieder große Bedeutung gewonnen hat, durch Verbesserung und Verbilligung seiner Erzeugungsmethoden weitere Anwendungsmöglichkeiten erschlossen werden.

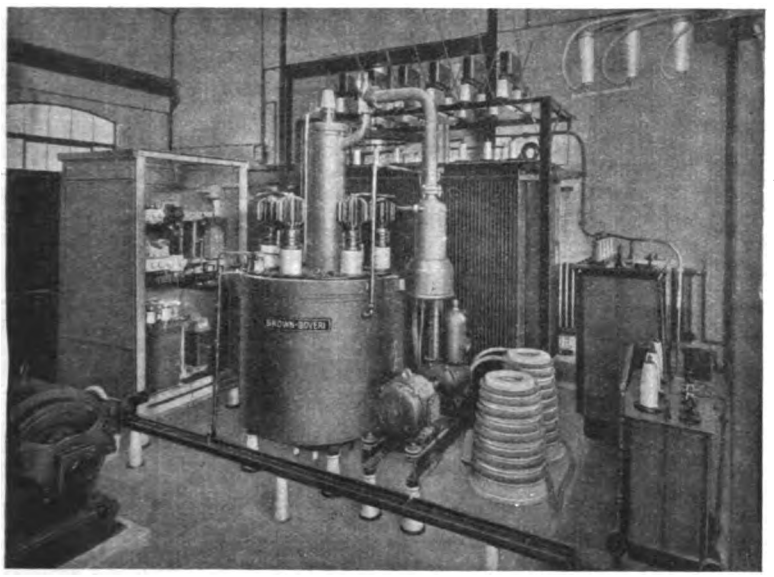


Abb. 1. Erste Großgleichrichter-Anlage zur Speisung eines Telephoniesenders in der Versuchsanlage Chelmsford der Marconi-Gesellschaft. Leistung 400 kW bei 12 000 V Gleichspannung (BBC).

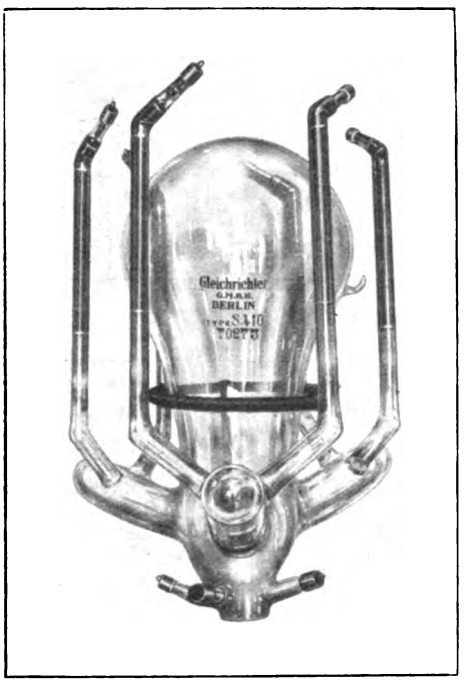


Abb. 2. Glasgleichrichter für eine Gleichspannung von 12 000 V (Gleichrichter-G. m. b. H., Berlin).

Der neue temperaturunabhängige Induktionszähler der Siemens-Schuckertwerke, eine einfache Lösung auf dem Gebiete des Temperaturfehler-Ausgleichs.

(Mitteilung aus dem Zählerlaboratorium der SSW.)

Von A. Callsen, Nürnberg.

Übersicht. **Es wird nach einer kurzen Erklärung der Theorie der Temperaturabhängigkeit des Induktionszählers ein Überblick über bisher bekannt gewordene Mittel zur Beseitigung der Temperaturfehler gegeben und die Lösung erläutert, die die SSW bei ihrem neuen Kleinabnehmerzähler, Form W 9, angewandt haben.**

Bei einem Rückblick über die Geschichte des Elektrizitätszählers findet man schon von den ersten Jahren der Zählerentwicklung an das Bestreben, die Angaben des Zählers vom Temperatureinfluß unabhängig zu machen. Der temperaturunabhängige Wechselstromzähler konnte aber zunächst keinen Eingang in die Praxis finden, da früher einerseits das Bedürfnis nach so hoher Meßgenauigkeit nicht vorhanden war, anderseits aber die vorgeschlagenen Mittel auch technisch und wirtschaftlich unvollkommen waren. Nachdem nun in den letzten Jahren die Anforderungen an die Meßgenauigkeit des Zählers immer mehr wuchsen, wurde es sehr wünschenswert, die Temperaturabhängigkeit auf eine in jeder Beziehung einwandfreie Weise zu beseitigen. Der hier niedergelegte Überblick möge nun zeigen, auf wie verschiedenartige Weise man das Problem angefaßt hat und daß es gelungen ist, auch auf diesem Gebiete des Zählerwesens einfache, gute Lösungen zu finden und zur Erhöhung der Meßgenauigkeit der Zähler praktisch zu verwerten.

Zur besseren Beurteilung der Wirkungsweise der verschiedenen Kompensationsmittel erscheint es zweckmäßig, zunächst das Wesen der Temperaturabhängigkeit zu erwähnen. Um uns hierbei kurz fassen zu können, haben wir in Abb. 1 den Aufbau und in Abb. 2 die Diagramme des Induktionszählers wiedergegeben. Aus diesen Abbildungen kann man die im folgenden verwendeten Begriffe, soweit sie nicht im Text erklärt sind, entnehmen. Der vom Laststrom J erzeugte Stromtriebfluß Φ_J gibt zusammen mit dem Spannungstriebfluß Φ_U, der proportional der Spannung U ist, der Läuferscheibe ein Drehmoment M_d. Dieses ist bei richtiger Phasenabgleichung der Flüsse bei einem Wirkverbrauchzähler proportional der im Netz herrschenden Wirkleistung $U J \cos\varphi$. Ebenso ist die Drehzahl n der Zählerscheibe, die durch den Bremsfluß Φ_M eines

Digitized by Google

Stahlmagneten auf einen gewünschten Wert eingestellt wird, proportional der Wirkleistung[1]. Die allgemeine Drehzahlformel des Induktionszählers lautet dann

$$n = \frac{\Phi_U \Phi_J \cos\varphi \; *^2}{B_r} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

oder in anderer Schreibweise

$$n = \frac{\Phi_U \Phi_J \sin(\chi - \psi_J)}{B_r}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

wo $\chi - \psi_J = \sigma$ ist.

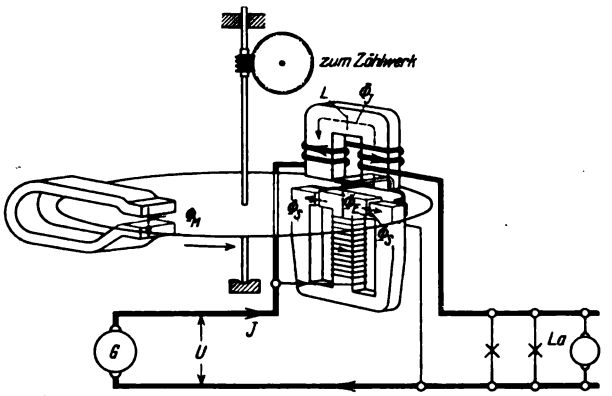
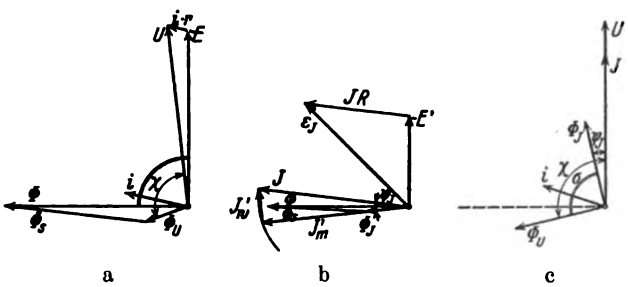


Abb. 1. Anordnung der wichtigen Teile und Schaltung des Induktionszählers (Form W 8 der SSW).

Die Bedeutung dieser Winkel geht ohne weiteres aus den Diagrammen der Abb. 2 hervor. Der Winkel χ gibt die Verschiebung zwischen der Klemmenspannung U und dem Spannungstriebfluß Φ_U an (Abb. 2a); der Winkel ψ_J ist der Nacheilwinkel des Stromtriebflusses Φ_J gegen den Laststrom J (Abb. 2b) und σ die Verschiebung der Triebflüsse gegeneinander, die beim Wirkverbrauchzähler bei $\cos\varphi = 1$ gleich 90° sein muß (Abb. 2c). Wenn $\sigma = 90°$



a b c

Abb. 2. Die Diagramme des Induktionszählers: a des Spannungseisens b des Stromeisens, c des Triebsystems bei $\cos\varphi = 1$.

ist, muß $\chi > 90°$ sein. Um dies zu erreichen, wird der Gesamtfluß des Spannungseisens über 2 Flußpfade in einen motorisch unwirksamen Nebenschlußfluß oder Streufluß Φ_S und einen auf die Läuferscheibe einwirkenden Triebfluß Φ_U aufgeteilt. Der Aufbau des Spannungseisens ist aus Abb. 1 und in der Grundform aus Abb. 3 ersichtlich. Das Diagramm des Spannungseisens entspricht demnach dem Diagramm eines leerlaufenden Transformators mit Luftspalt im Eisenpfad und sehr starker Primärstreuung.

Das Wesen der Temperaturabhängigkeit des Induktionszählers.

Bei Temperaturerhöhung treten Fehler in der Drehzahl des Zählers auf, da

1. der Fluß des Bremsmagneten kleiner wird,
2. der Widerstand der Erregerspule des Spannungseisens zunimmt und
3. der Widerstand der Zählerscheibe ansteigt.

Der Einfluß 1. verursacht eine Zunahme der Drehzahl n. Der Einfluß 2., die Widerstandserhöhung der Spannungspule, verkleinert nach Diagramm Abb. 2a den Winkel χ zwischen Spannungstriebfluß und Klemmenspannung und bedingt dadurch nach Diagramm Abb. 2c eine Lagenänderung von Φ_U gegen Φ_J (kleinerer Winkel σ). Der Einfluß 3., die Widerstandsänderung der Scheibe, wirkt nicht unmittelbar auf die Drehzahl des Zählers ein, da Drehmoment und Bremsmoment im gleichen Sinne abnehmen. Mittelbar entsteht aber bei Temperaturerhöhung durch die verminderte Rückwirkung der Scheibenströme auf das Zählertriebsystem eine Zunahme des Spannungstriebflusses Φ_E und Stromtriebflusses Φ_J, ferner eine weitere Änderung des Abgleichwinkels σ.

Da über die Größenordnung des Einflusses 3. in Fachkreisen die Meinungen auseinander gehen, seien an dieser Stelle die Diagramme des Triebsystems eines normalen Wechselstromzählers für zwei verschiedene Temperaturen angegeben (Abb. 3). Die Diagramme für die höhere Temperatur ($t = 70°$) sind auf Grund einer neuartigen Methode rechnerisch ermittelt[3]. Das Diagramm des Spannungs- und Stromeisens ist bei $t = 20°$ ausgezogen gezeichnet, bei $t = 70°$ gestrichelt[4]. Das Spannungseisen-Diagramm unterscheidet sich von dem Diagramm in Abb. 2 dadurch, daß hier der Eisenverluststrom i_v im Zuleitungspfad *1* zu der Flußverzweigung (*2*, *3*) besonders berücksichtigt ist; für die Berechnung des Diagramms bei $t = 70°$ war dies erforderlich. In dieser Abbildung ist auch die Grundform des Spannungseisens zur Erläuterung der im Diagramm angegebenen Bezeichnungen wiedergegeben. Aus den maßstäblich gezeichneten Diagrammen erkennt man die Rückwirkung der Scheibenströme auf den magnetischen Kreis: Bei $t = 70°$ wird der Scheibenstrom des Spannungseisens $i_{sch\,(U)}$ und des Stromeisens $J_{sch\,(J)}$ um etwa 20 % kleiner. Dies verursacht eine kleinere Nacheilung von Φ_U gegen Φ und von Φ_J gegen J. Die Diagramme zeigen, daß diese Winkeländerung beim Spannungseisen größer ist als beim Stromeisen. Der Grund hierfür ist der größere Luftspalt des Stromeisens. Die Triebflüsse Φ_U und Φ_J nehmen bei der erhöhten Temperatur zu, da sie weniger belastet sind.

Auf Grund der Rechnung ergeben sich bei $t = 70°$ folgende Fehler: Der Spannungstriebfluß Φ_U steigt um 2,4 %, der Stromtriebfluß Φ_J um 1 %. Ferner entsteht eine Verkleinerung von χ um 3° 42′ und von ψ_J um 2° 39′, so daß die Änderung des Winkels σ durch die verminderte Rückwirkung des Scheibenstromes rd. −1° beträgt. Hierzu kommt noch −1° durch den Einfluß des Ohmschen Spannungsabfalles in der Spannungserregerspule und eine durch Versuch bestimmte Abnahme des Bremsmomentes von −3,4 %. Man sieht aus dieser kurzen Zusammenstellung, daß die Rückwirkung der Scheibe einen wesentlichen Anteil an den Temperaturfehlern hat[5]. Die hier gefundenen Fehler von −2° Winkeländerung und +6,8 % Fluß- und Bremsänderung bei 50° Temperaturerhöhung liegen etwa in derselben Größenordnung wie die Meßfehler eines normalen Zählers. Man rechnet in der Praxis für 10° Temperaturerhöhung mit einem Fehler von +1,2 ... 1,5 % bei $\cos\varphi = 1$ (Triebfluß und Dämpfungsänderung) und einer Winkeländerung von −15 bis 25 Winkelminuten, die um so höhere Drehzahlfehler verursacht, je größer die Phasenverschiebung im Netz ist.

Die Beseitigung der Temperaturabhängigkeit des Induktionszählers.

Zur Beseitigung dieser Temperaturfehler sind nun wie anfangs erwähnt verschiedene Wege eingeschlagen worden. Man kann die Mittel je nach ihrer Wirkungsart in 3 Hauptgruppen einteilen:

1. Zur ersten Gruppe gehören diejenigen Anordnungen, bei denen man durch eine elektrische Kunstschaltung die Temperaturfehler kompensiert.

2. Anordnungen der zweiten Gruppe erstrecken sich auf eine Beeinflussung des Magneten.

3. In die dritte Gruppe fallen die Konstruktionen, die eine künstliche Beeinflussung der Triebflüsse verursachen.

---

[1] Näheres findet sich in den bekannten Fachbüchern über die Wirkungsweise der Zähler.

[*] Das Bremsmoment B_r setzt sich aus dem Bremsmoment des Stahlmagneten ($C_M \Phi_M^2$) und der Bremsung durch den Spannungstriebfluß und Stromtriebfluß ($C_E \Phi_E^2 + C_J \Phi_J^2$) zusammen. Die beiden letzteren Faktoren sind Bruchteile des ersteren.

[3] Callsen, Arch. El. Bd. 23, S. 40.

[4] Die Triebflüsse des Spannungseisens bei beiden Temperaturen sind unter dem Hauptdiagramm zur besseren Beurteilung der Lagen- und Größenänderung in größerem Maßstabe gezeichnet.

[5] Die Rückwirkung des Scheibenstromes ist abhängig vom Aufbau des Triebsystems, besonders hinsichtlich der Winkelbeeinflussung. Je kleiner der Luftspalt im Stromeisen und der Streufluß Φ_s des Spannungseisens ist, um so kleiner ist die resultierende Winkeländerung.

Digitized by Google

Als Beispiel der ersten Gruppe sind in Abb. 4 zwei elektrische Kunstschaltungen angegeben. Abb. 4 a stellt ein Zählerstromeisen mit besonderer Erregerspule dar[6]. In Reihe mit der normalen Stromwicklung *a* ist eine Stromverzweigung angeordnet, die aus einigen Windungen *b* eines Drahtes mit hohem Temperaturkoeffizienten α, z. B. Eisendraht, besteht und parallel dazu aus einer Wicklung *c* mit kleinem α (Konstantandraht). Diese Wicklung hat umgekehrten Wicklungsinn wie *a* und *b*. Mit erhöhter Temperatur steigt der Strom in der Wicklung *c* der Parallelschaltung an, da die Widerstandserhöhung von *b* größer ist als die von *c*. Infolge der Gegenschaltung von Wicklung *c* fällt damit der Triebfluß und erzeugt eine Temperaturfehler-Kompensation.

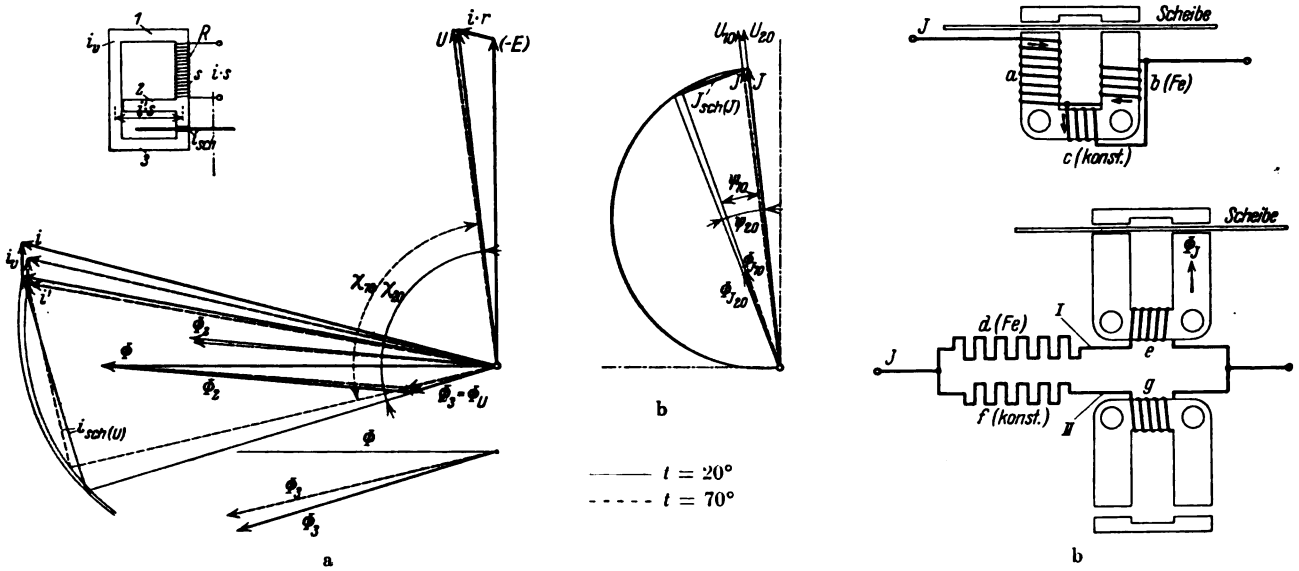


Abb. 3. Temperaturdiagramme des Induktionszählers und Grundform des Spannungseisens. a Diagramm des Spannungseisens. b Diagramm des Stromeisens.

Abb. 4. Elektrische Kunstschaltungen zur Beseitigung der Temperaturabhängigkeit, a nach Westinghouse El. Co., b nach SSW.

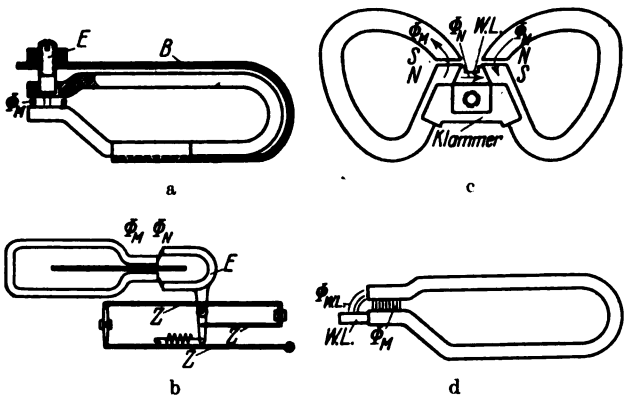
Abb. 4 b zeigt eine ähnliche Anordnung[7]: der Laststrom *J* durchfließt die parallelen Stromzweige *I* und *II*. Der Zweig *I* besteht aus einem Vorwiderstand *d* mit hohem α (Eisendraht) und einer normalen Stromwicklung *e*, die den Stromtriebfluß Φ_J erzeugt. Der parallele Zweig besteht aus einem Widerstandsdraht *f* mit kleinem α (Konstantandraht) und einer Stromspule *g* mit Stromeisen, das aber nicht motorisch wirksam ist, sondern nur zur Erzielung einer zweckdienlichen Phasenlage des Triebflusses Φ_J gegen den Gesamtstrom *J* dient. Auch hier wird, wie sich leicht nachweisen läßt, bei Temperaturerhöhung eine Verminderung der resultierenden Erreger-AW. des Stromeisens erzielt, wobei auch die Phasenlage von Φ_J gegen den Laststrom *J* so beeinflußt wird, daß eine Kompensation der Winkelfehler entsteht.

Zur Beseitigung der Temperaturfehler durch eine Beeinflussung des Magneten (Gruppe 2.) verwendet man temperaturempfindliche Mittel, Längenausdehnung von Metallstäben, Bimetallstreifen und magnetisch temperaturabhängige Legierungen, die die Bremswirkung des Magneten in Abhängigkeit von der Temperatur ändern.

Abb. 5 a zeigt eine Ausführung, bei der ein Bimetallstreifen *B* ein Eisenstück *E* bei erhöhter Temperatur der Scheibe nähert und so einen stärkeren Bremsfluß erzeugt, der die Temperaturfehler bei induktionsfreier Belastung kompensiert[8]. In ähnlicher Weise hat man eine Beeinflussung des Bremsmagneten durch einen magnetischen Nebenschluß erzielt. Bei Temperaturerhöhung wird dieser Nebenschluß vom Magnetmaul durch Bimetallstreifen oder Längenausdehnung von Stäben entfernt und dadurch eine Erhöhung des Bremsflusses erzielt. Als ein Beispiel von geschichtlicher Bedeutung geben wir in Abb. 5 b eine Patentzeichnung von Elihu Thomson aus Boston wieder, die aus dem Jahre 1890 stammt und wohl einer der ersten Vorschläge zum Temperaturfehler-Ausgleich des Magneten sein dürfte[9]. Durch die Längenausdehnung der Zinkstäbe *Z*, die den Nebenschluß *E* bei Temperaturänderung bewegen, wird hier eine Regelung des Bremsflusses erzeugt.

In demselben Sinne wirkt auch ein Nebenschluß am Magneten aus einer magnetisch temperaturabhängigen Legierung[10], einer Nickel-Kupfer-Eisenlegierung, deren magnetischer Widerstand mit steigender Temperatur zunimmt. Ein derartiger Nebenschluß wird von der General Electric Company praktisch verwertet[11] (Abb. 5 c). Zwischen den Polen des bekannten Doppelmagneten der GEC ist, wie aus Abb. 5 c ersichtlich, ein Klotz aus Wärmelegierung angeordnet, der bei Temperaturerhöhung weniger Fluß aufnimmt und so den Bremsfluß erhöht.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der Wärmelegierung am Magneten zeigt Abb. 5 d. Während die anderen Ausführungen mit einer Größenänderung des Bremsflusses arbeiten, wird hier das Prinzip der Polspuränderung verwendet[12]. Am Magnetmaul ist ein Blech aus Wärmelegierung befestigt, in Abb. 5 d mit *W.L.* bezeichnet. Je größer der Fluß, der über die Wärmelegierung geht, umso kleiner ist die Bremswirkung, da in diesem Falle die Polfläche vergrößert wird[13]. Mit erhöhter Temperatur wird der Flußanteil $\Phi_{W.L.}$ kleiner und dadurch die Flußdichte im Maul größer, so daß vermehrte Bremswirkung eintritt.



a Bimetallstreifen b durch Zinkstäbe bewegter Nebenschluß c magnetischer Nebenschluß d Polspuränderung durch Wärmelegierung

Abb. 5. Anordnungen am Magneten zur Beseitigung der Temperaturabhängigkeit.

[6] Amerik. Pat. angem. (1926).
[7] DRP. angem. (1926).
[8] DRP. 303 621 (1917).
[9] DRP. 59 094 (1890).

[10] Das eigenartige Verhalten derartiger Legierungen wurde von den Physikern Gans und Fonseka festgestellt und untersucht (Ann. Phys. Bd. 61, S. 742). Die Legierung fand zuerst praktische Anwendung zur Beseitigung der Temperaturabhängigkeit von Meßapparaten mit Drehfeld und Wirbelstromtachometern (DRP. 183 819 [1906] und DRP. 294 115 [1915]).
[11] Amerik. Pat. 1659.429 (1924).
[12] Entwickelt von der Cie. pour la fabrication des compteurs. Franz. Patent 642 491.
[13] Bei großer Polfläche wird die mittlere Weglänge der Bremsströme größer, was einer geringeren Leitfähigkeit der Bremsscheibe gleichkommt. Die Bremswirkung ist also abhängig von der Flußdichte im Bremspol.

Digitized by Google

Von allen diesen Mitteln hat praktische Bedeutung nur die Verwendung der Wärmelegierung am Magneten gewonnen, da bewegliche Teile vermieden sind und auch die konstruktive Ausführung einfach ist. Beide Lösungen sind allerdings insofern unvollkommen, als sie nicht die Winkelfehler beseitigen; dies ist aber besonders bei Präzisionszählern, von denen auch bei Phasenverschiebung hohe Meßgenauigkeit verlangt wird, nachteilig. Zur Beseitigung der Winkelfehler sind dann weitere Vorrichtungen notwendig, die meist infolge ihrer Kompliziertheit unwirtschaftlich sind und zudem in der Regel noch eine Vergrößerung der Temperaturfehler bei $\cos\varphi=1$ verursachen.

Als Beispiel sei eine Lösung der Westinghouse Co.[14] und eine der General Electric Co.[15] gebracht. Beide fallen in die dritte Gruppe, da eine künstliche Beeinflussung der Triebflüsse verursacht wird. Die Westinghouse Co. verwendet im Prinzip eine sehr starke Kurzschlußwicklung aus Kupfer am Stromeisen und gleicht die dadurch entstehende Abweichung von der 90°-Abgleichung durch andere Mittel aus. Die Wirkung der Kurzschlußwicklung läßt sich an Hand des Stromeisendiagramms in Abb. 2 b und 3 leicht erklären. Mit erhöhter Temperatur wird der Belastungstrom in der Kurzschlußwicklung durch die Widerstandzunahme kleiner und ψ_J nimmt ab. Diese Verringerung von ψ_J läßt sich so einstellen, daß die Änderung des Winkels χ ausgeglichen wird. Infolge der geringeren Belastung des Triebpfades bei erhöhter Temperatur wird aber auch Φ_J erheblich größer, d. h. die Temperaturfehler bei $\cos\varphi = 1$ nehmen zu. Die zweite Ausführung der General Electric Co. ist in Abb. 6 angegeben. In Serie mit einer Abgleichwicklung A am Spannungseisen des Triebsystems ist eine Drosselspule D geschaltet. Der Kern der Drossel besteht aus einer Wärmelegierung. Bei Temperaturzunahme tritt nun neben den sonstigen bekannten Änderungen im Triebsystem eine Verkleinerung der Induktivität der Drossel D infolge der Flußverminderung im Wärmelegierungskern ein. Die elektrische Impedanz des Abgleichkreises wird also durch diesen Einfluß vermindert. Dieser Wirkung entgegengesetzt ist die Zunahme des Ohmschen Widerstandes der Abgleichwicklung A. Doch kann man durch entsprechende Abmessung der Drossel die veränderliche Induktivität überwiegen lassen. Der Sekundärstrom nimmt demnach zu und verursacht durch die starke Belastung des Triebflusses eine Überverschiebung im Triebsystem, d. h. bei richtiger Wahl der Größen Ausgleich der Winkelfehler.

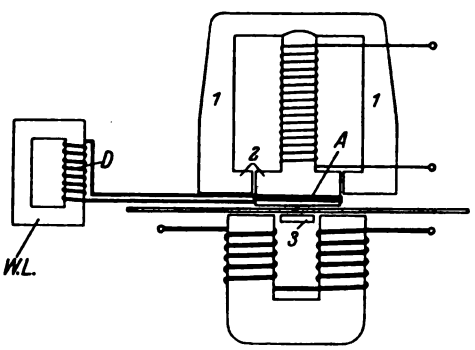


Abb. 6. Spannungseisen mit Drossel aus Wärmelegierung zur Beseitigung der Winkelfehler bei Temperaturänderung.

Eine nähere Betrachtung des Einflusses einer derartigen Sekundärwicklung auf den verzweigten magnetischen Kreis eines Spannungseisens zeigt jedoch, daß die Verhältnisse nicht so einfach liegen, wie soeben beschrieben. Denn die Wärmelegierung in der Drossel bedingt vor allem eine Lagenänderung des Sekundärstromes, wodurch die Rückwirkung auf den magnetischen Kreis wesentlich geändert wird. Die Abnahme der Drosselinduktivität verursacht nämlich eine Zunahme der magnetischen Leitfähigkeit des Triebflußpfades *3* und nach dem Grundgesetz des verzweigten magnetischen Spannungseisens eine Zunahme des Triebflusses. Trotz der Zunahme des Sekundärstromes, d. h. trotz stärkerer sekundärer Belastung nimmt also der stärker belastete Fluß zu. Näheres über den Einfluß der Drossel D auf das Zählerspannungseisen ist aus den Temperaturdiagrammen der Abb. 6 a ersichtlich, die wiederum rechnerisch ermittelt wurden. Die Diagramme gelten für konstanten Gesamtfluß, u. zw. ist die Wirkung der Drossel D gerade so gewählt, daß die Winkelfehler nahezu kompensiert sind[16]. Man erkennt bei $t = 70°$ (gestricheltes Diagramm) die bekannte Abnahme des Scheibenstromes i_{sch} und die Lagenänderung des Drosselstromes i_D. Eine Zunahme des Drosselstromes bei $t = 70°$ ist aus dem Diagramm nicht erkenntlich, da im vorliegenden Falle die sekundäre elektrische Impedanz des Abgleichkreises infolge der Zunahme des Ohmschen Widerstandes der Wicklung A annähernd konstant bleibt. Der resultierende Wattstrom i_w jedoch wird bei $t = 70°$ größer und verursacht die Winkelkompensation.

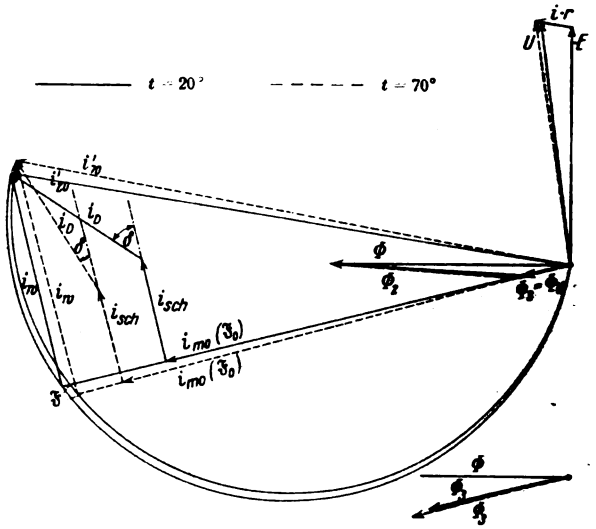


Abb. 6 a. Diagramm des Spannungseisens nach Abb. 6 bei zwei Temperaturen.

Wenn man die Lage der Triebflüsse in Abb. 3 und 6 a miteinander vergleicht, sieht man deutlich den Ausgleich der Winkelfehler. In Abb. 3 wird $\sphericalangle \Phi\Phi_U$ bei $t = 70°$ kleiner, in Abb. 6 a dagegen größer, so daß der Einfluß des Ohmschen Spannungsabfalles ir ausgeglichen wird.

Nach Abzug der beiden Sekundärströme i_{sch} und i_D vom primären Erregerstrom i' verbleibt noch der Magnetisierungstrom i_{m_0} oder die magnetische Spannung Θ_0. Diese magnetische Spannung ist ein Maß für die Größe des Flusses. Das Diagramm zeigt, daß Θ_0, also auch der Triebfluß bei $t = 70°$, um 12,5 % zugenommen hat[17]. Dies ist auch physikalisch leicht erklärlich: Bei erhöhter Temperatur ist weniger sekundärer Magnetisierungstrom zu kompensieren. Da nun der Erregerstrom i' hauptsächlich infolge des großen parallelen Flusses Φ_2 im Nebenschlußpfad *2* annähernd konstant bleibt, steht für den Flußpfad *3* mehr magnetische Spannung zur Verfügung, so daß Φ_3 zunimmt. Diese Zunahme von Φ_3 bedeutet aber eine wesentliche Verschlechterung des Zählers bei $\cos\varphi = 1$. Wenn diese Fehler sich auch durch Verwendung einer Wärmelegierung am Magneten ausgleichen lassen, so bietet das Verfahren doch Schwierigkeiten, denn die Restfehler sind bei nicht ganz vollständiger Kompensation, die ja schon durch kleine Verschiedenheiten der Zähler und durch Schwankungen in den magnetischen Eigenschaften der Wärmelegierung entstehen können, etwa dreimal so groß als beim normalen Spannungseisen.

Die Lösung der SSW.

Im folgenden seien nun zwei einfache Lösungen zum Ausgleich der Temperaturfehler beschrieben. Beide Ausführungen beseitigen die Fluß- und Winkelfehler. Während für diese Wirkung bei den vorher angegebenen Lösungen zwei Kompensationsmittel erforderlich sind, wird hier die Wärmelegierung nur im Triebsystem (Gruppe 3.) angewendet, u. zw.

bei der ersten Ausführung im Stromtriebpfad[18] (Abb. 7),
bei der zweiten Ausführung parallel zu einem Luftspalt im Stromeisenjoch[19] (an dem Punkte L der Abb. 1).

Die theoretische Erklärung der Wirkungsweise der ersten Anordnung nach Abb. 7 an Hand des Diagramms

[14] Amerik. Patent angem. (1924).
[15] Amerik. Patent angem. (1927).

[16] Zur besseren Beurteilung sind die Triebflüsse wieder unter dem Hauptdiagramm in vergrößertem Maßstabe gezeichnet. Die Lage und Größe der Flüsse bei $t = 20°$ entsprechen dem Diagramm Abb. 3. Der Verluststrom im Zuleitungspfad i (i_v) ist weggelassen worden.

[17] Durch besondere Wahl der Größen läßt sich dieser Fehler wohl noch verkleinern, aber es liegt in der Natur der Wirkung, daß immer eine zusätzliche Zunahme des Triebflusses entsteht.

[18] DRP. angem. (1926).
[19] DRP. angem. (1926).

Digitized by Google

in Abb. 8 ist folgende: Durch das Einschalten der Wärmelegierung in den Triebpfad des Stromeisens wird mit erhöhter Temperatur der magnetische Widerstand des Kreises erhöht, ferner nimmt der Wattstrom entsprechend der Widerstandserhöhung der Scheibe und der Wärmelegierung ab. Für gleichen Fluß würde sich demnach bei erhöhter Temperatur das strichpunktiert gezeichnete Diagramm ergeben oder für konstanten Erregerstrom proportional umgerechnet das gestrichelt gezeichnete Diagramm. Bei konstantem Erregerstrom werden also der Triebfluß Φ_J und der Nacheilwinkel ψ_J verkleinert. Man kann auf diese Weise bei richtiger Wahl der einzelnen Größen sowohl die Winkelfehler als auch die Fluß- und Bremsfehler bei Temperaturänderung vermindern oder ganz beseitigen.

Die zweite Anordnung, bei der ein Luftspalt im Stromeisenjoch durch einen Pfad aus Wärmelegierung überbrückt ist, wirkt in ähnlichem Sinne. Nur läßt sich hier durch entsprechende Belastung des Wärmelegierungspfades durch Kurzschlußwindungen die Wirkung auf die Winkeländerung in weitem Maße unabhängig von der Wirkung auf die Flußänderung einstellen, was bei Zählern mit kleinen Fehlern bei $\cos\varphi = 1$ und großen Winkeländerungen von Bedeutung ist.

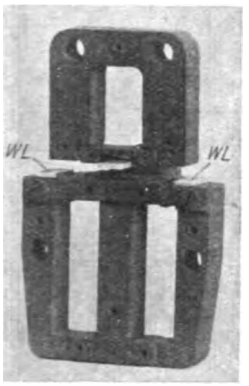
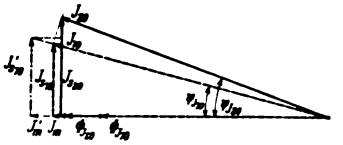


Abb. 7. Das Triebsystem des W 9-Zählers der SSW mit Wärmelegierung und lamelliertem Nebenschluß am Stromeisen zur Verbesserung der Lastkurve.



——— $t = 20°$ – – – $t = 70°$

Abb. 8. Temperaturdiagramme eines Stromeisens mit Wärmelegierung.

Durch die Verwendung der Wärmelegierung im Stromeisenpfad gelang es nun, den neuen Einphasenwechselstrom-Zähler W 9 der SSW, der unter Beibehaltung der äußeren Abmessungen aus der Form W 8 entwickelt ist, in weiten Grenzen bei $\cos\varphi = 1$ praktisch temperaturunabhängig zu machen und die Winkelfehler wesentlich zu verbessern. Die Wärmelegierung ist bei diesem Zähler in Form von kleinen Blechen am Spannungseisen so angeschweißt, daß sie vom Stromtriebfluß Φ_J durchsetzt wird. Aus Abb. 7, die den Aufbau des Triebsystems des W 9-Zählers zeigt, ist die Anordnung der Wärmelegierung ersichtlich und durch die Buchstaben *WL* gekennzeichnet. Der Materialaufwand der sehr teueren Wärmelegierung ist gering (rd. 2 g für einen Zähler). Durch genaue Prüfung wurde festgestellt, daß die Verwendung von Wärmelegierung im Stromtriebpfad bei der hier gewählten Anordnung keinerlei sonstige Verschlechterung des Zählers mit sich bringt. Infolge der räumlichen Trennung der Wärmelegierung vom Stromeisen tritt keine Übererwärmung durch die Stromwärme der Stromspule auf. Auch ist die Legierung reversibel und zeigt nach Dauerbelastung keine Änderung ihrer Wirkungsweise.

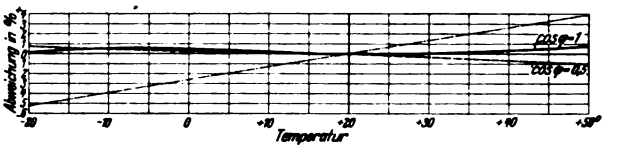


Abb. 9. Gemessene Temperaturkurven des W 9-Zählers (die strichpunktiert gezeichnete Kurve zeigt die Fehler eines normalen, temperaturabhängigen Zählers).

In Abb. 9 sind gemessene Fehlerkurven des W 9-Zählers bei Temperaturänderungen von $-20°$ bis $+50°$ angegeben. Aus dem Vergleich mit der strichpunktiert gezeichneten Kurve, die die Fehler eines normalen, temperaturabhängigen Zählers angibt, erkennt man deutlich die wesentliche Verbesserung des temperaturunabhängigen Zählers; in einem weiten Bereich ist der Zähler nahezu unabhängig vom Temperatureinfluß. Diese Eigenschaft des Zählers ist nicht nur bei Schwankungen der Außentemperatur vorteilhaft, sondern auch bei Überlastungen. Normale Zähler zeigen nämlich infolge der von den Stromspulen abgegebenen Wärme, die allmählich eine erhöhte Temperatur im Zählerinnern verursacht, besonders bei Überlastung Plusfehler. Da nun die Zähler in der Regel bei Überlastung infolge der Stromdämpfung Minusfehler zeigen, könnte man sagen, daß die Übererwärmung die Lastkurve verbessert. Dies ist naturgemäß nur bedingt richtig, denn wenn ein derartiger Zähler beispielsweise einige Zeit bei 200 oder 300 % des Nennstromes in Betrieb ist, dann aber plötzlich wieder bei mittleren Stromlasten (etwa 50 %) arbeitet, so wird wohl der Fehler bei Überlastung um den Zusatzfehler durch die Stromwärme verbessert, bei der mittleren Last jedoch, bei der der Fehler des Zählers bei Normaltemperatur klein war, entsteht so lange ein Plusfehler, bis der Temperaturausgleich erfolgt ist. Je nach der Bemessung der Stromspule und Höhe der Überlastung kann dieser Plusfehler mehrere Prozent betragen.

Diese Fehler werden nun durch die obenerwähnte günstige Anordnung der Wärmelegierung ausgeglichen. Der W 9-Zähler zeigt auch nach mehrstündiger Belastung bei 200 % der Stromlast nahezu keine Zusatzfehler. Da z. Z. eine starke Überlastbarkeit verbunden mit hoher Meßgenauigkeit angestrebt wird — manche Länder wünschen neuerdings eine Belastbarkeit der Wechselstromzähler bis zu 400 % des Nennstromes —, ist diese Tatsache von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Verwendung der Wärmelegierung im Triebsystem ein betriebsicheres und wirtschaftlich vollkommenes Mittel zur Beseitigung der Temperaturabhängigkeit ist und einen wesentlichen Fortschritt in der Erhöhung der Meßgenauigkeit des Induktionszählers darstellt.

Der Periodenumformer als Wechselstrom-Lichtbogen-Schweißmaschine.

Von Ziviling. **Oskar Neiß**, Hamburg.

Übersicht. Die Erhöhung der Periodenzahl durch Umformung ergibt für das Wechselstrom-Lichtbogenschweißen bedeutende Vorteile gegenüber der bisherigen Verwendung von Transformatoren. An Hand praktisch ermittelter Daten wird gezeigt, daß der Periodenumformer in bezug auf Wirkungsgrad, Leistungsfaktor und sonstige Anschlußbedingungen dem Gleichstrom-Motorgenerator unbedingt gleichzusetzen ist. Durch Benutzung normaler Asynchronmaschinen ist bei diesen Vorzügen die Maschine noch billiger als der Schweißtransformator.

Wenn heute die Schweißbarkeit der gebräuchlichsten Metalle im elektrischen Lichtbogen[1] unter Beachtung gewisser Regeln eine nicht umstrittene Tatsache ist, so stoßen wir bei der Wahl der Schweißmaschine infolge Stromart und Konstruktionsprinzip zur Erzeugung der Lichtbogencharakteristik auf erhebliche Schwierigkeiten. Verfasser beschäftigte sich daher mit der Konstruktion einer Schweißmaschine, welche die guten elektrischen Eigenschaften des Gleichstromumformers mit den konstruktiven des Transformators vereinigen soll, und die im Preise nicht teurer ist als letzterer. Diese Aufgabe ist mit Hilfe des Prinzips der bekannten Periodenumformer gelöst worden. Dieser Konstruktion vorauf gingen Untersuchungen über den Einfluß höherer Periodenzahlen im Lichtbogen zwischen Eisen-Eisen- und Eisen-Kohle-Elektroden. Der Wechselstromlichtbogen unterscheidet sich vom Gleichstromlichtbogen bekanntlich dadurch, daß erstens Werkstück und Elektrode abwechselnd Anode und Kathode sind, also auch gleiche Temperaturen besitzen und zweitens während jeder Halbwelle eine Auskühlung der Elektroden stattfindet. Diese Differenz gegenüber Gleichstrom wird durch beträchtliche Erhöhung der Scheitelspannung etwas ausgeglichen und ferner durch Stoffe, die dem Lichtbogen in gasförmigem Zustand (Ummantelung der Elektroden) zugeführt werden und eine

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 210 u. 1137.

Digitized by Google

geringe Ventilwirkung besitzen. Eine Zündspannung von rd. 65 V Gleichstrom entspricht einer solchen von rd. 100 V (Höchstwert) bei 50 Hz. Gleiche Verhältnisse am Lichtbogen vorausgesetzt, ergab der Einfluß der Periodenzahl das Bild der Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Abhängigkeit der Zündspannung von der Periodenzahl.

Hz	25	50	150
E_{max}	115	100	90

D. h. um in jedem Falle einen stabilen, elastischen Lichtbogen bei guter Zündung zu erhalten, mußte die Leerlaufspannung entsprechend geändert werden.

Hält man die Klemmspannung der Wechselstromquelle konstant und erfüllt die Bedingungen eines stabilen Lichtbogens, so nimmt die Lichtbogenspannung mit stärker werdender Elektrode bei gleicher Lichtbogenlänge ab, wie durch den Wert der Lichtbogenspannung E_L in Abb. 1 veranschaulicht ist.

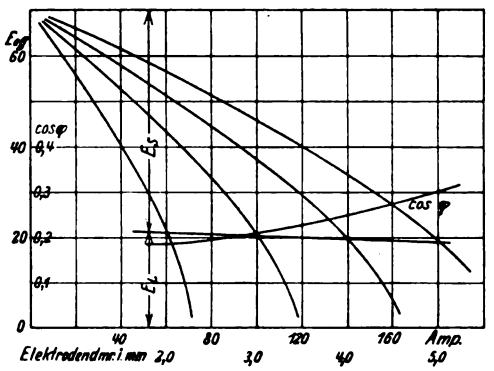


Abb. 1. Stromspannungskurven und Leistungsfaktor des Wechselstrom-Lichtbogen-Schweißtransformators.

Bei allen Wechselstrom-Schweißtransformatoren wird der Spannungsabfall E_S zum größten Teil durch Einschaltung induktiver Widerstände, z. B. Streuung zwischen primärer und sekundärer Wicklung oder Drosselspulen im Lichtbogenkreis, bewirkt, so daß der Leistungsfaktor annähernd proportional $\frac{E_L}{E_L + E_S}$ ist. In Wirklichkeit verläuft der Leistungsfaktor des Transformators nach der Kurve in Abb. 1, da der Spannungsabfall E_S durch den Belastungszustand des Transformators bzw. die Ohmschen Verluste beeinflußt wird. Es ist also angebracht, die Leerlaufspannung E_{eff} durch Erhöhung der Periodenzahl möglichst niedrig zu halten, da es das einzigste und sicherste Mittel ist, den Leistungsfaktor zu verbessern. Nach den Untersuchungen wird jedoch eine weitere Erhöhung der Periodenzahl über rd. 200 Hz kaum noch praktischen Wert besitzen. Auffallend war der gleichmäßige Abbrand an den Rändern einer Kohleelektrode zwischen Kohle und Eisen. Während bei Strom von 50 Hz der Lichtbogen an der Kohlespitze hin- und herspringt, besitzt er bei z. B. 150 Hz alle äußeren Anzeichen eines Gleichstromlichtbogens.

Bei der neuen Schweißmaschine nach dem Prinzip des Periodenumformers (DRP. und Auslandspatente angem.), die unter der Bezeichnung „Rotrans" in den Handel kommt, handelt es sich um eine Einrichtung, die eine vorhandene Netzfrequenz in eine solche höherer Periodenzahl umformt. Abb. 2 gibt das Schema der Maschine wieder.

Ein Motor M als Hintermaschine wird über einen Stern-Dreieck-Schalter S an ein vorhandenes Drehstromnetz gelegt und treibt eine auf derselben Welle sitzende Mehrphasenwicklung der Vordermaschine G an. Diese Wicklung wird gleichzeitig aus dem Netz erregt, so daß in bekannter Weise ein gegenläufig angetriebenes Drehfeld zustande kommt. Eine von diesem Feld induzierte feststehende Wicklung führt dann die um diese Schlüpfung erhöhte Netzfrequenz. Durch die Wahl der Polzahlen in der Vordermaschine G und Hintermaschine M kann man jede gewünschte Frequenz in der feststehenden Schweißwicklung erreichen. Da die günstigste Periodenzahl bei rd. 150 Hz lag, sind der Hintermotor zweipolig und die Vordermaschine vierpolig ausgeführt. Derartige Periodenzahlen lassen sich ohne große zusätzliche Eisenverluste unterbringen. Bei der Schlüpfung $s = 3$ übernehmen die Hintermaschine M rd. ⅔ und die Vordermaschine G ⅓ der an die feststehende Schweißwicklung abgegebenen Wirkleistung. Diese Verhältnisse sind in dem Leistungsdiagramm der Abb. 3 dargestellt.

Die Maschine arbeitet also bei 150 Hz vermindert um den Schlupf der Hintermaschine. Dieser Schlupf ist bei Verwendung eines Regel-Schleifringläufers in engen Grenzen zur Regelung der Schweißstromstärke zu benutzen.

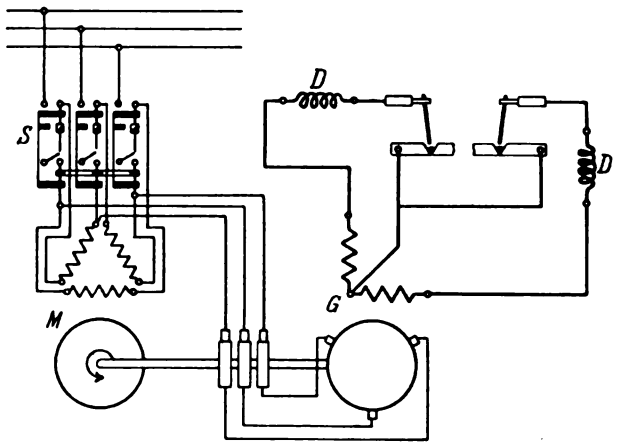


Abb. 2. Schema der Drehstrom-Lichtbogen-Schweißmaschine.

Die Stabilitätsbedingungen eines Lichtbogens erfordern auch hier, daß der Widerstand des äußeren Kreises W_a größer ist als der Widerstand W_L des Lichtbogens selbst. Dieser äußere Widerstand wird einmal durch Einschaltung von Drosselspulen D (Abb. 2) und weiter durch eine erhebliche Streuung zwischen der primären und sekundären Wicklung der Vordermaschine erreicht. Durch besondere Ausbildung der Bleche bleibt der Magnetisierungstrom in normalen Grenzen.

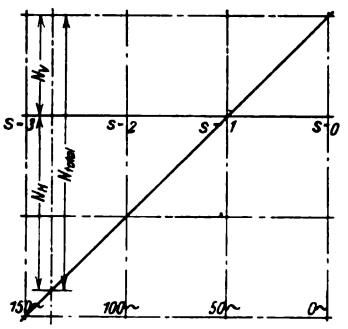


Abb. 3. Diagramm nach dem Prinzip des Periodenumformers.

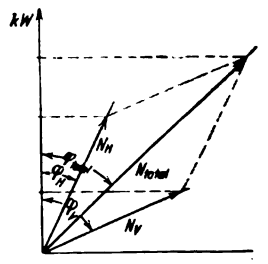


Abb. 4. Vektordiagramm des Leistungsfaktors.

Durch die erhebliche Phasenverschiebung im Sekundärkreis werden die im Diagramm der Abb. 3 abgegebenen Wirkleistungen zu ganz verschiedenen Leistungsfaktoren übertragen, u. zw. arbeitet die Hintermaschine als normaler Asynchronmotor mit einem sehr günstigen, die Vordermaschine als Transformator mit einem sehr schlechten Leistungsfaktor. Das Diagramm der Abb. 4 gibt darüber Auskunft.

Die Auswertung des Vektordiagramms ist in Zahlentafel 2 erfolgt.

Zahlentafel 2. Anschlußwert und Leistungsfaktor.

	Wirkleistung kW	Leistungsfaktor cos φ	Scheinleistung kVA
Hintermaschine . .	5,4	0,9	6,0
Vordermaschine . .	2,4	0,4	6,0
Umformer gesamt .	7,8	0,7	11,1

Aus Zahlentafel 2 geht hervor, daß Vorder- und Hintermaschine für gleiche Leistungen ausgelegt werden können, was namentlich für die Konstruktion und Fabri-

Digitized by Google

kation gewisse Vorteile besitzt. Außerordentlich günstig wirkt sich die Kompensierung der Leistungsfaktoren aus, da ein Gesamtanschlußwert von nur rd. 11 kVA erreicht wird. Das entspräche einer Stromstärke von rd. 17 A bei 380 V Drehstrom und max. Last, also 200 A Schweißleistung (6 mm-Elektroden). Diese Tatsache kann nicht genug betont werden; denn jeder Schweißtransformator mit rd. 14 kVA einphasigem Anschlußwert ist für den Handwerker in den meisten Fällen unmöglich. Der Transformator benötigt bei den geschilderten Netzverhältnissen eine Sicherungsstromstärke von mindestens rd. 40 A,

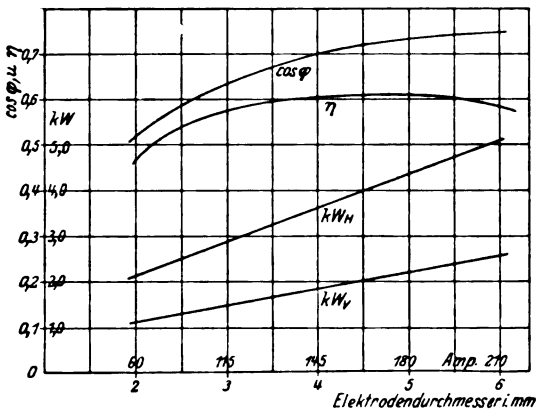


Abb. 5. Arbeitskurven der Lichtbogen-Schweißmaschine „Rotrans".

d. h. der tatsächliche Anschlußwert beträgt 14,0 × 1,73 = 24 kVA. Die „Rotrans"-Schweißmaschine wird also dem Handwerker leichter zugänglich gemacht werden können als jede bisher auf dem Markt befindliche Schweißmaschine.

Aber auch mit den elektrischen Verhältnissen eines Gleichstromumformers hält der Periodenumformer jeden Vergleich aus. Sein Wirkungsgrad liegt etwas höher, während der Leistungsfaktor besonders bei Unterbelastung etwas niedriger liegt als beim Gleichstromumformer. Die betreffenden Schaulinien gibt das Diagramm der Abb. 5 wieder.

Eine besondere Eigenschaft verdient noch hervorgehoben zu werden. Die üblichen Schweißstromstärken liegen in der Größenordnung von 60 ... 300 A, die gebräuchlichsten zwischen 100 und 180 A. Es ist daher begreiflich, wenn der Wunsch nach sog. Mehrstellen-Schweißmaschinen vorhanden ist, d. h. der Wunsch, mit einer Maschine für 300 A zwei Schweißstellen von je 150 A zu speisen. Das ist aber nur einwandfrei möglich, wenn die Maschine konstante Spannung liefert und sich jeder Lichtbogen durch Einschaltung von Widerständen hinter den Maschinenklemmen seine eigene Charakteristik erzeugt. Solche Gleichstromumformer gibt es bereits, sie arbeiten natürlich mit einem sehr schlechten Wirkungsgrad. In der Regel ist jedoch jede Schweißmaschine nur für einen Lichtbogen zu verwenden. Beim „Rotrans" ist die Lösung sehr einfach durchgeführt. Aus der Abb. 2 geht hervor, daß die feststehende Schweißwicklung vielphasig sein kann. Bei z. B. zweiphasig verketteter Wicklung mit herausgeführtem Nullpunkt hat man zwei getrennte Schweißstromquellen, die unabhängig voneinander arbeiten können. Eine derartige Wicklung bietet außerdem noch den Vorteil, daß z. B. für Schweißung mit Kohleelektroden, bei der eine höhere Leerlaufspannung erforderlich ist, die verkettete Spannung (60 · 1,41 = 85 V) zur Verfügung steht. Diesen Vorteil hat der „Rotrans" dem Gleichstromumformer voraus. Natürlich muß mindestens eine Phase für die maximale Schweißstromstärke gewickelt sein.

Der konstruktive Aufbau der Maschine durch Verwendung eines Kurzschluß- und eines Schleifringläufers auf gemeinsamer Welle ist in bezug auf Betriebsicherheit nach dem heutigen Stand der Technik dem Transformator unbedingt gleichzusetzen, trotzdem es sich hier um rotierende Teile handelt. Der „Rotrans" ist also keine ausgesprochene Spezialmaschine mehr, sondern er verwendet alle theoretischen und praktischen Erfahrungen des Asynchronmotorenbaues. Die Folge davon ist, daß der Preis einer solchen Einfachschweißmaschine rd. 850 bis 950 RM beträgt.

Es ist klar, daß die erhebliche Gewichtsverminderung (Gesamtgewicht rd. 235 kg) eine bisher nicht erreichte Transportfähigkeit zuläßt, wie sie von jeder Schweißmaschine gefordert werden sollte. Der Vertrieb der Maschine liegt in den Händen der Firma Hansawerk G. m. b. H., Hamburg 27.

Leuchtschaltbilder.

Von Obering. **F. Lindenstruth**, Frankfurt a. M.

Übersicht. **Es wird ein System leuchtender Schaltsymbole zur Anzeige von Schaltvorgängen beschrieben, das für Überwachungs- und Lastverteilerstellen gut geeignet ist. Besonders vorteilhaft ist seine gemeinsame Verwendung mit einem auf dem Prinzip der SA-Telephonie beruhenden Fernschalt- und Signalsystem.**

Die seit vielen Jahren gebräuchlichen Merklampen erfüllen bei kleineren Schaltanlagen sehr gut ihren Zweck, wenn für die Ein- und Ausschaltstelle verschieden gefärbte Lampen verwendet werden. Teils wird die Schaltung so getroffen, daß die die Ein- oder Ausschaltstellung von Schaltern und Trennschaltern anzeigenden Lampen dauernd brennen, teils leuchten sie auch nur auf, um vollzogene Schaltmanöver anzuzeigen, und werden dann durch besondere Ausschalter oder den Steuerschalter bei ferngesteuerten Schaltern zum Verlöschen gebracht. Einfache, wenn auch verschieden gefärbte Lampen sind nur dem Eingeweihten kenntlich, schließen aber auch hier Zweifel und Verwechslungen nicht aus.

Von der Firma Voigt & Haeffner AG., Frankfurt a. M. werden zur Anzeige von Schaltvorgängen leuchtende Schaltsymbole nach Abb. 2 gebaut. In eine Metallplatte sind für die Schaltstellungen „Ein" und „Aus" entsprechende Schlitze eingearbeitet, die mit einer durchscheinenden Masse ausgefüllt werden. Diese entspricht in ihrer natürlichen Farbe der Metallplatte, um das Schaltsymbol nur bei Beleuchtung sichtbar zu machen. Die Vereinigung zweier Lampen „Ein" und „Aus" in einem Gehäuse ist so getroffen, daß die Glühlampen bequem, ohne Lösen von Schrauben oder dgl. nur durch Stecker ausgewechselt werden können. Durch Schrägstellen der verwendeten Röhrenlampen erhält man eine gleichmäßige Beleuchtung der Schlitze. Diese Eigenschaft und die geringen Ausmaße machen das Leuchtsymbol nicht nur für die Signalisierung, sondern auch für die Kommandogebung in Schaltanlagen besonders geeignet. Abb. 1 zeigt das Schaltbild einer derartigen Kommandoanlage zwischen dem Schaltwärter und dem Sammelschienenraum eines Hochspannungs-Schalthauses.

Diese Kommando- und Signalanlage gibt auch ein Mittel an die Hand, Störungen und Unfälle durch Fehlschaltungen zu vermeiden. Unmittelbar beim Betätigungsorgan des Trennschalters z. B. wird das leuchtende Schaltsymbol angebracht. Dasselbe steht über einen Umschaltkontakt des Trennschalters mit dem Kommandoschalter in der Schaltwarte in Verbindung. Dieser Kommandoschalter besitzt zwei um 90 ° gegeneinanderstehende Endlagen.

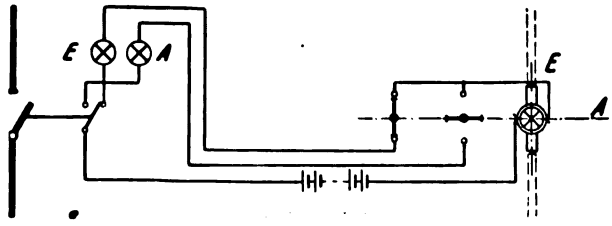


Abb. 1. Schaltbild einer Kommandoanlage.

Will nun der Schaltwärter eine Schaltungsänderung vornehmen, so stellt er den zweckmäßigerweise in das Blindschaltbild der Anlage einzufügenden Geberschalter in die geöffnete oder geschlossene Lage. Die in den Griff des Geberschalters eingebaute Lampe (vgl. Abb. 3) leuchtet mit dem korrespondierenden Teil des Schaltsymbols auf. Nun begibt sich der betreffende Wärter an die Stelle, wo das Aufleuchten des Schaltsymbols erfolgt ist, und führt den Schaltvorgang aus. Ist diese Schaltbewegung vollzogen, so erlischt das Schaltsymbol und als Rückmeldung

Digitized by Google

auch die Lampe in dem Schaltgriff des Gebers. Eine elektromagnetische Blockierung mit dem Schalter kann ergänzend in dieses System eingefügt werden dergestalt, daß nur bei stromlosem Zustand der Trennschalter bedient werden

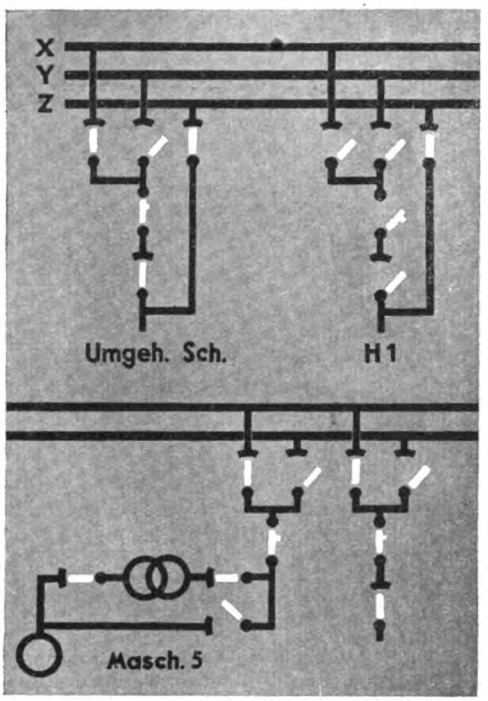


Abb. 2. Hauptschaltbild mit Leuchtzeichen.

kann. Ebenso wird mancherorts eine Rufanlage damit verbunden, um die Aufmerksamkeit des Hilfswärters auf ein kommendes Kommando zu richten. Für Freiluftanlagen ist diese Art Signalisierung ein geradezu unentbehrliches Hilfs-

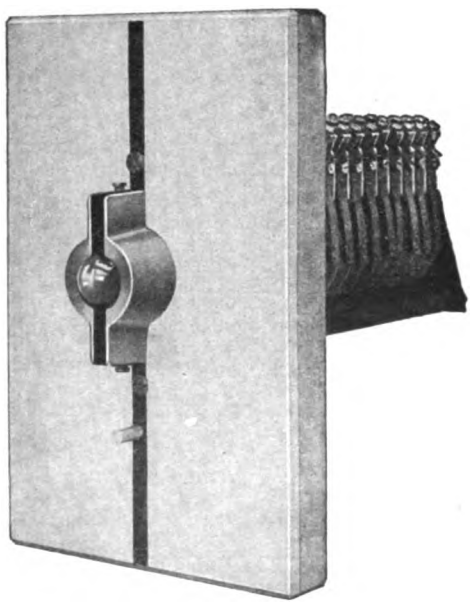


Abb. 3. Steuerschalter mit zentraler Grifflampe.

mittel, um auch bei Nacht und Nebel Störungen durch Mißgriffe in der Bedienung zu vermeiden. Für Schaltanlagen in Mehrstockwerksanordnung bringt dieses System einen erheblichen Grad von Betriebsicherheit.

Durch die Vereinigung einer Reihe von Schaltsymbolen lassen sich beliebige Schaltbilder zusammenstellen. Gegenüber den bekannten Schaltbildern mit mechanischen oder elektromagnetischen Schaltstellungszeigern haben diese den Vorteil der Einfachheit und großer Betriebsicherheit. Das Leuchtschaltbild gibt einen genauen Überblick über den Betriebszustand der Anlage. Ein Irrtum ist ausgeschlossen, da immer ein Schlitz der Schaltsymbole leuchten muß. Die einzigen Reparaturen, die vorkommen, sind das gelegentliche Auswechseln einiger Glühlampen. Durch Anordnung der Glühlampenfassung in einem Stecker ist diese Arbeit ungemein erleichtert (Abb. 4). Das Schaltbild kann mit dunklen Linien auf hellem Grund oder umgekehrt ausgeführt werden. Das Schema ist in allen seinen Teilen, ohne daß es beleuchtet ist, erkenntlich.

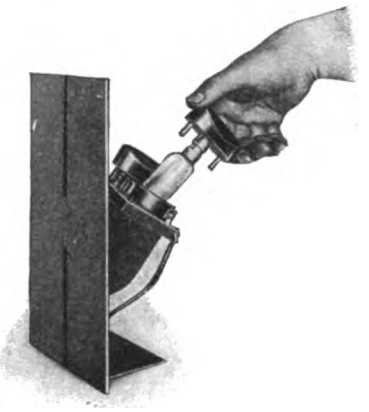


Abb. 4. Auswechseln einer Lampe.

Eine gewisse Spannungsabhängigkeit des Schaltbildes läßt sich dadurch erzielen, daß die Lampen derart über Hilfskontakte in Verbindung stehen, daß bei beiderseits ausgeschalteten Apparaten das Schaltsymbol dunkel bleibt. Einen Ausschnitt eines großen Schaltbildes gibt Abb. 5 wieder.

Schaltbilder dieser Art eignen sich besonders für die Betriebsüberwachungs- und Lastverteilerstellen. In Verbindung mit Fernsteuer- und Fernmeßanlagen bildet das leuchtende Schaltbild den wesentlichsten Teil dieser Stellen. Das von V. & H. gemeinsam mit Fuld & Co. ausgearbeitete Fernschalt- und Signalisierungssystem nach dem Prinzip der selbsttätigen Telephonie wurde aus der Praxis heraus entwickelt. Jeder Schaltvorgang spielt sich hierbei folgendermaßen ab: Wahl, Rückmeldung, Vollzug

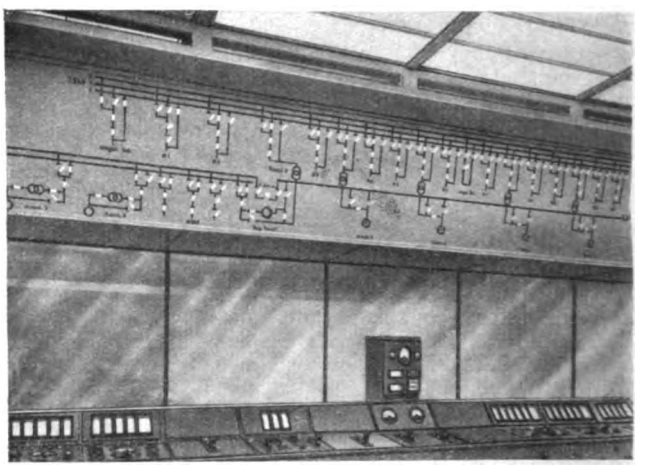


Abb. 5. Teil des Hauptschaltbildes im Städt. Elektrizitätswerk Frankfurt a. M.

der Schaltung, Rückmeldung der ausgeführten Schaltung. Fehler können nicht vorkommen, da jeder Vorgang in der Sendestation noch einmal kontrolliert und nötigenfalls wieder rückgängig gemacht werden kann. Für Zentralschaltstellen und Lastverteiler ergeben diese Fernsteuer- und Fernmeßanlagen eine sehr bequeme Betriebsüberwachung. Der fortschreitende Ausbau und Zusammenschluß der Elektrizitätsversorgung dürfte für sie eine stark vermehrte Anwendung bringen.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Wetter- und säurebeständige Guro-Hochspannungsleitung für Leuchtröhrenanlagen. — Da es im Wesen der Lichtreklame liegt, daß Schilder und Buchstaben fast stets im Freien, allen Unbilden der Witterung ausgesetzt, angebracht werden, hat man bei der Installation von Hochspannungs-Leuchtröhrenanlagen häufig mit erheblichen Schwierigkeiten bei der Verlegung der Hochspannungsleitungen zu kämpfen; es kam der Gedanke auf, die erfolgreiche Verwendung von kabelähnlichen Leitungen bei Niederspannung (s. ETZ 1928, S. 1305) auf das Gebiet der Leuchtröhrentechnik zu übertragen. Die angestellten Versuche ergaben, daß in der Hauptsache folgende Bedingungen von einer Leitungskonstruktion zu erfüllen sind. Die Leitung muß eine gewisse Steifigkeit besitzen, um sich auf bestimmte Strecken selbst zu tragen, also nicht durchzuhängen oder einzuknicken. Ein mechanischer Schutz der inneren Gummiader ist notwendig. Die Montage muß möglichst unabhängig von Spezialwerkzeugen sein, indem das Biegen und Strecken ohne Bruchgefahr mit der Hand vorgenommen werden kann. Es muß schließlich die Möglichkeit einer guten Erdung auf der gesamten Leitungstrecke vorhanden sein.

Abb. 1. Guro-Hochspannungsleitung

Den genannten Forderungen, der Steifigkeit und des guten mechanischen Schutzes, konnte die Elektrotechnische Fabrik Paul Jordan, Berlin-Steglitz, durch Verwendung eines gefalzten Metallbandes (Abb. 1) entsprechen. Durch ein besonderes Verfahren, die Rapidrillung (DRP), erhält dieser Metallmantel schraubenförmig sich auf der ganzen Länge fortsetzende Vertiefungen, die die ursprüngliche Steifigkeit bis zu einem gewissen Grade aufheben, indem sie die Arbeit der Biegezange gleichsam vorwegnehmen. Während unter dem Metallband ein verzinnter Kupferleiter, im gleichen Querschnitt wie der spannungführende Leiter, die Erdung ermöglicht, befindet sich über dem Metallmantel eine Gummipressung als nochmaliger Isolationsschutz und schließlich eine Baumwollumklöppelung, die eine Spezialimprägnierung zum Schutze gegen jede Feuchtigkeit und auch gegen chemische Dünste aufnimmt. Der äußere Gummimantel gibt der Leitung einen sehr hohen Isolationswert, so daß sie als berührungsschutzsicher anzusprechen ist.

Abb. 2. Einführung in den Buchstaben.

Abb. 3. Neonendverschluß.

Dieses Leitungsmaterial kommt unter der Bezeichnung Guro-Hochspannungsleitung Type NSRUF-Rapid für 6000 V in den Handel. Der Mindest-Kupferquerschnitt beträgt 2,5 mm².

Die Guro-Hochspannungsleitung läßt sich genau wie das entsprechende Niederspannungsmaterial auf Abstandschellen im Gebäude selbst und an der Fassade verlegen: sie dient als Verbindungsleitung zwischen Transformator und Elektrode. In vielen Fällen kann sie sogar, ohne daß eine Klemmung notwendig wird, direkt bis an die Elektrode herangeführt werden, indem an der Eintrittstelle in den Buchstaben eine Spezial-Neonstopfbuchse gesetzt und das für das Kasteninnere vorgesehene Leitungstück von der äußeren Isolation und dem Metallmantel befreit wird (Abb. 2). Der bei diesem Verfahren freiwerdende Erdleiter wird an der Innenseite der Spezial-Neonstopfbuchse kontaktsicher verbunden. Endigt die verlegte Guroleitung innerhalb trockener Räume, so gelangt der Neonendverschluß (DRP. ang., DRGM.) zur Anwendung (Abb. 3), indem er dem abisolierten Leitungstück die notwendige Abdichtung und den mechanischen Schutz gewährt.

Zubehörteile für Beleuchtungsanlagen. — Die Hellux AG., Hannover, hat das schwierige Problem der Seilentlastung von Leitungskupplungen für Beleuchtungsanlagen durch vollkommen zwangläufige Bewegungen einfacher Sperrorgane gelöst, wodurch ganz unabhängig von mehr oder weniger sorgfältiger Wartung und Bedienung, von Witterungs- und sonstigen Einflüssen ein betriebsicheres und zuverlässiges Arbeiten gewährleistet wird. Die Wirkungsweise dieser neuartigen Seilentlastung ist aus Abb. 1 ersichtlich. Für einen dauernd einwandfreien Kontakt sehr wesentlich ist auch die bewegliche Lagerung sämtlicher Kontakte, damit sich die Bewegungen durch Wind nicht auf die Kontakte übertragen

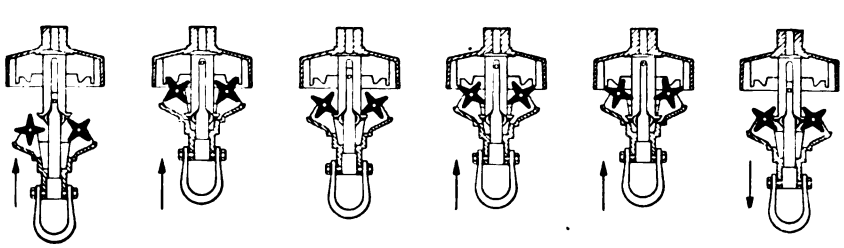


Abb. 1. Leitungskupplung in verschiedenen Stellungen.

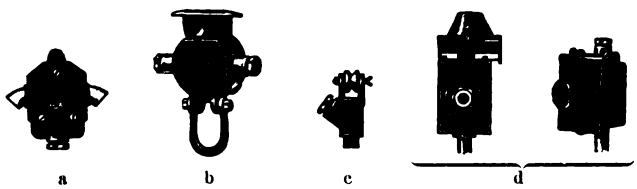


Abb. 2. a Übergangsdose zum Anschluß von Frei- und Bleimantelleitung, b Mittelstück für Straßenüberspannungen, c Isolieraufhänger, d Sicherungskasten.

und diese „schmoren". Durch die lose Lagerung der Kontakte können diese auch bei starker Erschütterung nachgeben, ohne daß sie mechanisch beansprucht werden. Die Kupplungen (Bauart 1929) werden zwei- und dreipolig für seitliche Drahteinführung sowie mit Stopfbuchsenverschraubung für Bleimantelleitungen und auch für inneren Leitungsanschluß (Leitungseinführung von oben) gebaut.

Für elektrische Beleuchtungsanlagen, in denen kabelähnliche (Bleimantel-)Leitungen verwendet werden, hat die Firma alle erforderlichen Anschluß- und Verbindungsstücke in zweckmäßiger Konstruktion den Bedürfnissen der Praxis angepaßt. In Abb. 2 a ... d sind einige der wichtigsten Zubehörteile wiedergegeben. — Auch Handleuchten, bei denen die Glühlampe von einem tiefgezogenen Reflektor umgeben ist, der vollkommen vor Blendung schützt, verdienen erwähnt zu werden. Durch die besondere Form dieses Reflektors (Abb. 3) wird alles Licht auf die Arbeitstelle konzentriert, also dorthin, wo es gebraucht wird, im Gegensatz zu manchen bisher üblichen Handlampen, die viel Licht nutzlos seitlich strahlen und außerdem noch blenden. Bei Verwendung der Hellux-Handleuchten kommt man daher mit viel kleineren Glühlampenstärken aus, um die gleichen Beleuchtungswerte zu erzielen, als mit den sonst gebräuchlichen Handlampen.

Abb. 3. Handleuchte.

Digitized by Google

Kittlose 220 kV-Durchführungen mit Ölfüllung. — Vom Werk Hermsdorf i. Thür. der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren GmbH. ist vor kurzem eine größere Anzahl ölgefüllter Freiluft-Innenraum-Durchführungen für verkettetenDrehstrom von 220 kV geliefert worden, die nicht nur wegen ihrer gewaltigen Abmessungen (Abb. 1), sondern namentlich auch wegen der hohen Anforderungen, die in elektrischer und mechanischer Hinsicht zu erfüllen waren, eine Spitzenleistung der deutschen elektrotechnischen Porzellanindustrie darstellen. Da die Durchführungen als Kraftwerks-Einführungen in waagerechter Lage eingebaut werden sollen und bei der zu isolierenden hohen Spannung große Abmessungen ohnehin unvermeidlich sind, mußte zur Einschränkung des Gewichtes ein möglichst geringer Materialaufwand angestrebt werden. Die Durchführungen bestehen deshalb aus vier dünnwandigen Einzelteilen von insgesamt 750 kg Porzellangewicht, während das Gewicht einer festarmierten Durchführung einschließlich Ölfülung 2300 kg beträgt. Die Einzelteile, deren Stirnflächen planparallel geschliffen sind, werden ohne jede Kittung mit Hilfe eines starken Durchführungsbolzens gegeneinander bzw. gegen den Fassungsflansch gepreßt. Der einem Öldruck von 6 m entsprechende Dichtungsdruck wird hierbei durch eine kräftige Pufferfeder erzeugt, die auf dem einen Ende des Bolzens angeordnet ist. Durch den so bewirkten elastischen Zusammenbau wird auch bei den stärksten Temperaturschwankungen allen Längenänderungen Rechnung getragen und eine unbedingte Öldichtheit gewährleistet.

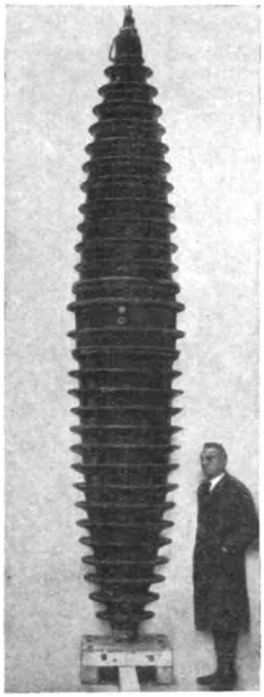


Abb. 1. Kittlose 220 kV-Durchführung mit Ölfüllung (Gesamthöhe 4,80 m; Gewicht einschließlich Ölfüllung 2300 kg Gesamthöhe der Porzellanteile (ohne Armaturen) 4,14 m Gewicht der Porzellanteile 750 kg.

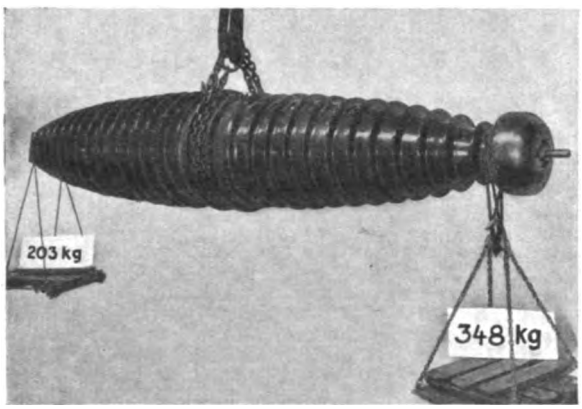


Abb. 2. Prüfung der Öldichtheit einer kittlosen 220 kV-Durchführung.

Bei der Abnahmeprüfung wurde zum Nachweis der Dichtheit eine mit Öl gefüllte, vollständig armierte Durchführung, die mit einem 5 m darüber aufgestellten Ölbehälter durch einen Schlauch verbunden war, in waagerechter Lage mit Flansch aufgehängt. Nachdem die Durchführung insgesamt 36 h in dieser Anordnung gehangen hatte, ohne daß Undichtheiten festzustellen waren, wurde die Prüfung dadurch verschärft, daß am Ende des Außenteiles eine Belastung von 203 kg, am Innenteil eine solche von 348 kg angebracht wurde (Abb. 2). Trotz dieser außergewöhnlichen Beanspruchung, die sich über 1 h erstreckte, konnte auch hier ein Austreten von Öl nicht beobachtet werden. Hieran anschließend wurden sämtliche Durchführungen 15 min lang mit technischem Wechselstrom geprüft, wobei weder Glimm- noch Gleitentladungen auftraten. Auch bei der Prüfung unter Regen zeigten sich weder bei der Betriebspannung von 220 kV noch bei der Steigerung der Prüfspannung auf 500 kV irgendwelche Strahlungserscheinungen am Außen- oder Innenteil. Bei den Prüfungen mit Hochfrequenz und elektrischem Spannungsstoß, von denen die erstgenannte 20 s lang mit 30 000 Hz bei 700 000 V max. vorgenommen wurde, während bei der zweiten jede Durchführung 10 Spannungsstöße von 700 000 V max. erhielt, traten gleichfalls keine Überschläge auf. Eine beliebig ausgewählte Durchführung wurde hierauf mit gutem Erfolg einer Spannungs-Erwärmungsprüfung in der Weise unterzogen, daß 3 h lang ein Strom von 300 A durch den Durchführungsbolzen geschickt wurde. Die Anfangstemperatur betrug hierbei 18 °, die Endtemperatur nur 28,2 °. Schließlich wurde noch eine Durchführung ohne Ölfüllung 1 min lang mit 165 kV geprüft, wobei Entladungen im Innern nicht beobachtet werden konnten, so daß die Durchführungen selbst bei mangelnder Ölfüllung noch eine verhältnismäßig große Sicherheit bieten. *Wa.*

Elektromaschinenbau.

Käfigmotoren großer Leistung. — Zum Anlassen von Käfigmotoren höherer Leistung verwendet das Sachsenwerk neuerdings mit bestem Erfolg den in Reihe geschalteten Anwurfmotor, wobei die Anlaufströme weit unterhalb des Normalstromes bleiben. Das Prinzip des Anlassens geht aus Abb. 1 hervor. Der Nullpunkt der Ständer-

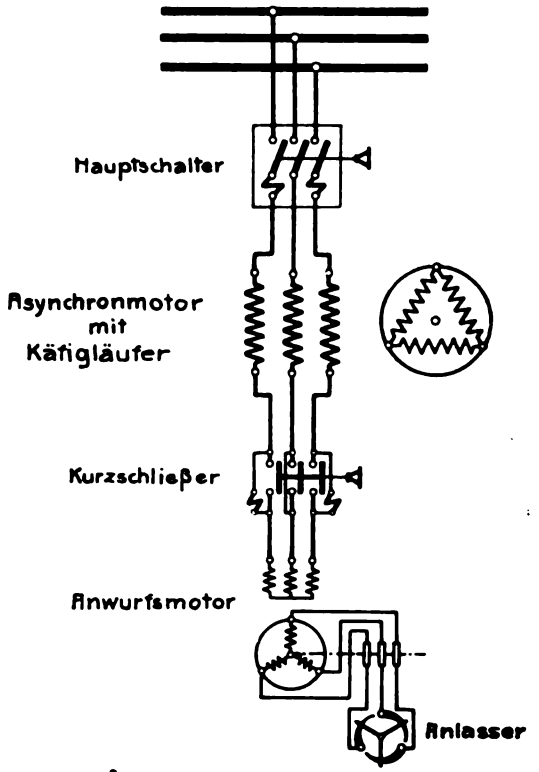


Abb. 1. Schaltung für das Anlassen großer Käfigmotoren mit in Reihe geschaltetem Anwurfmotor.

wicklung des Käfigmotors ist aufgelöst, die Enden stehen über einen Kurzschließer mit den Klemmen der Wicklung des Anwurfmotors in Verbindung, der mit dem Hauptmotor mechanisch gekuppelt ist. Der Anwurfmotor selbst ist als Schleifringmotor ausgeführt; an seinen Schleifringen liegt der Anlasser. Der Anlaßvorgang spielt sich nun in folgender Weise ab. Die hohe Impedanz des im Vergleich zum Hauptmotor kleinen Anwurfmotors bewirkt, daß nach Einlegen des Hauptölschalters die Netzspannung fast ganz vom Anwurfmotor aufgenommen wird, während an den Klemmen des Hauptmotors seiner geringen Impedanz wegen nur eine kleine Restspannung übrig bleibt (Abb. 2). Die vom Anwurfmotor aufgenommene Stromstärke ist daher auch verhältnismäßig klein im Vergleich zum Normalstrom des Hauptmotors. Der insgesamt aufgenommene Strom hat auch einen guten Leistungsfaktor; der geringe Anlaufstrom ist daher vorzugsweise Wirkstrom. Im Vergleich

Digitized by Google

zum Anlassen mit Transformatoren hat das Anlassen großer Motoren durch Anwurfmotoren den besonderen Vorzug, daß die Anlaufstromstärke das Netz denkbar günstig belastet. Beim Weiterschalten des Anlassers bleiben der Anlaufstrom und die Spannung des Hauptmotors praktisch unverändert. Da der Anwurfmotor für eine niedrigere Polzahl als der Hauptmotor gewickelt ist, versucht er den Hauptmotor über seinen Synchronismus hinaus hochzutreiben. Die Auslegung beider Maschinen erfolgt so, daß der Anwurfmotor dabei seine Kippgrenze erreicht. Er ver-

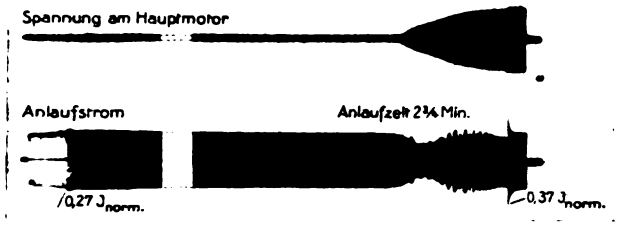


Abb. 2. Anlaufoszillogramm eines 6000 kW-Käfigmotors des Sachsenwerkes, 6000 V, J_{norm} = 640 A, 1496 U/min, mit Anwurfmotor in Reihenschaltung.

liert dadurch seine Spannung fast ganz und übergibt diese zwangläufig dem mit ihm in Reihe geschalteten Hauptmotor. Dieser Vorgang vollzieht sich, wie aus Abb. 2 ersichtlich, ganz allmählich. Zum Schluß wird noch die am Anwurfmotor verbleibende geringe Restspannung kurzgeschlossen; die Spannung am Hauptmotor ist dann gleich der Netzspannung. Der hierbei auftretende Schaltstrom ist ebenfalls geringfügig und von ganz kurzer Dauer. Infolge des gleichbleibenden Drehmomentes beim Hochfahren ist die Anlaufzeit verhältnismäßig sehr kurz. Der Anlasser, Ölschalter und Kurzschließer werden meist ferngesteuert. Elektrische Verriegelungen sorgen dafür, daß Fehlschaltungen nicht möglich sind.

Die ersten zwei derartig angelassenen Käfigmotoren haben eine Leistung von je 1600 kW und dienen als Antriebsmotoren zweier Motorgeneratoren mit 745 U/min. Ein wesentlich größerer Käfigmotor, wohl der größte von europäischen Firmen gebaute Käfigmotor, ist in Abb. 3 dargestellt. Seine Leistung beträgt 6000 kW bei 1496 U/min. Er dient ebenfalls als Antriebsmotor eines Motorgenerators. Der Läufer hat massive Kupferstäbe, die auf beiden Seiten mittels Fahnen mit den Stirnringen aus Kupfer verbunden sind. Der Käfig läßt sich für den beim Betrieb günstigsten Sekundärwiderstand auslegen, weil er beim Anlauf bis knapp vor dem Synchronismus elektrisch inaktiv bleibt. Seine Verluste und sein Schlupf bei Vollast können daher kleiner gehalten werden als bei einem gleichgroßen Schleifringläufer. Wirkungsgrad und Leistungsfaktor sind daher im Vergleich zu letzteren auch besser.

Das beschriebene Anlaßverfahren mit Anwurfmotor ist wohl berufen, die Anwendung großer Asynchronmotoren noch weiter zu fördern, zumal das Anlassen von Schleifringmotoren über einige tausend Kilowatt mit normalem Anlasser gewisse grundsätzliche Schwierigkeiten verursacht. Diese liegen in erster Reihe in der betriebsicheren Isolation der Läuferwicklung, der Schleifringe und des Anlassers. Geht man aus diesem Grunde mit der Läufer-Stillstandsspannung nicht über 2000 V, so ergeben sich ganz erhebliche Läuferstromstärken, für welche Schleifringe,

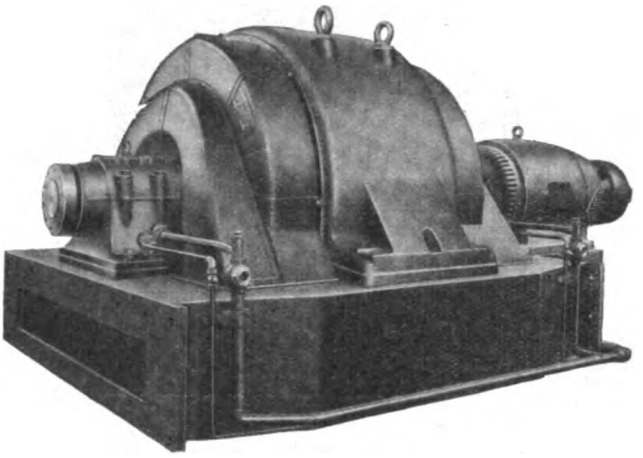


Abb. 3 6000 kW-Käfigmotor, 6000 V, 1496 U/min, mit Anwurfmotor in Reihenschaltung auf dem Prüfstande des Sachsenwerkes.

Bürsten und Anlasser zu bemessen sind. Wendet man das Anlaßverfahren mit in Reihe geschaltetem Anwurfmotor auf einen Schleifringmotor an, so sind diese Schwierigkeiten völlig beseitigt, da der Schleifringläufer kurzgeschlossen hochläuft und eine Stillstandsspannung praktisch gar nicht auftritt. Sofern eine Kompensation und Drehzahlregelung nicht in Frage kommt, bildet man den Läufer daher zweckmäßigerweise gleich als einfachen Käfigläufer aus. Hinsichtlich der Leistung sind daher der Anwendung des Käfigmotors weite Grenzen gegeben. (Sachsenwerk-Mitt., 1930, H. 1.)

Direkte Einschaltung großer Heemaf-Doppelnutmotoren. — Die größten der bisher hergestellten langsam laufenden SKA-Motoren der Heemaf-SKA-Motorenwerk AG., Dortmund, haben eine Leistung von 1200 PS bei einer Spannung von 2000 V und 125 U/min. Sie werden mittels eines Ölschalters mit Druckknopfbetätigung ohne Anlasser, Stern-Dreieck-Schalter usw. direkt eingeschaltet. Abb. 1 zeigt den Verlauf der Spannung, des

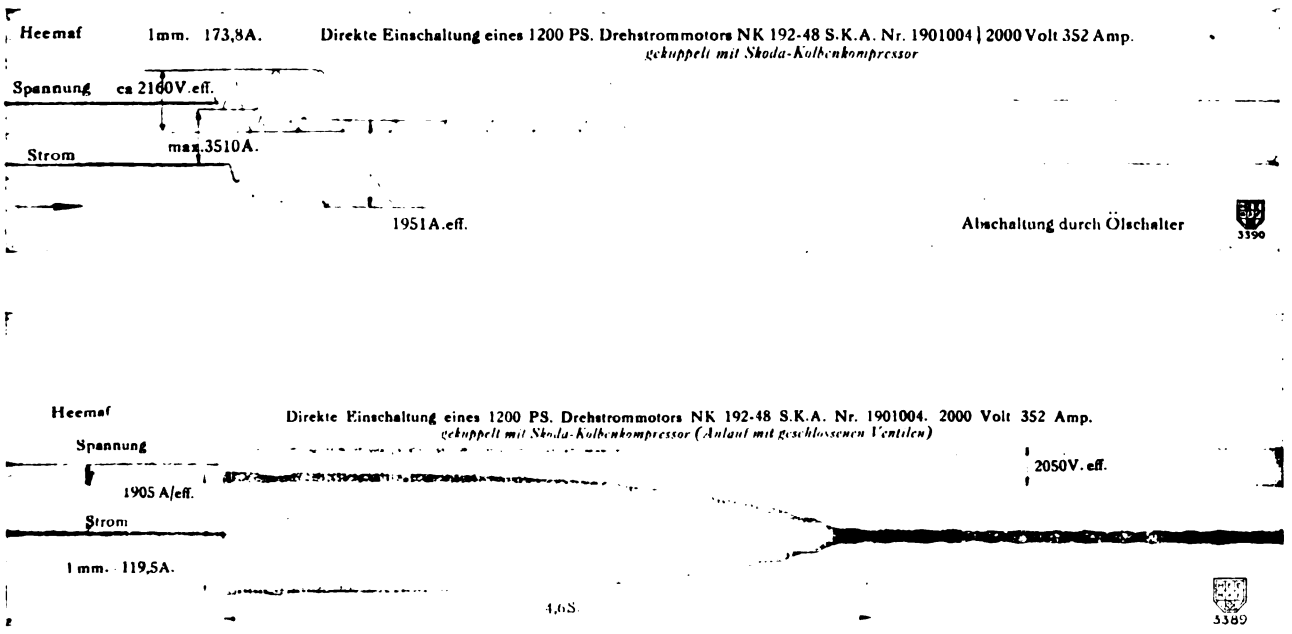


Abb. 1.

Digitized by Google

Stromes und die Dauer der Anlaufzeit. Innerhalb 4,5 s nach Einschaltung durch den Druckknopf hat der angetriebene Kompressor ohne elektrischen oder mechanischen Stoß seine normale Drehzahl erreicht. Aus dem Oszillogramm geht weiter hervor, daß der Anlaufstrom den garantierten 5.5fachen Normalstrom nicht überschreitet, und die Spannung durch die direkte Einschaltung praktisch nicht beeinflußt wird. Abb. 2 zeigt eine Ansicht des Maschinensatzes. Bei einem 400 PS-SKA-Motor ebenfalls für Kompressorantrieb überschreitet der Anlaufstrom nicht den 3.3fachen Wert des Normalstromes.

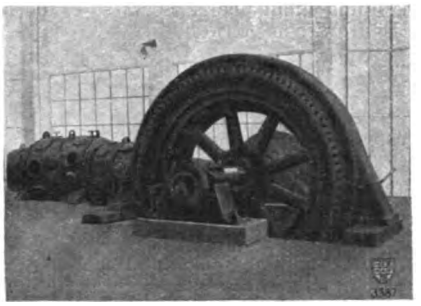


Abb. 2. Heemaf-SKA-Motor für 2000 V, 352 A, 880 kW, cos φ = 0,7, 123 U/min, 50 Hz, gekuppelt mit Kolbenkompressor.

Abb. 3. SKA-Motor mit Oberflächenkühlung.

Wie groß die durch die direkte Einschaltung erreichten Vorteile sind, tritt am klarsten zu Tage in einer großen Fabrikanlage, welche durch die Heemafwerke ausgeführt ist. In einer großen Halle sind dort 18 Motoren von 400 bis 1200 PS mit einer Gesamtleistung von 10 000 PS aufgestellt. Sämtliche Motoren werden von einer Stelle aus durch einfache Druckknöpfe bedient, u. zw. in der Weise, daß, wenn die Motoren nacheinander eingeschaltet werden, der ganze Betrieb innerhalb 2 min vollständig im Gange ist. Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß die SKA-Motoren, wie Abb. 3 zeigt, jetzt auch in oberflächengekühlter Ausführung hergestellt werden.

Mantelgekühlte Gleichstrommaschinen der Firma Garbe, Lahmeyer. — Für Drehstrommotoren verwendet man ein System der Mantelkühlung, bei dem der Hohlraum, durch den die Kühlluft hindurchstreicht, gewöhnlich auf der Innenseite von dem Ständerblechpaket begrenzt wird. Das hat den Vorteil, daß die Eisenwärme unmittelbar an die Kühlluft abgegeben wird. Bei Gleichstrommaschinen normaler Bauart ist diese Ausführung der Mantelkühlung nicht vorteilhaft. Die unmittelbare Abgabe von Eisenwärme an die Kühlluft kommt hier nicht in Frage, weil im Joch des Ständers überhaupt keine Verlustwärme entsteht. Wenn also das Joch als innere Begrenzung des von der Kühlluft durchströmten Hohlraumes benutzt wird, muß die Verlustwärme von der Innenluft an das Joch abgegeben, durch dieses in radialer Richtung hindurchgeleitet und dann wieder auf die Außenluft übertragen werden. Die verhältnismäßig große Wandstärke des Joches ist dabei nachteilig, weil sie das Temperaturgefälle zwischen Innen- und Außenluft erhöht, wenn auch zugestanden werden muß, daß dieser Nachteil sich wegen der guten Wärmeleitfähigkeit des Eisens nicht sehr schlimm auswirkt.

Immerhin ist es vorteilhafter, wenn die Trennwand zwischen Innen- und Außenluft eine geringere Stärke besitzt. Dieser Vorteil ist erzielt durch die neue Bauart mantelgekühlter Gleichstrommaschinen der Deutschen Elektrizitätswerke zu Aachen Garbe, Lahmeyer & Co. AG., wie sie in Abb. 1 dargestellt ist[1]. Das Ständerjoch *c* ist hier zur äußeren Begrenzung des Hohlraumes *a* geworden, während die innere Begrenzung von einem Blechmantel *b* gebildet wird. An der Stelle, wo die Pole sitzen, hat das Joch radial nach innen gerichtete Vorsprünge, die einmal den richtigen Abstand des Blechmantels vom Joch sichern und zum anderen den Polfluß ohne Zwischenschaltung eines Luftzwischenraumes vom Joch zu den Polen überleiten. Durch diese Vorsprünge zerfällt der die Kühlluft führende Hohlraum in mehrere parallel geschaltete Teile. Die Kühlluft wird durch den Lüfter *g* durch die Hohlräume hindurchgepreßt; sie nimmt den in Abb. 1 durch Pfeile angedeuteten Weg. Die neue Ausführung bringt noch den Vorteil mit sich, daß durch die Anbringung der Hohlräume der Außendurchmesser der Maschine nicht vergrößert wird.

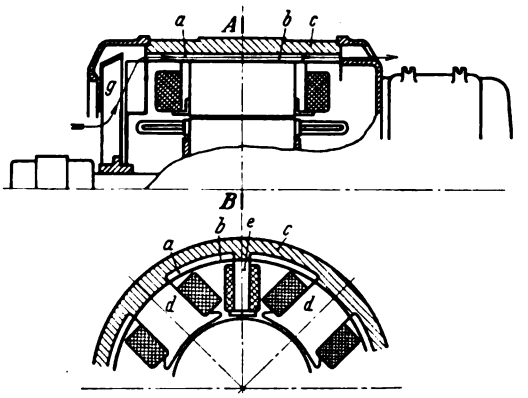


Abb. 1. Gleichstrommaschine mit Mantelkühlung.

Um den Wärmeübergang zwischen der Innen- und Außenluft zu verbessern, können noch verschiedene Maßnahmen getroffen werden. So kann z. B. durch Anbringen eines besonderen Lüfters im Inneren oder durch entsprechende Ausbildung der Wickelköpfe oder anderer Konstruktionsteile des Läufers die Innenluft in wirbelnde Bewegung gesetzt werden. Außerdem ist es möglich, die für den Wärmeübergang nutzbare Fläche des Blechmantels dadurch zu vergrößern, daß man das Blech in den Pollücken wellt.

Asynchronmotor der Maffei-Schwartzkopff Werke. — Der von den Maffei-Schwartzkopff Werken, Berlin, in einer Leistungserie und in einigen Sonderbauarten ausgestellte BIKA-Motor, ein Doppelnutmotor mit besonders guten Anlaufverhältnissen, weist einige recht bemerkenswerte und auch äußerlich auffällige Neuerungen auf. Derselbe hat bei 1,6fachem Anlaufstrom 80 % Anlaufmoment bzw. bei 1,9- bis 2fachem Anlaufstrom 100 % Anlaufmoment. Diese Angaben beziehen sich auf Anlauf mit einfachem Sterndreieckschalter, also ohne komplizierte Stufenschalter, Fliehkraftriemenscheibe o. dgl. Sein Gehäuse besteht nicht, wie allgemein üblich, aus einem Mittelteil und zwei

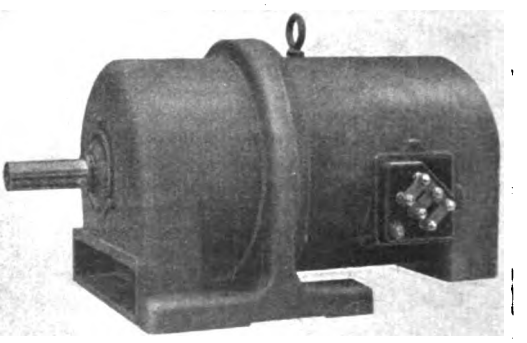


Abb. 1. BIKA-Motor, Ansicht.

[1] DRP. angem.

Digitized by Google

seitlich angesetzten Lagerschilden, sondern im ganzen aus zwei Teilen, von denen nur der antriebseitige Teil Füße besitzt (Abb. 1). Die Gehäuse sind bis auf die nach unten gerichtete Frischluftöffnung und die gleichgroße, nach der Kupplung zu gerichtete Ausblaseöffnung vollkommen geschlossen. Das Ständerblechpaket sitzt im längeren fußlosen Gehäusestück. Man muß anerkennen, daß diese zunächst eigenartig wirkende Form zweifellos einen sehr zweckmäßigen, zuverlässigen Eindruck macht und sich den verschiedensten Arbeitsmaschinen, besonders Werkzeugmaschinen, sehr gut anpassen wird.

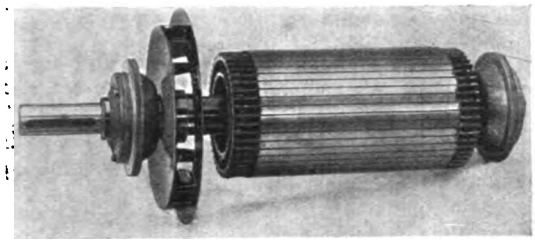


Abb. 2. Rotor des BIKA-Motors.

Wie auf der Messe gezeigt wird, gestattet diese Form in einfachster Weise die Anwendung aller üblichen Motorbauarten einschl. der An- und Einbauformen mit wenigen Modellen.

Hervorzuheben ist ferner die sehr leichte, auf wenige komplette Einzelteile (zwei Gehäuseteile, Ständerblechpaket mit Wicklung, vollständiger Läufer mit Lagern) zurückzuführende Montage, die in erster Linie durch die besondere Kapselung der Wälzlager ermöglicht wird; beim Zerlegen des Motors brauchen die Lagerkapseln nicht geöffnet zu werden, sondern bleiben geschlossen auf der Läuferwelle (Abb. 2). Dieser Umstand ermöglicht ein neuartiges System von Ersatzteillieferungen, das Reparaturen ausschaltet und die damit stets verbundenen Zeit- und Betriebsverluste wesentlich herabsetzt.

Hochspannungs-Motorgeneratoren für die Elektrisierung der Algerischen Staatsbahnen. — Nach eingehender Überprüfung der Wirtschaftlichkeit hat sich die Algerische Regierung im Jahre 1928 entschlossen, die Energieversorgung Algeriens mit Elektrizität aufzunehmen. Damit war die Grundlage für eine Elektrisierung der Algerischen Staatsbahnen gegeben, deren Vorteile man schon lange erkannt hatte. Für die Elektrisierung sprach hauptsächlich der Umstand, daß die meisten Bahnlinien ein sehr steigungsreiches Profil aufweisen bei einer verhältnismäßig großen Verkehrsdichte. Der Personenverkehr tritt gegenüber dem Frachtverkehr in den Hintergrund; letzterer besteht in der Hauptsache in der Beförderung von Bodenschätzen, wie Erzen und Phosphaten aus den Minengebieten im Innern des Landes zum Meere.

Eine der wichtigsten Bahnlinien ist die 108 km lange Strecke Duvivier—Oued Kébérit, ein Teilstück der von dem Mittelmeerhafen Bone nach dem im Mittelpunkt des Algerischen Minengebietes liegenden Ort Tebessa. Die Bahn verläuft zunächst flach bis zu dem 95 m über dem Meere liegenden Duvivier, von hier aus führt sie über zwei Gebirgskämme von 870 und 760 m Höhe ü. d. M. nach dem 620 m hoch gelegenen Oued Kébérit.

Entsprechend den von der französischen Studienkommission für Bahnelektrisierung im Jahre 1921 gefaßten Beschlüssen und der in Afrika üblichen Stromart hat man sich zu einer Elektrisierung mit 3000 V Gleichstrom entschlossen. Die Verteilung der Energie erfolgt durch Drehstrom von 90 000 V und 50 Hz.

Obwohl neuerdings die Gleichrichter vielfach die rotierenden Umformer verdrängt haben, so hat man sich doch in Anbetracht der vorliegenden Profil- und Betriebsverhältnisse für die Umformung des Drehstromes in Gleichstrom durch Motorgeneratoren entschieden. Auf der Strecke Duvivier—Oued Kébérit werden nämlich die beladenen Erzzüge durchweg von den Höhen der Algerischen Berge zum Meere talwärts befördert; in der Gegenrichtung fahren nur Leerzüge in die Mienengebiete zurück. Der talwärts fahrende beladene Zug macht daher einen großen Teil der Energie frei, die zur Bergfahrt eines Leerzuges erforderlich ist. Außerdem ergibt sich durch das elektrische Bremsen der nicht zu unterschätzende Vorteil, daß ein Verschleiß der Radreifen und Schienen vermieden wird.

Brown Boveri & Cie. liefern für die drei Unterwerke Medjes-Sfa, Souk-Ahras und Oued Damous der Linie Duvivier—Oued Kébérit sieben Synchron-Motorgeneratoren. Die Umformer bestehen aus je zwei hintereinander geschalteten Gleichstromgeneratoren für eine Leistung von 2500 kW bei einer Spannung von 3000 V. Zum Antrieb der Generatoren dienen Synchronmotoren für eine Spannung von 5500 V, 50 Hz, mit einer Drehzahl von 500 U/min. Die Maschinen sind im Anschluß an Dauervollast um 50 % während 2 h und um 200 % während 5 min überlastbar. Für die beiden Gleichstromgeneratoren und für den Synchronmotor sind je eine Erregermaschine vorhanden, die an den Maschinensatz fliegend angebaut werden. Bei der Bemessung der Maschinen mußte vor allem auch auf die klimatischen Verhältnisse Algeriens Rücksicht genommen werden. Tagsüber hat man in der Sonne mit einer Temperatur von 65 ° und in der Nacht oft mit Reifbildung zu rechnen. Die Gleichstromgeneratoren erhalten Wendepole, Kompensations- und Gegenkompoundwicklung, um einerseits eine gute Kommutierung und eine unveränderliche Feldverteilung bei allen Belastungen und anderseits eine für den Betrieb passende Charakteristik zu erreichen. Zur Vermeidung störender Einflüsse auf die der Bahnlinie parallellaufenden Telephonleitungen mußten Maßnahmen getroffen werden, um die Welligkeit des Gleichstromes möglichst gering zu halten.

Der Anker und der Kommutator der Gleichstromgeneratoren werden mit verstärkter Isolation ausgeführt, wobei auf Erreichung möglichst langer Kriechwege geachtet wird. Die schwalbenschwanzförmigen Lamellen werden so angeordnet, daß sie über die ganze Länge aufsitzen, damit ein Verziehen des Kommutators und damit ein Unrundlaufen vermieden wird. Die Erreger der Synchronmotoren werden durch den Strom der Gleichstromgeneratoren kompoundiert, wodurch eine hohe Stabilität bei Belastungsstößen erreicht wird. Der Anschluß der Motorgeneratoren erfolgt an 90 000 V über Transformatoren, die mit einer Anzapfung zum asynchronen Anlassen der Gruppe versehen sind. Die Gleichstromgeneratoren werden vor unzulässigen Belastungstößen durch den Brown-Boveri-Überstromregler geschützt. Außerdem werden zum Schutze gegen Kurzschlüsse gleichstromseitig Schnellschalter eingebaut; gleichzeitig tritt bei Kurzschlüssen eine Entregungseinrichtung in Tätigkeit, die das Abschalten der Nebenschlußwicklung des Gleichstromerregers und, um die magnetische Trägheit zu vermindern, die Einschaltung einer Gegenkompoundwicklung bewirkt.

Die drei Unterwerke der Linie Duvivier—Oued Kébérit arbeiten selbsttätig; hierfür wird die BBC-Apparatur für selbsttätige Umformeranlagen verwendet.

Apparate.

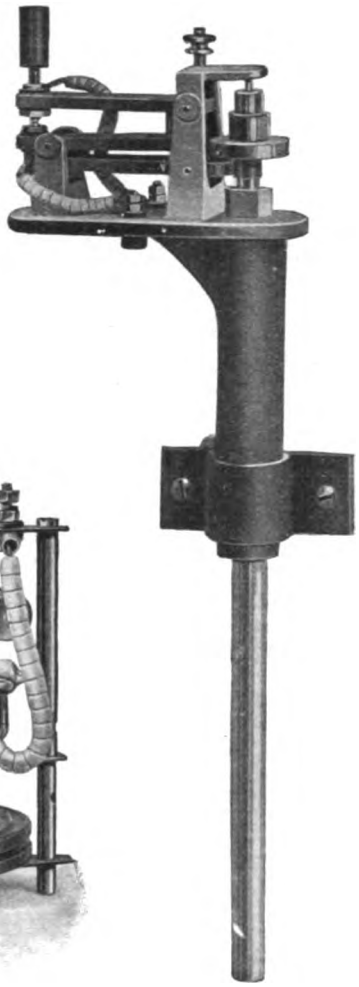
Selbsttätige Temperaturregler der Firma Buttermann & Schmidt. — Bestimmte Arbeitsvorgänge bedürfen einer konstanten Temperatur. Die Elektrizität insbesondere dann, wenn diese selbst als Wärmeerzeuger herangezogen wird, bietet mit einfachsten Mitteln die Möglichkeit, Temperaturen in niedrigsten sowie höchsten Werten konstant zu halten.

Abb. 1 zeigt einen Temperaturregler der Firma Buttermann & Schmidt, Berlin-Neukölln, Type T. R. S., mit Metallstab als Fühlelement. Der Stab wird durch Eintauchen in die erwärmte Masse der Temperatur bzw. dem beheizten Raum ausgesetzt, wodurch eine Kontaktanordnung entsprechend beeinflußt wird. Die Kontakteinrichtung kann bei Betätigung entweder dazu benutzt werden, Signalzeichen zu geben oder aber dazu dienen, mittels Relais, Schütz oder dgl. eine direkte Heizstromsteuerung vorzunehmen. In diesem Fall ist es gleichgültig, ob der Heizstrom ganz oder nur teilweise zur Temperaturregelung herangezogen wird. Da die Abkühlung in letzterem Falle langsamer vor sich geht, werden die Schalthäufigkeiten geringer, was die Relais- oder Schützarbeit vermindert und die Kontakte schont. Die Temperatur läßt sich genau regeln und in weiten Grenzen einstellen. Die Ansprechempfindlichkeit liegt bei dieser Type bei 0,2 bis 1 % und ist meistens bei höher gelegenen Temperaturen noch weit niedriger. Da die Stabwirkung mittels großer und geeignet angeordneter Hebelübersetzung, welch letztere gleichzeitig Kontaktträger ist, ohne Verlust nutzbar gemacht wird, ist die Zuverlässigkeit der Regelung gewährleistet und dauerhaft. Die Anwendung ist mannigfaltig, da der Regler mit entsprechender Stabausrüstung Temperaturen von 40 ... 100 °, 100 ... 600 ° und 500 ... 900 ° ausgesetzt werden kann.

Eine andere Bauart zeigt der Temperaturregler T. R. M. nach Abb. 2. Diese meist für niedrige Temperaturen angewandte Reglertype besitzt eine Metallmembran, die je nach den zu regelnden Raumtemperaturen entsprechend

Digitized by Google

mit stark differenten Stoffen gefüllt wird. Durch die stark lineare Ausdehnung der Membran wird mittels einer regelbaren Schubstange der Kippschalter direkt bis zu Leistungen von 2 × 15 A, 380 V Spannung ein- bzw. ausgeschaltet. Die Schaltfunktionen erfolgen auf 1° genau. Durch eine geeignete Kordelschraube sind Einstellungen bis zu einem Drittel des Meßbereiches möglich. Der Apparat selbst ist in einem wärmeempfänglichen Gehäuse geschützt untergebracht, und alle elektrischen und leitenden Teile sind vor Berührung geschützt. Sobald größere Leistungen als 2 × 15 A in Frage kommen, wird dieser Regler als Kontaktgeber für Erregung



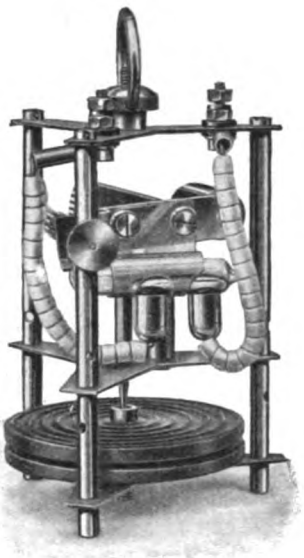


Abb. 2. Temperaturregler, Type T.R.M.

Abb. 1. Temperaturregler Type T.R.S.

eines Relais (Abb. 3) oder Schutzes verwendet, welch letzteres dann die Schaltung des Nutzstromes übernimmt. Die Temperaturregler für Temperaturen unter Null, z. B. für Eiserzeugung, erhalten eine Spezialmembran, und deren Schaltorgan ist in umgekehrter Weise angeordnet, d. h. bei steigender Temperatur schaltet der Kontakt ein und bei fallender Temperatur wieder aus. Eine weitere Verwendung finden diese Temperaturrelais T.R.M. als Brandschutz für Bodenkammern usw. Sobald die Temperatur einen bestimmten Punkt erreicht hat, wird ein Signal gegeben oder aber auf elektromagnetischem Wege ein Luftschacht geöffnet. Der Regler eignet sich besonders auch für elektrische Brutapparate zur Konstanthaltung der Brutwärme.

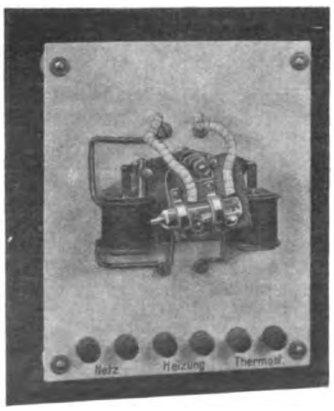


Abb. 3. Relais auf Marmorplatte.

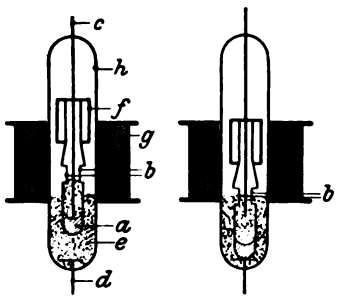
Eine weitere Neuerung an T. R. M. gestattet, die Grenzen zwischen Ein- und Ausschaltung zu regeln.

Das Schaltschütz Cutax Form B der Dr. Paul Meyer A.-G. — Nachdem sich die Schaltschütze Cutax mit senkrechter, feststehender Quecksilberröhre im vergangenen Jahre gut eingeführt haben, hat die Dr. Paul Meyer A.-G. dieses Gebiet durch Schaffung eines kleinen Modelles erweitert. Das Kleinschütz Cutax, das die Bezeichnung Form B trägt, ist für eine Höchstleistung von 1,5 kVA ausgelegt; es besitzt ein Gehäuse aus Isoliermaterial und kann für Arbeits- oder Ruhestromschaltungen ausgeführt werden. Das Äußere des Cutax Form B ist aus den Abb. 1 und 2 ersichtlich. Das Schütz besitzt nur geringe Außenabmessungen; es ist 65 mm breit und 120 mm hoch und ragt einschließlich des Schutzkastens und des dafür vorgesehenen Befestigungsknopfes etwa 78 mm aus der Montageebene heraus.

Abb. 1. Quecksilber-Schaltschütz Cutax Form B.

Abb. 2. Quecksilber-Schaltschütz Cutax Form B nach Abnahme des Deckels.

Das Prinzip der Schaltröhre hat gegenüber den bereits bekannten größeren Formen des Cutax eine Änderung erfahren; die Wirkungsweise der Arbeitstromröhre ist aus den Abb. 3 a und 3 b ersichtlich. Hierin bezeichnet *g* die Erregerspule, *h* die senkrecht dazu angeordnete Röhre. Bei Erregung der Spule wird der Schwimmer *a*, der das Eisenstück *f* trägt, in das im unteren Teil der Röhre befindliche Quecksilber hineingezogen; hierdurch bekommt das in dem Schwimmer *a* befindliche Quecksilber durch die obere Elektrode *c* Kontakt mit dem Quecksilber *e* durch die Fensteröffnungen *b* des Schwimmers. Wird die Erregung der Spule *g* unterbrochen, so wird der Schwimmer infolge seines Auftriebes wieder nach oben befördert, wodurch der Strom unterbrochen wird. In ähnlicher Weise arbeitet die Ruhestromröhre.



a Röhre ausgeschaltet — b Röhre eingeschaltet

Abb. 3. Arbeitsstromschaltung des Cutax-Schaltschützes Form B.

Die eigenartige Konstruktion der Röhre führt Kontaktschluß und Kontaktunterbrechung plötzlich und auf einer größeren Fläche herbei, im Gegensatz zu den allmählichen Schaltungen bei waagerechten Röhren. Die Arbeitsweise des Cutax ist daher außerordentlich zuverlässig auch bei schwierigen Belastungsverhältnissen und großer Schalthäufigkeit. Das Kleinschütz hat sich bereits bewährt, z. B. als Vorschütz für Schaltspulen, in Notbeleuchtungs- und Alarmanlagen, zur Schaltung der Beleuchtung in feuer- und explosionsgefährlichen Räumen, als Blinkschütz, als Schaltorgan in Temperaturregelanlagen, als Speicherschütz usw.

Handleuchten-Schutzwandler der Firma Dr. Dietz & Ritter. — Die Schaltsteckvorrichtung ist ein besonderer Vorzug der Schutzwandler der Firma Dr. Dietz & Ritter G. m. b. H., Leipzig (s. Abb. 1, S. 321). Der genormte Drehschalter *S* zum Ein- und Ausschalten des Primärstromes

Digitized by Google

ist hinter der Steckdose innerhalb des Gehäuses angebracht. Die Anordnung ist so getroffen, daß dieser Primärschalter erst betätigt werden kann, nachdem der Schaltstecker zur Entnahme der Kleinspannung in die Steckdose eingeführt wurde. Vor dem Herausziehen des Steckers muß der Netzstrom erst abgeschaltet werden. Der unbenutzte Schutztransformator ist also stets stromlos, so daß keine Leerlaufverluste eintreten können. Der Umstand, daß beim Ein- und Ausschalten des Transformators keine äußerlichen Funken auftreten können, und daß beim Anschließen oder Herausziehen des Sekundärsteckers der Transformator stromlos wird, ist wichtig für die Verwendung des Apparates in explosionsgefährlichen Räumen. Die Betätigung des Drehschalters erfolgt mittels eines Schaltschlüssels *e* am Schaltstecker. Der hammerförmige Kopf dieses Schlüssels kann bei Ausschaltstellung des Steckers durch eine entsprechende Aussparung im Deckel der Steckdose eingeführt werden. Die für die Einschaltung des Primärstromes notwendige Drehung des

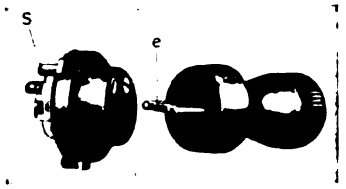


Abb. 1. Schaltsteckvorrichtung von Dietz & Ritter, Leipzig.

Schaltschlüssels kann erst erfolgen, nachdem die Kontaktstifte vollständig in die Kontaktbuchsen der Steckdose eingeführt sind. Die Betätigung des Schaltschlüssels und damit die Einschaltung des Transformators erfolgt durch eine, mittels eines Anschlages begrenzte Drehbewegung des handlichen Isoliergriffes. Die Steckstifte und die angeschlossenen Leitungen machen diese Drehbewegung nicht mit. In der eingeschalteten Stellung steht der Hammerkopf des Schaltschlüssels quer zum Einführschlitz der

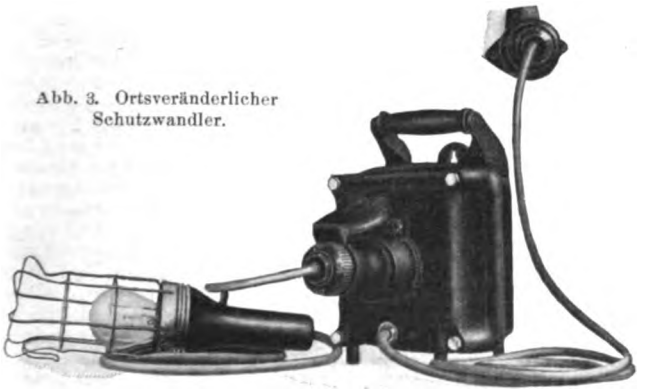


Abb. 3. Ortsveränderlicher Schutzwandler.

Steckdose, so daß ein Herausziehen oder Herausfallen des Steckers während des Betriebes ausgeschlossen ist. Auch in der Ausschaltstellung wird das Herausfallen des Steckers verhindert durch eine Nase des federnden Klappdeckels der Steckdose, welche in eine Rille am Isoliergriff eingreift. Der erwähnte Klappdeckel schließt die Steckdose bei Nichtbenutzung des Transformators selbsttätig wasserdicht ab. Jede Steckdose des Transformators ist gegen Kurzschluß im Sekundärkreise doppelpolig gesichert.

Die ortsfeste Ausführung des Schutzwandlers nach Abb. 2 besitzt den Vorzug einer bequemen Montage. Der Transformator ist am Gehäuseoberteil isoliert befestigt. Es wird also zunächst der leere Unterteil an der Wand montiert und das Stahlpanzerrohr angeschlossen. Auch für das Einziehen der Leitungen besteht keine Behinderung. Dann wird der Oberteil mit dem Transformator mittels zweier Fangwinkel *W* schräg in den Unterteil eingehängt. In dieser Stellung (Abb. 2) können die Primäranschlüsse bequem hergestellt werden. Der Oberteil wird dann in den Unterteil hineingeschoben und auf diesem verschraubt. Die ganze Arbeit kann bequem von einem Manne allein vorgenommen werden.

Die transportable Ausführung nach Abb. 3 ist mit einem anmontierten Netzanschlußkabel mit dreipoligem Stecker versehen. Dieser Stecker paßt nur in die Spezialsteckdose nach Abb. 4, die mit einem dritten Erdungskontakt versehen ist. Der in diesen Erdungskontakt eingreifende Erdungstift des Steckers steht leitend mit dem Gußeisengehäuse des Schutzwandlers in Verbindung, so daß beim Netzanschluß eine zwangläufige Erdung des Gehäuses eintritt. Auch die Wandsteckdose wird bei Nichtbenutzung durch einen Klappdeckel selbsttätig wasserdicht abgeschlossen.

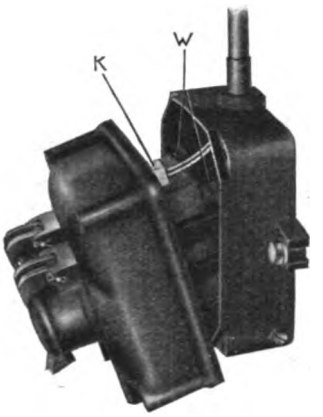


Abb. 2. Herstellung der Primäranschlüsse.

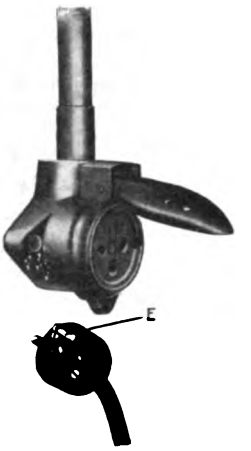


Abb. 4. Steckdose mit Erdungskontakt.

Klöckner-Geräte. — In gekapselten Verteilungsanlagen haben elastische Zwischenglieder zwischen den einzelnen Sammelschienenkästen erhebliche Nachteile. Die Firma Klöckner hat festgestellt, daß bei 4 m Stützweite und 600 kg Belastung Durchbiegungen von etwa 30 mm auftraten. Man vermeidet neuerdings die Zwischenlagen und kann dann einige wenige Stützen verwenden, ohne die sonst üblichen umfangreichen Eisengerüste, da mehrere miteinander verschraubte Kästen wie ein kräftiger I-Träger wirken. Die Dichtung geschieht dadurch, daß die Stoßflächen plan geschliffen werden. Bei kleinen Anlagen können die Stützen auch seitlich angesetzt werden (Abb. 1).

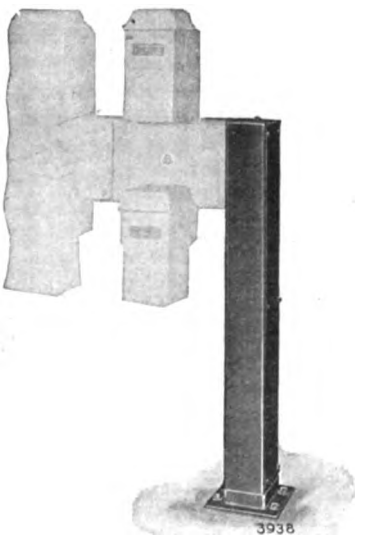


Abb. 1. Stützen zum seitlichen Anbau an kleinere Verteilungsanlagen.

Für die Steuerung von Waschmaschinen, Gerbfässern usw. behauptete bisher die mechanische Umsteuerung das Feld. Eine elegantere Lösung ergibt sich auf elektrischem Wege mit Hilfe eines Wendeschützenschalters mit eingebautem Zeitelement, das in gewissen Zeitabständen abwechselnd das eine oder andere Schütz an Spannung legt und dadurch die Drehrichtungsumkehr bewirkt (Abb. 2, S. 322). Die Installation ist denkbar einfach. Alle mechanischen Umsteuervorrichtungen sowie alle Endlagenschalter in Verbindung mit Wandermutter an der Maschine fallen fort. Ein derartiger elektrischer Umsteuerbetrieb ist billiger als ein mechanischer.

Ferner hat die Firma aus Schützenselbstschaltern selbsttätige Netzumschalter entwickelt, die, wenn die Spannung ausbleibt, augenblickliche Umschaltung der Stromverbraucher von dem einen auf das andere Netz ermöglichen. Kommt die Spannung wieder, dann werden die Verbraucher selbsttätig an die erste Spannungsquelle zurückgeschaltet. Besonders wertvoll sind die Geräte für Warenhäuser, Theater, Kinos usw., aber auch für die Elektrizitätswerke zur Steuerung der Signalgeräte. Auf diese Weise kann vermieden werden, daß der Signalstrom gerade

Digitized by Google

dann fehlt, wenn er am notwendigsten ist, also im Störungsfalle. Durch zusätzliche Einrichtungen läßt sich das Anschließen der Stromverbraucher an bestimmte Netze in Abhängigkeit von der Zeit erzwingen, so daß z. B. zu Zeiten

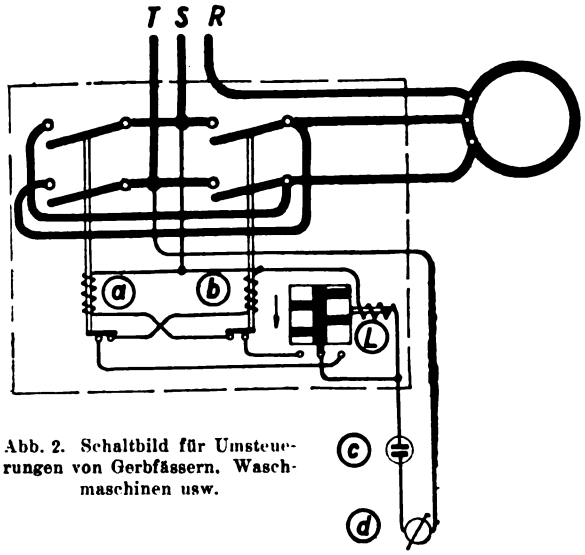


Abb. 2. Schaltbild für Umsteuerungen von Gerbfässern, Waschmaschinen usw.

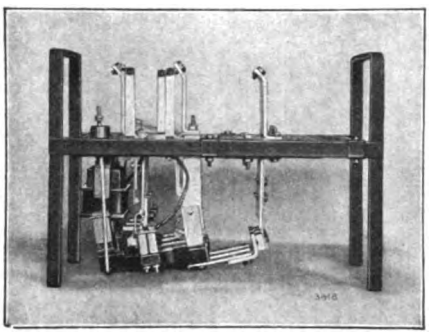


Abb. 3. Netzumschalter mit selbsttätiger Rückschaltung, einfachste Ausführungsart.

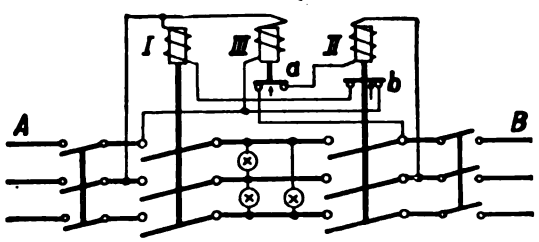


Abb. 4. Grundsätzliches Schaltbild eines Netzumschalters mit selbsttätiger Rückschaltung.

niedrigen Tarifs Überlandstrom, zu Zeiten hohen Tarifs Eigenstrom verbraucht wird. Abb. 3 zeigt einen Netzumschalter mit selbsttätiger Rückschaltung in der einfachsten Ausführungsart, während Abb. 4 ein grundsätzliches Schaltbild hierzu gibt.

Steuergeräte der Firma „Rheostat". — Die Firma „Rheostat", Spezialfabrik elektr. Apparate, Edmund Kussi G. m. b. H., Dresden, bildet ihre Druckknopfsteuerung für Werkzeugmaschinen (Abb. 1) so aus, daß während des Anlaufvorganges die Stellung des Nebenschlußreglers für die Drehzahlregelung ohne Einfluß auf das Magnetfeld des Motors ist, da ein besonderer Zeitschalter den Nebenschlußregler während des Anlaufvorganges kurzschließt. Diese Kurzschließung wird erst nach vollständiger Beendigung des Anlassens aufgehoben, u. zw. stufenweise, so daß die Feldschwächung nicht in einem Stoß, sondern in mehreren Gruppen vor sich geht, wenn der Nebenschlußregler in der Endstellung für höchste Drehzahl stehen sollte. Diese Einrichtung bewirkt auch, daß bei Wiederholung des Anlaßvorganges stets die vorher eingestellt gewesene Drehzahl wieder erreicht wird. Die Bremsung beginnt, je nach der Stellung des Nebenschlußreglers, mit geschwächtem Feld, während mit fortschreitender Verminderung der Drehzahl das Feld allmählich verstärkt wird. Durch diese Maßnahme wird verhindert, daß der Anker bei hohen Drehzahlen eine unzulässig hohe Spannung annimmt.

Für Aufzugsteuerungen hat die Firma einen neuen Wendeanlasser für Personenaufzüge und Krankenhäuser entwickelt, welcher vor allem den Vorzug hat, geräuschlos zu arbeiten. Zur Lösung der hier auftretenden Forderungen wird eine Schaltwalze mit Hilfsmotorantrieb verwendet. Das System ist dabei aber so vervollkommnet, daß der Aufzugsmotor sofort bei Drücken des entsprechenden Knopfes anläuft, eine Wartezeit bis zum Anlauf des Hilfsmotors also nicht in Frage kommt. Ein einfaches Klinkwerk, das mit dem Niederdrücken des Knopfes in Tätigkeit tritt, veranlaßt den sofortigen Anlauf des Aufzugmotors. Der Anlaßvorgang selbst läuft dann in bekannter Weise durch Weiterdrehen der Anlaßwalze ab. Schütze und ähnliche Apparate, welche schlagartige Bewegung machen, kommen nicht zur Anwendung. Der Anlaßapparat kann auch auf Wunsch in Öl schaltend verwendet werden.

Der Erfolg, den in den letzten Jahren die Einführung des Drehstrom-Kurzschlußmotors hatte, hat die Firma da-

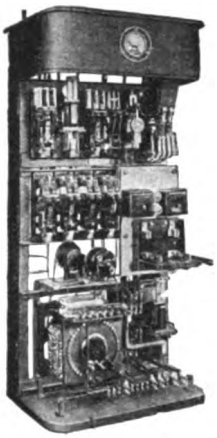


Abb. 1. Werkzeugmaschinen-Schaltschrank, offen.

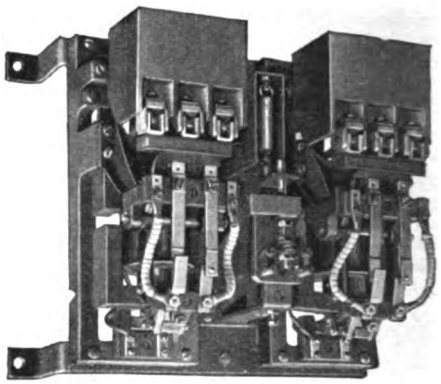


Abb. 2. Selbsttätiger Stern-Dreieck-Schalter mit mehreren Schützen.

zu veranlaßt, zur Bedienung dieser Motoren ein Spezialschaltgerät zu entwickeln in Form eines selbsttätigen Stern-Dreieck-Schalters. Die kleinste Form dieses Apparates besteht aus einem Elektromagneten, welcher ein Zeitwerk betätigt, das seinerseits die Überschaltung von Stern auf Dreieck bewirkt. Auf einem geeigneten Gleitstück aus Porzellan sind entsprechende Kontakte angebracht, die zuerst den Motor an das Netz legen und dann, nach Ablauf des Zeitwerkes, die Überschaltung besorgen. Die größeren Typen (Abb. 2) bestehen aus 2 bzw. 3 Schützen, je nach der Verwendung ohne oder mit Netzschaltung. Im Apparat mit Netzschaltung wird bei der Betätigung des Stromimpulses zuerst das Netzschütz und gleichzeitig das Sternschaltungschütz eingelegt. Ein Hilfskontakt des Sternschützes gibt dem Zeitwerk Strom, das nach Ablauf der eingestellten Zeit (bei den größeren Modellen bis zu 40 s und u. U. mehr) das Sternschütz ab- und das Dreieckschütz einschaltet. Die Überschaltung erfolgt mit der größtmöglichen Schnelligkeit, so daß der Motor nicht Zeit hat, in der Drehzahl ab zufallen. Diese selbsttätigen Stern-Dreieck-Schalter werden sowohl für Schaltung in Luft als auch in Öl geliefert und können bis zu 110 kW bei 380 V bzw. 500 V verwendet werden.

100 kV-Dreikesselschalter mit Kesselsenkvorrichtung für Außenanlagen. — Mit Rücksicht auf die Transportschwierigkeiten bei der betriebsmäßigen Kontrolle größerer Außenölschalter und auf die daraus folgernde Verzögerung der Untersuchung oder der Wiederinbetriebsetzung solcher Schalter hat das Sachsenwerk seine Außenölschalter bis einschließlich Reihe 100 mit halbhohem Fahrgestell ausgerüstet und jeden Kessel mit einer eigenen Kesselsenkvorrichtung versehen (Abb. 1). Wenn also das Fundament so eingerichtet wird, daß zwischen den Schienen, auf welchen die Transportrollen ruhen, eine entsprechend geräumige Grube vorhanden ist, so läßt sich der Kessel durch sein Fahrgestell hindurch in diese sen-

Digitized by Google

ken. Auf diese Weise wird das Innere des Schalters bequem zugänglich gemacht, und die Untersuchung kann sofort vorgenommen werden, sobald es wünschenswert erscheint, und sofern das eben herrschende Wetter keine Gefährdung des Schalteröles mit sich bringt.

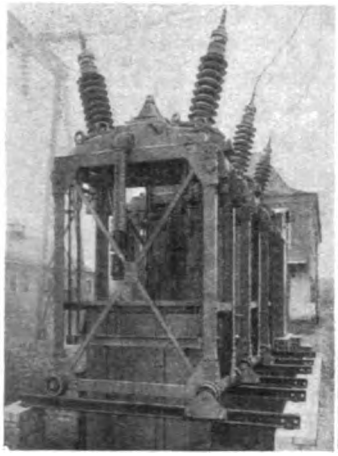


Abb. 1. Sachsenwerk-Dreikessel-Außenölschalter, Reihe 100, auf halbhohem Fahrgestell mit Kesselsenkvorrichtung.

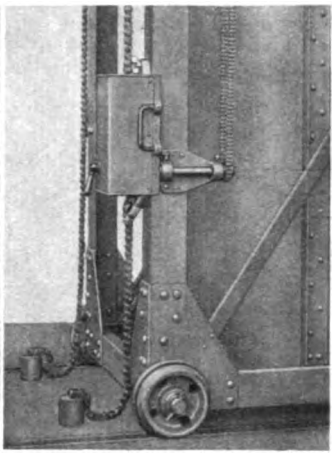


Abb. 2. Aufsteckmotor für die Kesselsenkvorrichtung des Außen-Ölschalters nach Abb. 1.

Um die Arbeit des Senkens und des Hochwindens der schweren ölgefüllten Kessel zu erleichtern, wurde außerdem ein wetterfest gekapselter Aufsteckmotor entwickelt, der nur einmal in der Anlage vorhanden sein braucht. Er wird auf die Vierkantwelle des zu betätigenden Schalterkessels aufgesteckt, an der sonst die Handkurbel angreift. Mit Flügel-Klemmschrauben erfolgt die Befestigung des Gehäuses am Fahrgestell des Schalters (Abb. 2). Der Motor arbeitet über ein in seinem Kasten mit eingebautes Schneckenvorgelege auf die Senkvorrichtung. Die Leistungsaufnahme des Aufsteckmotors ist mit ¾ PS normiert. (Sachsenwerk-Mitt. 1930, H. 1.)

L. Kumlik.

Ölschütze. — Für den selbsttätigen Einzelantrieb von Werkzeugmaschinen, Hebezeug-, Pumpen- und Kompressoranlagen verwendet man vorzugsweise Schützensteuerungen und Schütze, die meistens durch Druckknopf, Fußkontakt u. a. betätigt werden. Im folgenden soll ein Ölschütz in seiner Konstruktion erläutert und die Vorteile gegenüber den in Luft schaltenden Apparaten besonders hervorgehoben werden. Es besteht, wie aus Abb. 1 ersichtlich, aus einem Magnetsystem mit Spule *a*, den festen Kontakten *b* und den beweglichen *c*. Letztere sind im Punkt *d* gelagert; ferner einer Isolierplatte *e*, welche die Anschlüsse trägt. Beim Anziehen des Ankers werden die beweglichen Kontakte an die feststehenden gedrückt, und der Stromkreis ist geschlossen. Dieser Kontaktdruck schwankt erfahrungsgemäß entsprechend den Stromstärken von 0,5 bis 5 kg. Dabei ist 0,5 kg für eine Stromstärke bis 15 A, 5 kg für eine solche bis 500 A an Hand von praktischen Erfahrungen als ausreichend bezeichnet worden. Dies Schütz hat folgende Vorteile: Sämtliche Gelenke und dem Verschleiß unterworfene Teile sowie die Abschaltstellen liegen in Öl; daher entfällt die Wartung, der auftretende Lichtbogen wird schnell zum Verlöschen gebracht, und die Abschaltleistung kann um 50 % höher bemessen werden. Der Kontaktabbrand beträgt nur 55 % der in Luft schaltenden Schütze. Nun wird vielfach die Ölmenge und die sich daraus ergebende Gewichtszunahme als Nachteil gegenüber der in Luft schaltenden Schütze bezeichnet. Demgegenüber muß ich feststellen, daß für ein Schütz für 500 V 25 A ein Ölinhalt von 1,5 l ausreicht. Bei Konstruktionen bis 200 A, 500 V ist im Durchschnitt kein größeres Volumen als etwa 1 l für je 10 A notwendig. Weiterhin kann natürlich die Schalthäufigkeit um ein Beträchtliches erhöht werden, da die Gelenke in Öl liegen, und dadurch die Betriebsicherheit wesentlich erhöht wird. Diese von der Firma E. Schuster & Co. G. m. b. H., Fabrik elektrot. Apparate, Dresden, hergestellten Apparate können auch mit einem geeigneten Motorschutz, z. B. Wärmeauslöser, versehen werden.

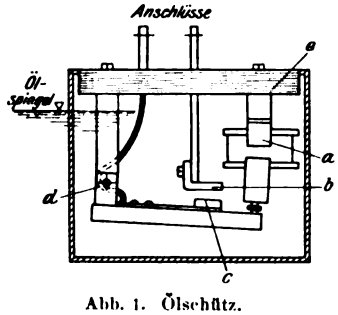


Abb. 1. Ölschütz.

Kabelanschlußkasten für isolierte Schienen. — Die isolierte Schiene, die hauptsächlich die Blocksignale in Verbindung mit den sonstigen Nebenanlagen betätigt, ist ein wichtiger Bestandteil der Strecken- und Stationsblockung. Vorbedingung für ihr betriebsicheres Arbeiten ist gute Isolation der isolierten Schienen und Gleise sowie deren Anschlußleitungen. Diese wird aber durch die Art des Kabelanschlusses nicht unwesentlich beeinflußt. Der für diese Zwecke bisher bei der Deutschen Reichsbahn verwendete Kabelanschlußkasten aus Holz, der zwischen den Schwellenköpfen der isolierten Schienen und Gleise in den Bahnkörper eingebaut wird, erfüllt nur recht unvollkommen seinen Zweck. Niederschläge und Bodenfeuchtigkeit wirken schädlich, setzen die Isolation herab und führen zu einer frühzeitigen Zerstörung der Holzgehäuse. Die Folge davon sind Betriebsunsicherheit und hohe Unterhaltungskosten.

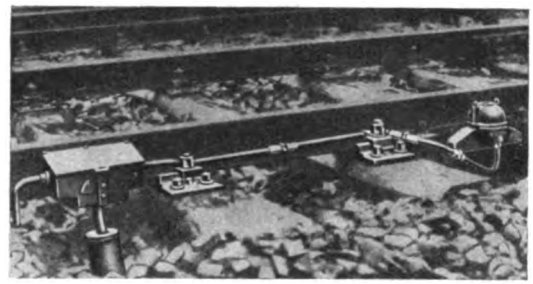


Abb. 1. Kabelanschlußkasten, Gesamtansicht.

Ein von der Firma Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Köln-Mülheim, gebauter Kabelanschlußkasten besteht aus einem trogartigen, kräftigen Gußgehäuse, das mit konischen Anschlußbolzen unter Zwischenlegen von Weichgummidichtungen an der isolierten Schiene befestigt wird, dem Kabeleinführungsrohr mit Isolierung und Befestigungsteilen, dem Kabelschutzrohr, das die Steinpackung in einer größeren Länge vom Kabel fernhält und dadurch ein Mitschwingen des Kabels mit den Erschütterungen der Schiene möglich macht, und den seitlichen Einführungen für Erdleitung und Verbindung zum Schienenstromschließer. Die Kabelanschlußkasten werden in zwei Ausführungen gebaut.

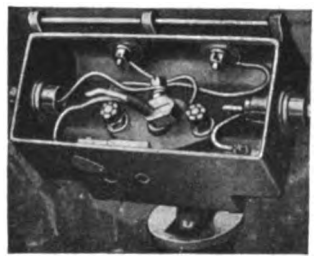


Abb. 2. Kabelanschlußkasten mit Bleimantel als Rückleitung.

In Fällen, wo die Gefahr besteht, daß bei Verwendung der Erde als Rückleitung Fremdströme in die Anlage übertreten, wird eine sogenannte Fremdstromschutzschaltung angewendet. Hierbei erfolgt die Verbindung der isolierten Schiene mit der Erdschiene durch ein in Stahlrohr geführtes Bleikabel (Abb. 2), das in einem Gehäuse ähnlich dem Anschlußkasten endet und in gleicher Weise durch konische Anschlußbolzen mit der Erdschiene verbunden wird. Die Rückleitung zum Stellwerk besteht gleichfalls aus einer isolierten Ader. In Fällen, in denen mit Fremdströmen nicht zu rechnen ist, wird die Verbindung mit der Erdschiene durch einen blanken Kupferdraht und einen Anschlußbolzen hergestellt. Die Rückleitung zum Stellwerk erfolgt dann durch den Bleimantel bzw. die Armatur des Kabels (Abb. 1).

Die bisherige, nur recht unvollkommene Kabeleinführung in den Schienenstromschließer, die sehr oft Anlaß zu Störungen gab, fällt weg. Dafür ist eine gemeinsame Einführung der Leitungen in den Kabelanschlußkasten unter Verwendung von Kabeleinführungs- und Schutz-

Digitized by Google

rohren geschaffen, die dem Kabel besonderen Schutz gegen mechanische Beschädigungen verleiht. Die Verbindung vom Kabelanschlußkasten zum Schienenstromschließer führt in ein in Stahlpanzerrohr verlegtes Gummibleikabel (Abb. 2). Eine geeignete Verschlußeinrichtung mit Schloß für Signalflügelkontakte schließt das Anschlußgehäuse wasserdicht ab.

Bei den Versuchen, die im Auftrage des Reichsbahn-Zentralamts im Bezirk Altona auf sehr stark befahrenen Strecken durchgeführt wurden, konnten die besten Erfahrungen gemacht werden. Isolationsmessungen vor und nach dem Einbau der Einrichtungen ergaben eine Verbesserung der Isolation von teilweise 60 % und mehr. Die besonderen Vorteile der neuen Kabelanschlußeinrichtungen sind: leichter Einbau, Verbesserung der Isolation, geringe Unterhaltungskosten, Erhöhung der Betriebssicherheit und damit Senkung der Betriebskosten.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Neue Präzisionsinstrumente von Siemens & Halske. — Gehäuse aus einem hochwertigen, tiefschwarzen Preßstoff verwenden S & H neuerdings für ihre Präzisionsinstrumente, um die letzteren tropenfest und widerstandsfähig gegenüber mechanischen Einflüssen zu machen; sie behalten ihr gutes Aussehen auch auf die Dauer bei. Bei den verschiedenen Typen für Gleich- und Wechselstrom ist das Gehäuse einheitlich durchgebildet und mit großem schattenfreien Skalenausschnitt versehen; ferner sind die meisten Typen vielfach umschaltbar, so daß sie, u. U. unter Benutzung der für diesen Zweck geschaffenen Neben- und

Abb. 1. Zehnohminstrument mit Vorwiderstand und sechs Nebenwiderständen in Lederkoffer.

Vorwiderstände, für verschiedene Meßbereiche zu verwenden sind. Die Umschaltung erfolgt meistens durch Stöpsel besonderer Bauart, die sichere Kontaktgabe auch nach längerem Gebrauch gewährleisten. Die Gleichstrominstrumente (Drehspulmeßwerk) sind für Strom- und Spannungsmessungen zu gebrauchen. Zu dem für zwei Meßbereiche (45 mV und 3 V) geeichten Instrument gibt es austauschbare Neben- und Vorwiderstände in zahlreichen Abstufungen, so daß mit diesem einen Instrument sämtliche in der Gleichstromtechnik vorkommenden Ströme und Spannungen gemessen werden können. Ein umschaltbarer Strom- und Spannungsmesser mit 11 Meßbereichen ist für die Strommeßbereiche 0,15 ... 15 A und die Spannungsmeßbereiche 0,15 ... 300 V geeicht, hat aber außerdem einen 45 mV-Meßbereich zum Anschluß äußerer Vor- und Nebenwiderstände. Ein auf 6 Meßbereiche (1,5 ... 750 V) geeichter Spannungsmesser der gleichen Type kann nach Vorschaltung eines Vorwiderstandes für Spannungsmessungen bis 1500 V benutzt werden. Für den bequemen Transport der Geräte werden passende Lederkoffer geliefert, in denen auch Platz für Vor- und Nebenwiderstände vorgesehen ist (Abb. 1).

Die Wechselstrom-Präzisionsinstrumente in Preßstoffgehäuse werden als Prüffeld- und als Laboratoriumstype ausgeführt, deren erstere für indirekte Messungen mittels Strom- und Spannungswandlern geeignet, und deren zweite für direkte Messungen bestimmt ist. Der Strommesser der Prüffeldtype hat gemäß der Übersetzung der Wandler einen Meßbereich von 5 A, der Spannungsmesser einen solchen von 130 V, der durch Vorwiderstände bis auf 650 V zu erweitern ist. Der Leistungsmesser hat die Nennwerte 5 A für Stromwandler und 90 V (überlastbar bis 110 V) für Spannungswandler, ferner eine 1000 Ω-Klemme zum Anschluß äußerer Vorwiderstände und einen eingebauten Spannungswender. Die Skala ist von 0 an gleichmäßig unterteilt und hat 150 etwa 1 mm breite Skalenteile. Ein umschaltbarer Wirk-Blindlast-Widerstand

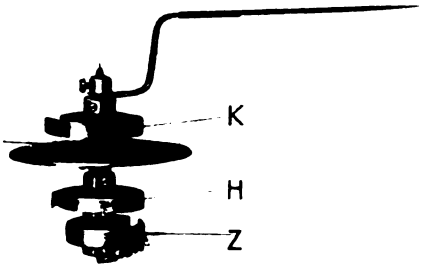
Abb. 2. Wechselstrom-Präzisionsinstrumente der Prüffeldtype mit Widerständen und dem als Meßtisch benutzbaren Bügelkoffer.

ermöglicht bei Leistungsmessungen an Drehstrom beliebiger Belastung mit zwei Leistungsmessern den Übergang von Wirk- auf Blindleistungsmessung durch einfaches Betätigen eines Umschalters. Dieser Vorwiderstand hat nur Ohmsche Widerstände und ist daher vollkommen frequenzunabhängig. Zu den Instrumenten und Widerständen werden passende Bügelkoffer mit anschraubbaren Beinen geliefert (Abb. 2), deren Einsatz mit den Instrumenten herausnehmbar ist, so daß der Koffer gleichzeitig als Meßtisch dienen kann. Die Strommesser der Laboratoriumstype sind mittels Stöpselkontakten auf jeweils zwei Meßbereiche umschaltbar (0,5 ... 25 A); mittels besonderer Stöpsel lassen sich die Klemmen der Instrumente kurzschließen. Die Spannungsmesser sind mittels Drehschalter für drei Meßbereiche umschaltbar und werden für Spannungen bis 600 V hergestellt; für höhere Spannungen sind Vorwiderstände zu verwenden. Die Leistungsmesser der Laboratoriumstype sind mit Ausnahme des Instrumentes für 25/50 A auf drei Nennströme umschaltbar. Im Spannungskreis haben die Leistungsmesser außer der 1000 V-Klemme auch eine 90 V-Klemme zum Anschluß von Spannungswandlern sowie eine 300 V-Klemme für direkte Messungen. Vorwiderstände gibt es bis 3000 V. Auch zu dieser Type sind Lederkoffer zu haben, die 1 Instrument bzw. 1 Instrument mit einem Vorwiderstand aufnehmen.

S & H-Starkstrom-Meßgeräte mit Bimetallmeßwerk. — Für Strom- und Spannungsmessungen an Wechselstrom bauen neuerdings Siemens & Halske Geräte, deren Meßwerk (Abb. 1, S. 325) auf der Eigenschaft eines Bimetallstreifens beruht, in Abhängigkeit von der Temperatur seine Krümmung zu verändern. Bei sorgfältiger Herstellung und Auswahl der Materialien läßt sich eine hohe Konstanz der mechanischen und thermischen Eigenschaften derartiger Streifen erreichen, so daß sie für Meßzwecke benutzt werden können. Im Bimetallmeßwerk wird der zu messende Strom über eine Bimetallfeder geleitet, die unter dem Einfluß der entwickelten Stromwärme ihre Spannung entsprechend verändert. Diese Spannungsänderungen bewirken den Zeigerausschlag, während die ursprüngliche

Digitized by Google

Federspannung das Gegendrehmoment liefert. Der Stromfeder wird der Strom durch eine besondere Zuführungsfeder zugeführt. Den Einfluß der Außentemperatur auf



H Stromfeder *K* Kompensationsfeder *Z* Zuführungsfeder
Abb. 1. Bimetallmeßwerk.

die Stromfeder gleicht eine Kompensationsfeder aus, die ebenfalls aus Bimetall besteht und mit entgegengesetztem Drehmoment an der Zeigerachse angreift. Eine Rückwirkung der Stromfeder auf die Kompensationsfeder durch Wärmestrahlung verhindert eine Pertinaxscheibe, die zwischen beiden Federn angebracht ist. Dieses Meßwerk wird mit einem magnetisch stark gesättigten Wandler zusammengebaut (Abb. 2), um das Gerät hoch überlastbar zu machen. Die Strommesser halten den 90fachen Überstrom 10 s lang aus. Die starke Sättigung der Wandler wirkt auf die Meßgenauigkeit zurück, die bei den Strommessern 5 % vom Skalenendwert beträgt. Die Spannungsmesser, deren Wandler nicht so hoch gesättigt sind, erreichen eine Genauigkeit von 3 %.

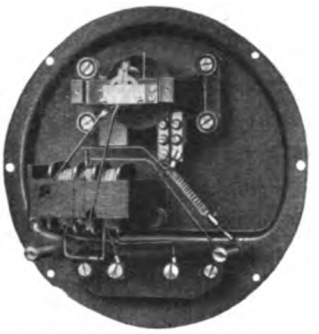


Abb. 2. Stromzeiger mit Bimetallmeßwerk (offen).

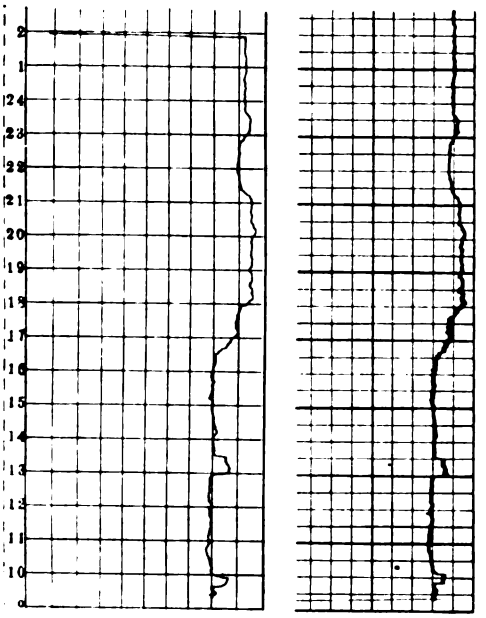


Abb. 3. Spannungskurven bei gleicher Papiergeschwindigkeit eines Bimetallschreibers (links) und eines elektrodynamischen Geräts (rechts).

Die kennzeichnenden Eigenschaften des Bimetallmeßwerks sind ein hohes Drehmoment und eine große Trägheit. Das Drehmoment beträgt etwa 30 g/cm und reicht zur sicheren Einstellung eines Schleppzeigers völlig aus. Ebenso ermöglicht es ohne weiteres die Registrierung mit Tintenschrift. Die im Meßprinzip begründete Trägheit wirkt wie eine überaperiodische Dämpfung, so daß sich der Zeiger nur schleichend einstellt. Bei Nennstrom wird der Endausschlag in 5 min erreicht. Die Messung ergibt also nicht die Momentanwerte, sondern die Mittelwerte. Bei Überlastungen dagegen erreicht man den Endausschlag wesentlich schneller, bei fünffachem Überstrom beispielsweise in 30 s. Diese Mittelwertsbildung der Momentanwerte bewirkt in der Anzeige, daß kurze Überlastungen nicht in der vollen Höhe angezeigt werden, sondern nur länger dauernde und diese um so schneller, je größer sie sind. In der Registrierung erhält man nicht jede Schwankung der Meßgröße, sondern nur die Veränderungen von längerer Dauer (Abb. 3). Infolgedessen kann man mit geringer Papiergeschwindigkeit arbeiten (10 mm/h), ohne daß die Kurven schmieren, und erhält übersichtliche Diagramme bei geringem Papierverbrauch.

Die Eigenschaften der Bimetallmeßwerke bestimmen die Anwendungsgebiete. Es sind die Maximalmessungen in der Überwachung der Kabelnetze auf länger dauernde Überlastungen, die Überwachung der Stromverteilung und des Spannungsverlaufs in vermaschten Speisenetzen, die Registrierung der Stromaufnahme und der Spannung in industriellen Betrieben. Für diese Messungen reichen die einfachen und verhältnismäßig billigen Bimetallmeßgeräte aus. Für Maximalmessungen verwendet man anzeigende Strommesser mit Schleppzeiger, für die Überwachungsmessungen Registriergeräte mit 70 mm Papierbreite und siebentägiger Laufzeit des Vorschubwerks.

Das Gleichlast-Eichverfahren. — Bei dem Gebrauch von Eichzählern zur Kontrolle und Nacheichung von Elektrizitätszählern machte die Berücksichtigung der Charakteristik der Fehlerkurve des Eichzählers immer Schwierigkeiten. Außerdem liegt die Fehlerkurve des Eichzählers bei kleineren Belastungen nicht fest, sondern ist stark von der veränderlichen Lagerreibung abhängig. Diese Nachteile lassen sich vermeiden, wenn dafür gesorgt wird, daß der Eichzähler immer mit seiner Nennlast läuft. Bei dem von der Bergmann-Elektricitäts-Werke AG. entwickelten Gleichlast-Eichverfahren für Wechselstromeichungen ist dies er-

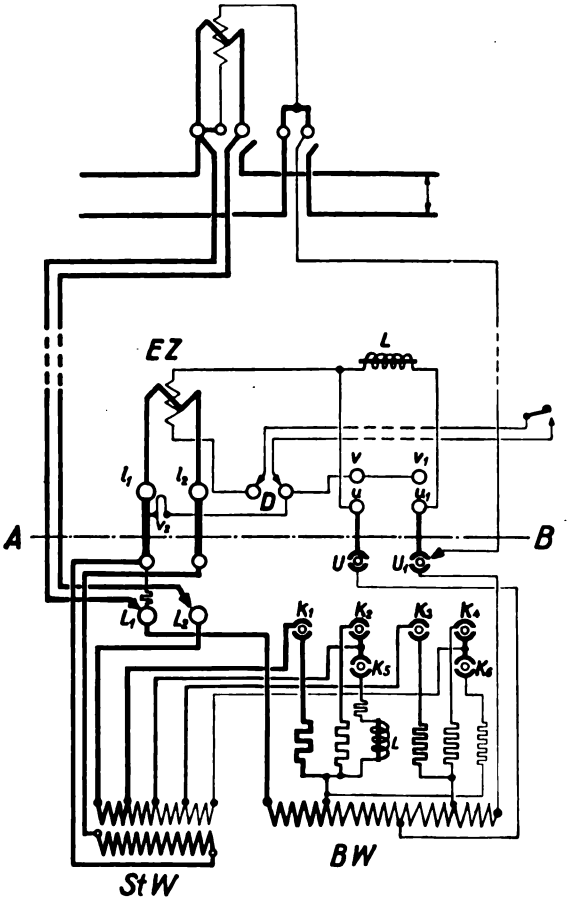


Abb. 1. Schaltung des Gleichlast-Eichzählers, Form GZET.

Digitized by Google

reicht, so daß der Eichzähler dadurch zu einem Präzisions-Meßinstrument geworden ist. Der Eichzähler wird hierbei mit einem Stufenstromwandler zusammengeschaltet, dessen Primärwicklung so unterteilt ist, daß für jeden Belastungspunkt, bei welchem eine Eichung vorgenommen werden soll, das Übersetzungsverhältnis zwischen dem zu prüfenden Zähler und dem Eichzähler so gewählt werden kann, daß letzterer mit Vollast läuft, also z. B. immer mit 5 A belastet ist. Es wird dadurch einmal erreicht, daß der Eichzähler nur bei dem einen Belastungspunkt richtig zeigen muß, bei dem er das größte Drehmoment entwickelt und somit die größte Meßgenauigkeit hat. Weiter werden die Stufen des Stromwandlers immer nur mit der ihrer Nennstromstärke entsprechenden Belastung gebraucht, bei der auch hier die Abgleichung unter den günstigsten Verhältnissen erfolgen kann. Die so erzielte Genauigkeit ist daher wesentlich größer als die der Wandler der Klasse E.

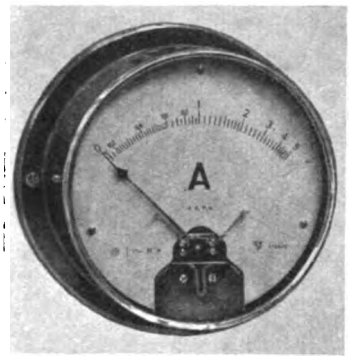


Abb. 1. Strommesser mit nahezu logarithmischer Skala.

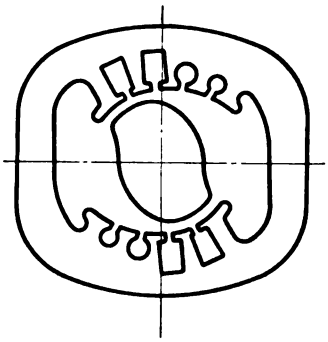


Abb. 2. Ungleichmäßig bewickeltes Eisenschlußjoch

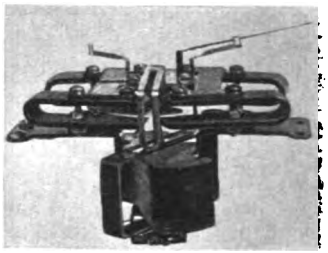


Abb. 3. Brücke mit oberem Rähmchenlager.

Zur Kontrolle von Zählern am Verwendungsort dient der nach dem Schaltbild Abb. 1 (S. 325) geschaltete Gleichlasteichzähler Form GZET mit eingebautem Stufenwandler StW und belastungswandler BW für Stromstärken bis 5 A. Die Belastungspunkte (K_1 ... K_4) sind hier für $^1/_1$, $^1/_2$, $^1/_{10}$ und $^1/_{20}$ der Vollast bei $\cos\varphi = 1$ und (K_5) für ½ der Vollast und $\cos\varphi = 0{,}5$ vorgesehen. Der 6. Belastungspunkt (K_6) dient zur Anlaufprüfung bei 0,5 % der Nennlast. Der Belastungswandler und der Stufenstromwandler sind so aufeinander abgestimmt, daß die durch die Induktion der Zählerstromspulen verursachte Phasenverschiebung aufgehoben ist, und die entstehenden Belastungen von den praktisch vorkommenden Unterschieden in den Widerstandsverhältnissen der Stromspulen des zu prüfenden Zählers unabhängig ist. Für die Prüfung bei induktiver Last ist eine kleine Drossel vorgesehen. Für größere Stromstärken werden getrennte Stufen und Belastungswandler hergestellt die in Verbindung mit dem von den angebauten Wandlern abnehmbaren Gleichlastzähler verwendet werden können. In ortsfeste Gleichlast-Eichstellen für Wechsel- und Drehstromzähler werden die Stufen- und Belastungswandler eingebaut. Schon vorhandene Eichstellen können durch Zusatz von Gleichlastwandlern in Gleichlast-Eichstellen umgewandelt werden.

Der Gleichlastzähler ist zur Bestimmung des prozentualen Fehlers des zu prüfenden Zählers mit einer zweiten Skalenscheibe versehen, mit welcher durch einfache Einstellung der Fehler von Zählern mit beliebigen Eichkonstanten ohne Rechnung abgelesen werden kann.

Neues Eisenschluß-Elektrodynamometer. — In den meisten Betrieben, z. B. bei Antrieben mit Elektromotoren und bei Lichtanlagen, ist Vollbelastung ein seltenes Ereignis. Während eines großen Teiles der Betriebsdauer ist die Belastung nur ein kleiner Teil der Vollast. Daraus ergibt sich für die Meßgeräte die Forderung, daß an ihnen die niedrigen Belastungswerte mindestens mit derselben, vielleicht einer größeren Genauigkeit abgelesen werden können wie die der Vollast entsprechenden Werte. Folgerichtig wird man diese Forderung etwa an 95 % aller Strommesser stellen. Bei einer gleichmäßig geteilten Skala ist jedoch der Ablesefehler bei Viertellast $4\,p$ %, wenn er bei Vollast p % beträgt. Die Skala soll also möglichst nicht gleichmäßig, sondern am Anfang breit, am Ende eng geteilt sein. Soll der prozentuale Ablesefehler an allen Stellen der Skala gleichgroß sein, so muß die Teilung logarithmisch sein. Es ist gebräuchlich, den größten vorkommenden Fehler auf den Endwert der Skala zu beziehen. Die so berechnete geringe Prozentzahl kann jedoch leicht irrige Vorstellungen über die Genauigkeit der Messung erwecken. Zur Beurteilung der Meßgenauigkeit wäre es deshalb allein richtig, den Fehler nicht auf den Endwert, sondern auf den abgelesenen Wert zu beziehen. Diese Gründe führten zur Konstruktion von Instrumenten, deren Skala nahezu logarithmisch ist. Abb. 1 zeigt die Skala eines nach Vorschlag des Herrn Prof. Dr. Emde von der Velmag, Leipzig 31, O 27, entwickelten Strommessers von 0 bis 5 A; der letztere ist in Verbindung mit Stromwandlern für jede höhere Stromstärke verwendbar.

Bei Drehspulinstrumenten läßt sich eine Veränderung des Skalencharakters in gewissen Grenzen dadurch erzielen, daß der Luftspalt, in welchem das Rähmchen schwingt, verschieden breit gehalten wird. Da das Drehmoment eines derartigen Instrumentes dem Produkt $i \cdot B$ proportional ist, braucht nur der Luftspalt längs des Rähmchenweges entsprechend bemessen zu werden, um am Skalenanfang eine hohe und nach dem Ende zu abnehmende Empfindlichkeit zu erreichen. In diesem Falle müßte der Luftspalt am Anfang der Skala eng und gegen Ende breit gemacht werden. Bei elektrodynamischen Instrumenten mit an sich quadratischer Skala genügt die Luftspaltverbreiterung nicht, um eine logarithmische Skala zu erzielen.

Nach dem Vorschlag von Prof. Dr. Emde wird deswegen als weiteres Mittel zur Feldverteilung eine ungleichmäßige Bewicklung des Eisenschlußjoches angewendet. Die Bewicklung wird ähnlich wie eine Statorwicklung in Nuten gelegt, welche in dem aus legierten Blechen bestehenden Eisenschlußjoch angeordnet sind. Abb. 2 zeigt die Form eines Jochbleches und des dazugehörigen Kerns. Der Kern hängt an einer Brücke, an der sich auch das obere Rähmchenlager befindet (Abb. 3). Das Instrument besitzt Wirbelstromdämpfung, die in äußerst wirksamer Weise durch kleinere Magnete, zwischen welchen eine kleine Scheibe schwingt, hervorgerufen wird.

Ein Spannungszeiger dieser Ausführung für 1000 V fand erstmalig an einer Verteilertafel eines Starkstromlaboratoriums Verwendung. An dieser Verteilertafel können Gleich- und Wechselstromspannungen zwischen 10 und 1000 V auftreten, die mit diesem einzigen Instrument gemessen werden können. Der Eigenverbrauch dieses Instrumentes beträgt bei 1000 V 160 W. Der Verbrauch erscheint etwas hoch, aber derselbe kann ohne Schaden größer sein als bei einem gewöhnlichen Spannungszeiger, der dauernd eingeschaltet bleiben muß. Auch ist zu bedenken, daß der Verbrauch quadratisch mit der Spannung sinkt und daß Spannungen über 500 V an dieser Verteilertafel seltener vorkommen. Der Eigenverbrauch des ebenfalls oben abgebildeten Strommessers beträgt rd. 7 W.

Instrumente dieser Art dürften in vielen Fällen dort Verwendung finden, wo bisher gewöhnliche elektromagnetische Instrumente vorgesehen waren, da die oben geschilderten Vorteile eine weit genauere Messung bei den verschiedenen Belastungszuständen der Anlage ermöglichen.

Zählertafeln mit erhöhter Wärmebeständigkeit. — Bei den bisher handelsüblichen Isolierzählertafeln wurde Isolierstoff verwandt, der der Type 8 der typisierten Reihe gummifreier Isolierstoffe entsprach. Dieser Isolierstoff hat eine Wärmebeständigkeit von nur rd. 45 °, die nach den neueren Erfahrungen nicht ganz ausreichend ist. Wenn früher behauptet wurde, daß diese Bemessung der Wärmebeständigkeit, mit Rücksicht auf die in den Räumen vorkommende Erwärmung durch Öfen oder Sonne, ausreicht, zumal man die Zählertafel selbst nebst dem

Digitized by Google

Zähler nicht in der Nähe von Öfen aufhängt, so ist dazu zu bemerken, daß in Räumen eine Sonnentemperatur von fast 45 °, besonders bei niedrigen und einfach gedeckten Häusern, im Sommer wohl vorkommen kann. Aber auf Grund neuerer Erfahrung ist man nicht der Auffassung, daß die erhöhte Temperatur von außen auf die Zählertafel einwirkt, sondern es ist festgestellt worden, daß diese Temperatur aus der Zählertafel selbst entstehen kann. Die auf der Zählertafel angebrachten Sicherungselemente werden mit Patronen bestückt, die sich, besonders bei Überlastung der Patrone, stark erwärmen. Es ist festgestellt worden, daß hier Temperaturen entstehen, die 100 ° erreichen, und die demnach die Temperaturen überschreiten, die mit 45 ° Martens als Wärmebeständigkeit für den Isolierstoff der Zählertafel festgelegt sind.

Abb. 1. Lichtzählertafel Form LJEIn.

Abb. 2. Kraftzählertafe Form KJ IIIn.

Die gerade in den letzten Jahren gemachten Fortschritte der Preßtechnik haben nun ergeben, daß sich die hochwertigen wärmebeständigen Isolierstoffe der Type 0, S und 1 bei Anwendung genügend hoher Preßdrücke preßtechnisch nicht schwerer verarbeiten lassen als Werkstoffe der Type 7 und 8. In Erkenntnis dieses Standes der Technik haben die Aronwerke, Berlin, bei Aufnahme der Isolierstoff-Zählertafelfabrikation ihre Konstruktionen den wärmebeständigen Werkstoffen angepaßt, so daß die Zählertafeln aus diesen Isolierstoffen eine Wärmebeständigkeit

bei Verwendung der Type 0 von mindestens 125 ° Martens und

bei Verwendung der Type 1 oder S von mindestens 150 ° Martens

haben, wogegen, wie bekannt, die bisher handelsüblichen Tafeln eine Wärmebeständigkeit

bei Verwendung der Type 8 von nur mindestens 45 ° Martens,

bei Verwendung der Type 7 von nur mindestens 65 ° Martens

besitzen. Die Erhöhung dieser Wärmebeständigkeit für die Zählertafeln war somit bei Beachtung der Eigenschaften unserer heutigen Sicherungspatronen eine Maßnahme, die unbedingt befolgt werden sollte.

Die Isolierstoffe der Type 0, S und 1 haben jedoch auch eine Festigkeit, die bisher für die Werkstoffe der Zählertafelfabrikation unbekannt war. Die Verringerung der Wandstärke und das geringe spezifische Gewicht dieser Isolierstoffe ergeben Zählertafeln mit einem Fertiggewicht von nur rd. einem Drittel der bisher handelsüblichen Tafeln. Auch die Schlagbiegefestigkeit der neuerdings verwandten Werkstoffe ist größer als die der bisherigen Isolierstoffe, was unbedingt als neuer Vorteil zu bewerten ist. Außer den betrachteten Eigenschaften der gummifreien Isolierstoffe, Biegefestigkeit, Schlagbiegefestigkeit und Wärmebeständigkeit sowie spezifisches Gewicht ist die Glutsicherheit ein weiteres Charakteristikum eines Isolierstoffes. Diese wird durch Vergleichszahlen bewertet, die für die wärmebeständigen Isolierstoffe

der Type S den Wert 3,
„ „ 1 „ „ 4,
„ „ 0 „ „ 2

haben, während die bisher handelsüblichen Isolierstoffe der Type 8 durch die Vergleichszahl 3 gekennzeichnet werden. Bedenkt man, daß man in Zweifelsfällen ja nicht zur Inanspruchnahme der Type 0 gezwungen ist, sondern in den Typen 1 und S Isolierstoffe besitzt, die auch bezüglich der Glutsicherheit den höchsten Ansprüchen genügen, so dürfte es bei Verlassen der Type 8 zwecks Erzielung einer höheren Wärmebeständigkeit grundfalsch sein, an Stelle der Type 8 nur zur Type 7 überzugehen. Bei dieser Werkstoffänderung würde man einerseits die Wärmebeständigkeit nur um wenige Grade verbessern, wogegen man anderseits bezüglich der Festigkeit auch nur unwesentlich höhere Werte erzielen würde. Als großer Nachteil kommt hinzu, daß die Type 7 eine schlechtere Glutsicherheit als die Type 8 besitzt, da die für die Type 7 gültige Kennziffer 1 die schlechteste der ganzen Typenreihe ist.

Die Lichtzählertafeln (Abb. 1) sind für die Montage der heutigen kleinen Lichtzähler bestimmt. Sie haben ein gefälliges Aussehen, gepaart mit einfacher Montagemöglichkeit. Die Zählertafel (Abb. 2) für Kraftzähler, Gleichstrom-Wattstundenzähler und Schaltuhren ist ebenso wie die kleine Lichttafel aus Aronit 0 hergestellt. Die Zählerbefestigung ist die bekannte praktische Universalbefestigung und wird bei den Blechzählertafeln der gleichen Herkunft seit mehreren Jahren angewandt. Der Einbau von vier Sicherungselementen für 25 A oder 3 Sicherungselementen für 60 A ist vorgesehen. Anstatt der Sicherungselemente für 25 A können auch die üblichen Drehschalter oder Überstrom-Selbstschalter angeordnet werden. Die Plombierung der Tafel ist an der Wand wie auch gegen den Zugriff Unbefugter zu den Sicherungselementen auf einfachste Weise möglich. Für die Einführung der Rohre sind leicht ausbrechbare Öffnungen in den Tafelrändern vorgesehen.

Beleuchtung.

Allseitig in weiten Grenzen verstellbare und weit ausladende Beleuchtungsgeräte. — In manchen Fällen ist die Veränderung des Ortes der Lichtquelle in ganz besonders großem Umfange notwendig. Mittels der Wandarme[1] (die für die allgemeinen Gebrauchszwecke bis 1,6 m ausladend geliefert werden) des Industriewerks Auma, Ronneberger & Fischer, Auma (Thür.), werden Glühlampen und deren Armaturen auch bis etwa 3 m ausladend getragen (Abb. 1). Die Lichtquelle ist in diesem Falle bis 3 m ausladend kontinuierlich verrückbar bei gleichzeitiger und ebenfalls stetiger Höhenverstellung. In diesem Zusammenhange wird auf die weit ausladenden Doppeltischarme hingewiesen, welche

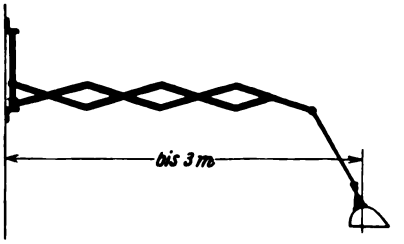


Abb. 1. Verstellbarer Wandarm.

Abb. 2. Midgard-Lenklampe.

in einer Spezialausführung mit einem Fußbock mit schräger Achse oder auch in normaler Ausführung, aber dann mit Hilfe eines Geräteträgers, an stark geneigten bis senkrecht stehenden Zeichenbrettern mit erheblichem Arbeitsvorteil verwendet werden.

In feuchten, explosionsgefährdeten und verstaubten Räumen können Midgard-Lenklampen der genannten Firma Verwendung finden, bei denen der Armaturenkörper als Fassungs-, Schutzglocken- und Schalenhalter aus gummifreiem Isolierstoff besteht. Die ganze Konstruktion ist widerstandsfähig und praktisch im Gebrauch. Der tiefe Reflektor schützt die Glasglocke einschließlich Glühlampe in vorteilhafter Weise (Abb. 2). Die Verwendung kommt in mancherlei industriellen und gewerblichen Betrieben in Frage.

Primus-Deckenbeleuchtung. — Die „Primus-Deckenbeleuchtung" der Firma Storch & Stehmann G. m. b. H., Ruhla, hat eine Vereinfachung und Verbesserung der Aufhängung erfahren. Das Prinzip der Aufhängung beruht darauf, das beschwerliche, durch den großen Baldachin behinderte Einhängen in den Deckenhaken zu umgehen.

[1] DRGM, DRP und Auslandspatent.

Digitized by Google

Dies wird einfach dadurch erreicht, daß ein im Porzellanstein der Deckenbeleuchtung geführter Stift mittels Federdruck nach Einsetzen des Deckenhakens in die Nute des Porzellansteines, über den Haken hinweggeschnappt und somit den Baldachin mit der Decke abschließend befestigt (Abb. 1). Die Anschlußdrähte, welche durch bequem erreichbare Anschlußbuchsen und -schrauben leicht zu montieren sind, werden durch den an der Decke anliegenden Baldachin vollständig verdeckt, und ist somit eine gediegene neuzeitliche Kleinbeleuchtung geschaffen.

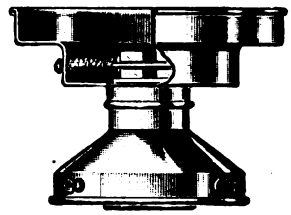


Abb. 1. Anbringung des Beleuchtungskörpers an der Decke.

Dauerserien-Lampen. — Wenn bei Reklamebeleuchtung eine der in Reihe geschalteten Lampen durchbrennt, kann die letztere durch besondere Vorrichtungen selbsttätig überbrückt werden, um den Weiterbetrieb nicht zu stören. Da aber dann die übrigen Lampen der Serie mit höherer Spannung brennen, wird ihre Lebensdauer herabgesetzt. Diesen Mangel will die Osram-Gesellschaft durch eine neue Illuminationslampe für 14 V, 5 W, für Serienschaltung, Ausführung D (Dauerserie), beseitigen.

Die neue Type besitzt eine zwischen den Zuleitungen im Lampensockel angebrachte Kurzschlußvorrichtung, eine sogenannte Strombrücke, die aus einem oxydierten Aluminiumplättchen besteht. Die Oxydschicht wirkt bei der Betriebspannung von 14 V isolierend, wird aber von größeren Spannungen (z. B. 110 oder 220 V) durchschlagen und stellt dann selbsttätig durch Überbrückung der Zuleitungen einen Stromdurchgang her. Dieser Zustand wird in dem Augenblick erreicht, in dem der Draht der Lampe durchbrennt, wobei die volle Netzspannung an den Zuleitungen liegt. Um eine Spannungserhöhung an den übrigen im Betrieb befindlichen Lampen zu verhindern, hat die neue Lampe noch einen Widerstandsdraht erhalten, der, mit der Strombrücke verbunden, im Augenblick des Durchbrennens des Leuchtdrahtes selbsttätig eingeschaltet wird. Der Widerstandsdraht und der Leuchtkörper sind genau aufeinander abgestimmt, so daß eine Überlastung und ungleichmäßige Lichtausstrahlung der Serie nicht eintreten kann, gleichzeitig wird das Innere des Kolbens mit einer Spiegelschicht überzogen, die die beschädigte Lampe sofort erkennen läßt und auch am Tage das Auswechseln wesentlich erleichtert.

Heizung.

Bügeleisen mit regelbarer Bügeltemperatur. — Das in Abb. 1 dargestellte Wechselstrom-Bügeleisen der AEG besitzt eine Bimetall-Kontaktfeder, um das Eisen bei Erreichung einer bestimmten Temperatur selbsttätig abschalten zu können. Diese Bimetallfeder *4* erhält beim Einbau eine gewisse Vorspannung, damit sie solange gegen die Metallkontaktfeder *5* drückt, bis das Eisen einen

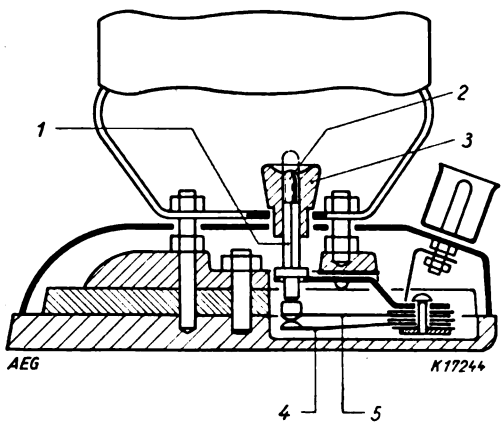


Abb. 1. AEG-Regelbügeleisen für Wechselstrom.

Wärmegrad erreicht hat, bei dem die Unterbrechung der Stromzufuhr erfolgen soll.

Um außerdem die Bügeltemperatur innerhalb gewisser Grenzen vorher einstellen zu können, läßt sich die Vorspannung der Bimetallfeder ändern durch einen gegen die Kontaktfedern und das Gehäuse isoliert angebrachten Gewindebolzen *1*, der gegen *4* drückt und durch den Isolierknopf *3* gedreht werden kann. Die Stellung des Gewindebolzens wird durch eine aus dem Isolierknopf heraustretende rote Kappe *4* angezeigt, deren sichtbarer Teil dann als Maß für den Einstellungsgrad dient. (AEG-Mitt. 1929, S. 741.)

Zwietusch-Lötpatrone. — Die Firma E. Zwietusch & Co. G. m. b. H., Berlin-Charlottenburg, bringt einen Lötapparat auf den Markt, der nicht wie die üblichen Lötkolben einen Griff besitzt, sondern in einem gerippten Isolierkörper mit Fassungsgewinde endet (Abb. 1). Das Gerät kann also in jede Lampenfassung (Zugpendel, Tischlampe oder dgl.) eingeschraubt und an mehreren Stellen des Hauses zu Lötarbeiten benutzt werden. Die Energieaufnahme beträgt 65 W. Abb. 2 stellt einen Schnitt dar. Die leicht auswechselbare Kupferspitze sitzt in einer Aluminiumhülse, die in den Isolierkörper eingeschraubt wird. Dabei schiebt sich das innerhalb des Isolierkörpers befindliche Heizelement in die Aluminiumhülse hinein, so daß sein Ende in unmittelbarer Nähe des Kupfers zu liegen kommt. Die Lötpatrone kann auch mit Fassung, Stecker und Anschlußschnur geliefert werden.

Abb. 1. Zwietusch-Lötpatrone.

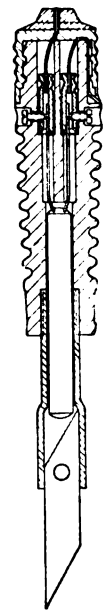


Abb. 2. Lötpatrone im Schnitt.

Elektro-Ökonom-Sparherd. — Der Ökonom-Sparherd der Firma Johann Henrich, Freiburg-Littenweiler, verbindet die Eigenschaften des offenen Plattenherdes mit den Grundsätzen des Ökonom. Er besteht aus einem Herdgestell mit eingebauter, dreifach regelbarer Hochleistungsplatte je nach Wahl mit einer Nennaufnahme von 1000, 1500 oder 1800 W und einer liegenden, wärmespeichernden Röhre. Auf einem aus der Röhre herausziehbaren freischwebenden Schlitten sind hintereinander zwei getrennt schaltbare Elektro-Ökonomheizplatten von je 700 W angebracht. Am Abschlußdeckel der Röhre, der fest mit dem Schlittengestell verbunden ist, befinden sich 3 Schalter (der mittelste ein Selbstschalter) darunter eine Signallampe. Am Herdgestell sind der vierte Schalter für die Hochleistungsplatte und eine Steckdose montiert, die zum Anschluß einer Schnellbratpfanne dient. Die Röhre findet Anwendung beim Braten und Backen sowie vor allen Dingen auch beim Kochen. Die ovale Form der Röhre bietet mehr Möglichkeiten der Raumausnutzung als die runde oder viereckige Gestaltung. Auf den Heizplatten haben je 2 Töpfe übereinander Platz. Kochgut mit größeren Flüssigkeitsmengen wird hinten aufgestellt. Das Ausschalten des Stromes erfolgt beim Kochen durch eine selbsttätig wirkende thermostatische Schaltvorrichtung. Beim Braten und Backen wird der Selbstschalter nicht eingeschaltet; die hierfür benötigte Oberhitze wird erzielt mittels Aufsetzens eines Wärmeverteilergestells auf die Heizplatten beim Vorerhitzen der Röhre. Die Wärmekapazität der Röhre ist so groß, daß sie für viele Stunden ausreicht. Im Gegensatz zum offenen Plattenherd wird durch das wärmespeichernde Prinzip ein verhältnismäßig geringer Stromverbrauch erreicht. Versuche beim Städtischen Elektrizitätswerk München (Strompreis 15 Pf) ergaben folgende Resultate:

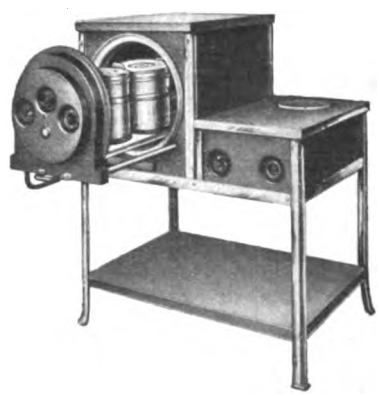


Abb. 1. Elektro Ökonom-Sparherd L H.

Digitized by Google

Essen	Verbrauch	Kosten
1,25 kg Ochsenfleisch 3,5 l Fleischbrühe 0,5 kg Blumenkohl	0,75 kWh	11,25 Pf
1,25 kg Nierenbraten	0,55 „	8,3 „
Holländische Sauce für den Blumenkohl auf der Hochleistungsplatte	0,08 „	1,2 „

Eine gewisse, allerdings nur noch geringe Umstellung der Hausfrau hinsichtlich ihrer Kochweise ist erforderlich. Doch bietet ihr diese kleine Mühe wesentliche Vorteile durch Erhöhung des Nährwertes der Speisen und eine starke Verminderung ihrer eigenen Arbeitsleistung.

Hebezeuge und Massenförderungen.

Fahrbare Bagger mit Stromzuführung durch Gummischlauchkabel. — Um bei der zunehmenden Verbreitung des Drehstroms als Antriebsmittel für Krane, Bagger, Abraum- und Verladebrücken blanke Fahrleitungen als Stromzuführung zu vermeiden, verwendet man insbesondere bei Spannungen über 1000 V gern mehradriges, biegsames Gummischlauchkabel zur Kraftübertragung. Schlingen und Schleifen sind beim Ablegen des Kabels auf den Boden peinlich zu vermeiden; sie bergen die Gefahr erhöhten Verschleißes durch unkontrollierbare Beanspruchung oder plötzlichen Bruches durch Überfahrenwerden. Die größtmögliche Betriebsicherheit ist vorhanden, wenn die ausgelegte Kabellänge jeweils der Entfernung des Transportgerätes von der Speisestelle genau entspricht und der Rest auf einer Trommel aufgewickelt und etwaigen Beschädigungen entzogen ist. Der bisher bei größeren Kabellängen allgemein benutzte Antrieb der Trommel vom Fahrwerk hatte den Nachteil, daß trotz umständlicher mechanischer Hilfseinrichtungen selbsttätig keine Übereinstimmung zwischen dem jeweils zurückgelegten Weg und der freien Kabellänge hergestellt werden konnte. Die Firma Bischoff & Hensel, Elektrotechn. Fabr. AG., Mannheim, treibt daher die Trommel durch einen Motor in Sonderausführung an, der ähnlich wie ein Gegengewicht wirkt, so daß das Kabel unabhängig von der Fahrtrichtung des Transportgerätes selbsttätig gestrafft bleibt und vor übermäßiger Zugbeanspruchung geschützt ist.

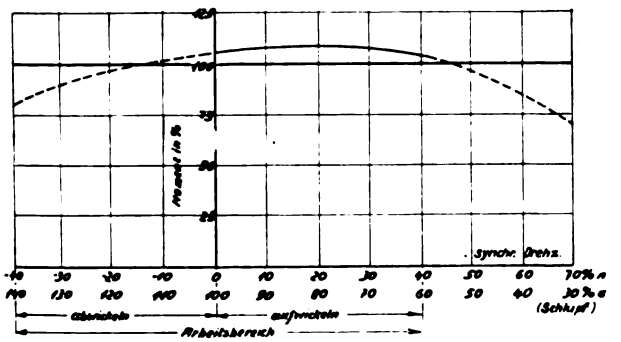


Abb. 1.

Bei Drehstrom verwendet man als Antriebsmaschine einen Asynchronmotor. Er wird mit bekannten Hilfsmitteln auf ein begrenztes Drehmoment abgestimmt, dessen der zulässigen mechanischen Beanspruchung des Kabels entsprechendes Maximum ungefähr im Stillstand liegt, und das bei einer Drehzahl von etwa 40 % der synchronen einen vorbezeichneten Grenzwert erreicht. Dieser ist in Abb. 1 mit 100 % Drehmoment angegeben und bestimmt sich aus der zum Aufwickeln des Kabels am Trommelumfang benötigten Kraft. In dem Gebiet negativer Drehung, d. h. entgegen dem Schaltsinne, arbeitet die Maschine als Gegenstrombremse und weist eine Drehmomentkurve ähnlicher Form auf. Das Moment ist also in den Betriebsgrenzen ± 40 % der synchronen Drehzahl nahezu konstant und überträgt sich entsprechend übersetzt auf die Trommel im Sinne einer Aufwicklung des Kabels. Es ist dabei nicht notwendig, die Motordrehzahl durch besondere Hilfsmittel in Übereinstimmung mit der jeweiligen Fahrgeschwindigkeit zu bringen. Der Läufer des Motors ist durch das in seiner Höhe begrenzte Drehmoment magnetisch mit dem Drehfeld des Ständers gekuppelt (vgl. Momentenkurve Abb. 1), und der Bewegungszustand der Trommel ist nur davon abhängig, ob die durch den Motor an der Trommel erzeugte Umfangskraft jeweils größer oder kleiner ist als der vom Kabel ausgeübte Zug. Die Leistungsaufnahme der Maschine beträgt etwa 600 ... 700 VA. Reichliche Anwendung von Kugellagern bewirkt günstigen mechanischen Wirkungsgrad der Einrichtung und hält den Unterschied im Kabelzug beim Auf- und Abwickeln in engen Grenzen.

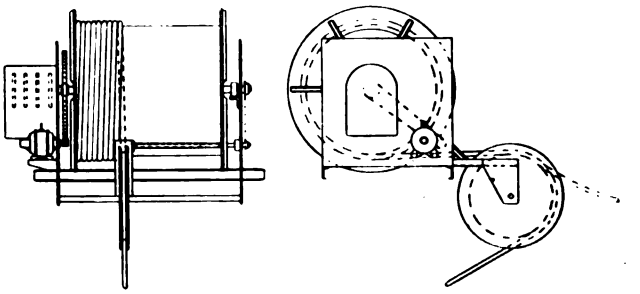


Abb. 2. Kabeltrommel für fahrbare Bagger.

Abb. 2 zeigt schematisch die Hauptteile einer Kabeltrommel: den Trommelkörper, den Schleifringapparat zur Übertragung des Stromes von der drehbaren Trommel (Zuleitung durch Hohlwelle) zu dem feststehenden Rahmen, die der Kabelführung dienende durch Spindel und Wandermutter bewegte Leitrolle, ferner den über ein Vorgelege auf die Trommelwelle wirkenden Motor. Während der Betriebszeit bleibt der Motor dauernd im gleichen Drehsinne eingeschaltet, unabhängig davon, ob sich das Kabel je nach Bewegungsrichtung des Stromverbrauchers auf- oder abwickeln soll. Läßt bei Annäherung des Gerätes an die Speisestelle der Kabelzug nach, so überwiegt das Motormoment und wickelt Kabel auf bis wieder Gleichgewicht der Kräfte hergestellt ist. Entfernt sich das Gerät von der Anschlußstelle, so verstärkt sich der Kabelzug und zieht Trommel mit Motor entgegen dem Schaltsinne durch. Die Einrichtung gestattet es, das Kabel von der Anschlußstelle in beiden Fahrtrichtungen abzuziehen und somit ohne Wechsel des Speisepunktes eine Strecke von doppelter Kabellänge zu durchfahren. Das Kabel bleibt dauernd auf Zug beansprucht und legt sich in einer Geraden parallel der Fahrbahn ab, wie es die in Abb. 3

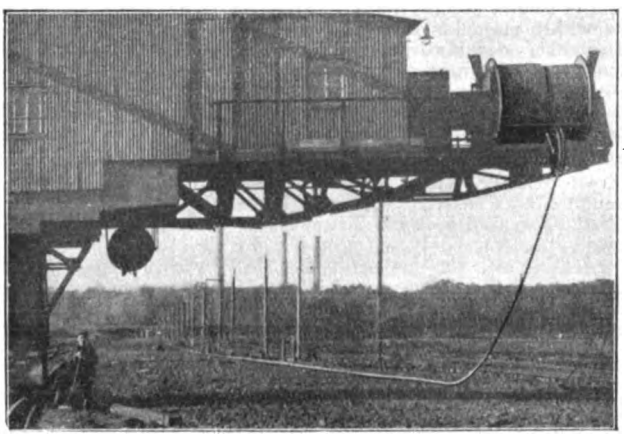


Abb. 3. Gleisbagger (Kabeltrommel seitlich herausgebaut).

dargestellte Anlage zeigt. Die hier seitlich herausgebaute Kabeltrommel läßt sich auch im Maschinenraum oder auf einem besonderen, mit dem Transportgerät fest gekuppelten Wagen unterbringen. Durch Verwendung einer Umkehrleitspindel kann man bei der geschilderten Antriebsweise das Kabel in mehreren Lagen übereinander aufwickeln. Auf Trommeln verhältnismäßig kleiner Abmessungen lassen sich dadurch große Kabellängen aufbringen.

Diese der Firma geschützte Vorrichtung kann auch anstatt des Drehstrommotors mit Einphasenkommutator- oder Gleichstrommotor arbeiten.

E. Kirschke.

Installation.

Besondere Steckdosenstromkreise. — Wenn man sich vor Augen hält, daß die meisten Störungen in den elektrischen Anlagen durch Überlastung oder Kurzschluß auf-

Digitized by Google

treten, und daß diese wiederum hauptsächlich durch die ortsveränderlichen, mit beweglichen Zuleitungschnüren mittels Steckkontakte angeschlossenen Geräte entstehen, so erscheint es einleuchtend, daß nur eine Trennung der Lichtstromkreise von den Steckdosenstromkreisen eine befriedigende Lösung bringen kann.

Wie hat man bisher disponiert? Auf den Verteilungstafeln sind die Sicherungen der Stromkreise zentralisiert. Verfolgt man einen solchen Stromkreis, so findet man, daß ein Lichtstromkreis zwei, drei oder mehrere Zimmer versorgt. Die Leitung geht in das erste Zimmer, dort zu den Lampen und Steckdosen, von dort ins zweite, dritte Zimmer usw. Um an Kosten zu sparen, legt man möglichst viel Lampen auf einen Stromkreis, indem man geltend macht, daß doch nicht alle Lampen gleichzeitig benutzt werden. Auf die Steckdosen nahm man keine besondere Rücksicht, man zählte sie einfach als 30 W-Anschluß oder 50 W-Anschluß. Hatte man nun z. B. 20 Lampen und 10 Steckkontakte an einen Stromkreis angeschlossen, so rechnet man folgendermaßen: 20 Lampen von je 30 W = 600 W, 10 Steckdosen zu je 30 W = 300 W, zusammen 900 W, oder bei 220 V rd. 4 A, also anscheinend ausreichend. In Wirklichkeit sehen die Verhältnisse aber anders aus. An die Steckdosen werden nicht wie früher nur Tischlampen für 30 W angeschlossen, sondern alle möglichen Anschlußgeräte (Brennscherenwärmer, Bügeleisen, Fön, Kochtöpfe, Öfen usw.) Hierbei ist der Anschlußwert jedes Geräts aber nicht 30 W oder 50 W, sondern 300 W ... 500 W, ja bei kleinen Zimmeröfen (Übergangsheizung) sogar 1000 W und mehr. Wird nun in reichlichem Maße Beleuchtung nötig, so tritt durch Zuschalten solcher Geräte meist eine Überlastung der Sicherung ein und die Betriebstörung ist da. Es genügt meist schon ein einziges größeres Anschlußgerät, um die durch die Lampenbelastung vorgewärmte Sicherung zum Ansprechen zu bringen. Aber selbst wenn die Belastung das zulässige Maß nicht überschreiten sollte, so besteht die Gefahr, daß eine mangelhafte oder defekte Anschlußschnur, ein defekter Stecker oder ein defektes Anschlußgerät einen Kurzschluß verursacht und dadurch die ganze Beleuchtung außer Betrieb setzt.

Dieser große Übelstand, der schon sehr viel zur Diskreditierung der Elektrizität beigetragen hat, wird vermieden, wenn man die Steckdosenstromkreise von dem allgemeinen Beleuchtungstromkreis trennt. Jeder neue Vorschlag begegnet in der Technik meist mehr oder weniger heftigem Widerstand, man weicht nur ungern von alten, liebgewordenen Gewohnheiten ab, und wenn man sonst nichts gegen solche neuen Vorschläge vorzubringen weiß, so wählt man das bequeme und sicher wirkende Schreckgespenst, „die enorme Verteuerung der Anlage", Schlagworte sind bequem und billig, sie bedeuten aber eine große Gefahr für den Fortschritt.

Auf den ersten Blick sieht es natürlich so aus, als ob eine Anlage mit getrennten Steckdosenstromkreisen teuerer werden müßte als eine Anlage, bei der die Steckdosen in einfachster Weise an die sowieso vorhandene Lichtleitung angeschlossen werden. Eine einfache Überlegung zeigt aber, daß hier ein Trugschluß vorliegt, wenn es sich um Anlagen handelt, bei denen mehr als ein Stromkreis erforderlich ist. Das bedeutet also, daß zwar für kleine Wohnungen die Trennung der Lichtstromkreise von den Steckdosenstromkreisen eine Verteuerung bedeuten würde, daß aber bei größeren Wohnungen und bei größeren, gewerblichen und sonstigen Anlagen die Trennung keine Verteuerung bedeutet, u. U. sogar eine Verbilligung bedeuten kann. Denn wenn man auf die Steckdosen keine Rücksicht zu nehmen braucht, kann man an einen Lichtstromkreis viel mehr Lampen anlegen, also viel mehr Zimmer anschließen, als bei der früheren Anordnung. Man kann zwei Stromkreise zu einem vereinigen und hat nun einen Stromkreis frei für den Steckdosenstromkreis für diese Zimmer. Man kann aber, wenn man will, noch weiter gehen in der Erhöhung der Betriebsicherheit. Man kann die Steckdosenstromkreise auf der Verteilungstafel mit 10 A sichern und jede Steckdose mit einer Sicherung für 6 A oder für 4 A kombinieren. Dann geht bei einem Kurzschluß an einem Gerät immer nur die lokale Sicherung durch, der übrige Stromkreis bleibt davon unberührt. Eine Verbilligung kann man noch dadurch erreichen, daß man mit den Steckdosenstromkreisen vielfach nicht oben an den Wänden, sondern in Steckdosenhöhe an der Wand entlang gehen kann, womit man die langen Herunterführungen nach den Steckdosen sparen kann. Eine vergleichende Kostenberechnung wird ergeben, daß durch die Trennung der Licht- und Steckdosenstromkreise keine Verteuerung, oft sogar eine Verbilligung eintritt. Aber selbst wenn eine kleine Verteuerung einträte, würde diese reichlich aufgewogen durch die großen Vorteile der höheren Betriebsicherheit.

F. Hoppe.

Neuerungen der Firma Nostitz & Koch, Chemnitz. — Die Motorschutzschalter der Firma Nostitz & Koch werden mit zwei oder drei verzögert ansprechenden Überstromrelais ausgerüstet, während für die unverzögerte Abschaltung bei Kurzschlüssen elektromagnetische Schnellauslöser eingebaut sind. Durch diese Relais wird ein Nullspannungsauslöser gesteuert, welcher mit dem Schaltschloß durch Freilauf gekuppelt ist (Abb. 1).

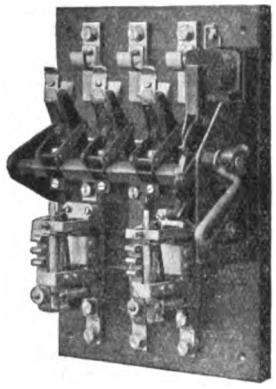


Abb. 1. STW III, 60 ... 200 A, dreipolig, mit 2 thermischen Überstromrelais und einem Überspannungsauslöser.

Abb. 2. Thermisches Überstromrelais.

Die Nennstromstärke der thermischen Überstromrelais soll der Nennstromstärke des Motors möglichst genau angepaßt werden. Bei den in Abb. 2 dargestellten thermischen Überstromrelais ist mit Hilfe der Regelungsschraube *t* eine Anpassung an den Motornennstrom im Bereich von ± 20 % leicht durchführbar. Bei größeren Differenzen braucht nicht der ganze Motorschutzschalter ausgetauscht zu werden, sondern jedes Überstromrelais läßt sich in kürzester Zeit durch ein anderes ersetzen, da zu dieser Maßnahme lediglich das Festschrauben der beiden Klemmstücke *K* auf die Polschienen des Schutzschalters erforderlich ist. Mit der Stellschraube *s* kann der Anker des elektromagnetischen Schnellauslösers je

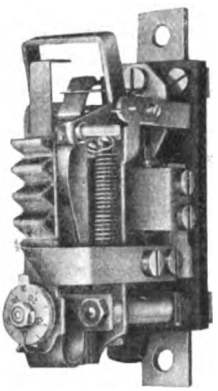


Abb. 3. Thermischer Überstromauslöser mit Kraftspeicherbetätigung.

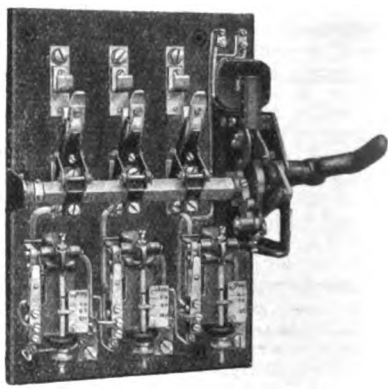


Abb. 4. Type STE 60 ... 600 A, mit 3 Überstromrelais für Drehstom mit Nulleiter.

nach Erfordernis für Überstromabschaltwerte zwischen 3- und 12fachem Auslösernennstrom eingestellt werden. In bestimmten Fällen, z. B. bei Verwendung der Motorschutzschalter für die Antriebsmotoren von Hebezeugen oder selbsttätigen Pumpwerken, dürfen diese Apparate nicht auf Spannungsrückgang bzw. Nullspannung ansprechen. Der Nullspannungsauslöser muß also wegfallen, und die Überlastabschaltung muß durch direkt auf das Schaltschloß wirkende Überstromauslöser vor sich gehen. Dazu dienen die in Abb. 3 dargestellten Überstromauslöser, welche in derselben Weise ansprechen wie die thermischen Überstromrelais der Abb. 2, jedoch eine Einrichtung besitzen, bei welcher sich eine in gestreckter Form eingespannte Blattfeder unter der Einwirkung eines besonderen Kraftspeichers im labilen Gleichgewicht befindet. Dieser Kraftspeicher, welcher aus einer oder mehreren parallel angeordneten Zugfedern besteht, übt auf die Blattfeder in der Längsrichtung einen Druck aus, durch welchen dieselbe bei der geringsten Störung der labilen Gleichgewichtslage aus der gestreckten Form

Digitized by Google

in die Bauchform überspringt und dadurch die in den Zugfedern aufgespeicherte Energie für die Verrichtung einer Auslösearbeit freigibt. Unter Verwendung derartiger Kraftspeicherauslöser können die an sich empfindlichen Thermorelais zur direkten Steuerung von verhältnismäßig schwer gehenden Schaltschlössern verwendet werden. Abb. 4 stellt einen Überstromschalter mit elektromagnetischen durch Flüssigkeitsdämpfung abhängig verzögert wirkenden Überstromrelais bzw. Überstromauslösern dar, welche nach Skala für bestimmte Auslösewerte einstellbar sind. Diese Auslösevorrichtungen kommen für Apparate der Nenngrößen 350, 600 und 1000 A zur Anwendung, können aber auch bei Überstromschaltern für Nennstromstärken unter 350 A anstatt der thermischen Überstromrelais bzw. Auslöser eingebaut werden.

Abb. 5. Type STEG III 100...600 A, dreipolig, mit zwei elektromagnetischen Überstromrelais und einem Unterspannungsauslöser und Blasmagneten.

Abb. 6. Ortsfester Schutzwandler, Type STG.

Alle diese Apparate sind zum Schutz gegen das besonders bei Kurzschlüssen mitunter gefährliche Schaltfeuer mit ausreichenden Sicherheitsvorrichtungen ausgerüstet, u. zw. bei den kleineren Schutzschaltern in Form von Trennwänden in den Schutzkappen, bei den großen jedoch mit besonderen Asbestkammern und bei besonders schweren Betriebsverhältnissen mit Blasmagneten. Eine wesentliche Ergänzung erhalten die Überstromschalter, vor allem die Motorschutzschalter, durch den zusätzlichen

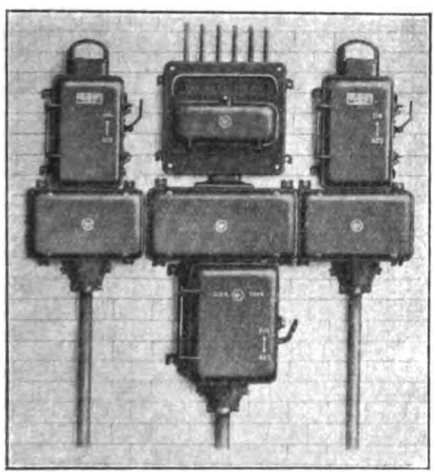


Abb. 7. Schaltbatterie.

Einbau des im Stromlieferungsgebiet des RWE vorgeschriebenen Berührungschutzrelais System Heinisch—Riedl, mit welchem das Auftreten gefährlicher Berührungspannungen durch rechtzeitiges Abschalten des gefährdeten Installationsteiles wirkungsvoll verhindert wird. Diese Selbstausschalter werden für alle gebräuchlichen Einbauarten hergestellt, sowohl für Einzel-Wandmontage als auch in Gußeisengehäuse (Abb. 5) oder in Form von Schaltbatterien (Abb. 7) oder für Einbau in Gerüste hinter Schalttafeln mit vorderseitigem Antrieb.

Den Feuchtigkeitschutz von Handleuchten und Stalltransformatoren erreicht die Firma nicht durch Imprägnieren der Drahtisolation, sondern dadurch, daß Kern und Wicklungen vollständig in Isoliermasse eingebettet und so dem zerstörenden Einfluß von Feuchtigkeit, Säuren und Dämpfen sicher entzogen sind. Für fest verlegte Anlagen ist ein ortsfester Transformator nach Abb. 6 durchgebildet, der auch im Freien oder im feuchten Raume selbst ohne Bedenken installiert werden kann.

Wandebener Verschlußdeckel mit Einführungsöffnung für Rohrdraht. — In fast sämtlichen Neubauten werden heute die Leitungen unsichtbar unter dem Putz verlegt. Nach Fertigstellung dieser Anlagen ergeben sich Mängel, die darin bestehen, daß nachträglich weitere Zapfstellen für Stromverbrauchsapparate notwendig werden. Für diese Zapfstellen müssen die Leitungen im Gegensatz zur

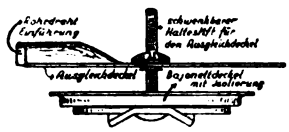


Abb. 1. Ausgleichdeckel mit Rohrdraht-Einführung.

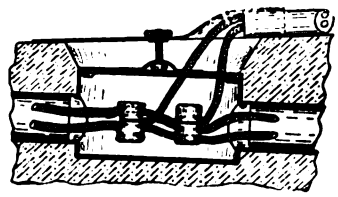


Abb. 2. Unterputzdose mit nachträglich angebrachter Rohrabzweigung.

ursprünglichen Verlegungsart auf Verputz geführt werden. Meistens erfolgt die Verlegung dann in Rohrdraht. Die Abzweigung von der im Verputz versenkten Abzweigdose bot bisher gewisse Schwierigkeiten. Um den Rohrdraht in die Abzweigdose einzubringen, wurde der Mauerputz aufgebrochen und die Abzweigdose seitlich angebohrt. Diese Arbeiten sind naturgemäß zeitraubend und verursachen unnötige Kosten. Die Abb. 1 zeigt eine Verbesserung dieser Art. Der Wandausgleich-Deckel ist mit Rohrdraht-Einführung derart versehen, daß ohne Rücksicht, von welcher Seite der Rohrdraht zugeführt wird, von jeder Abzweigdose abgezweigt werden kann. Abb. 2 ist eine Unterputzdose im Schnitt, in welcher ein nachträglicher Abzweig mit Rohrdraht veranschaulicht wird. Die Montage ist derart leicht und vorschriftsmäßig zu bewerkstelligen, daß irgendwelche Beschädigungen der Wände ausgeschlossen sind. Alleiniger Hersteller ist die Firma Fritz Wieland, Bamberg.

Der Steckwart — ein neuer RWE-(Heinisch-Riedl-) Schutzschalter. — Auf Anregung großer Elektrizitätswerke hatte sich E. Besag die Aufgabe gestellt, eine Steckvorrichtung mit eingebautem RWE-(Heinisch-Riedl-) Schutzschalter zu schaffen, der das angeschlossene Gerät

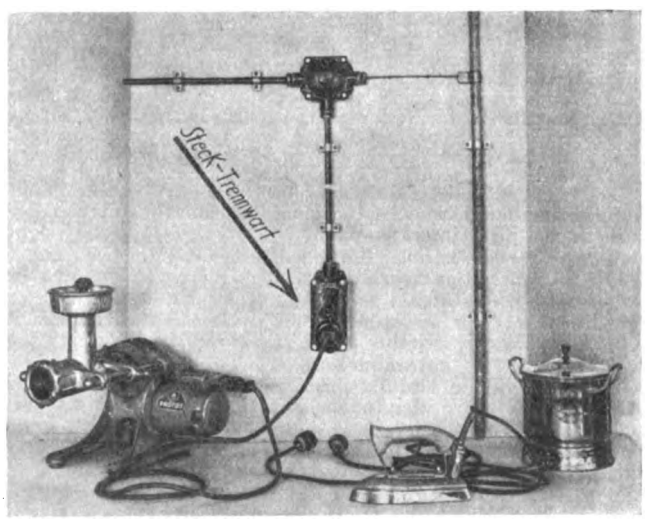


Abb. 1. Verschiedene Anschlußgeräte zu einem „Steckwart".

bei Annahme zu hoher Berührungspannung allpolig abschaltet, ohne daß andere, nicht betroffene Geräte stromlos werden, ohne daß das ganze Haus mit Schutzleitungen versehen zu werden braucht und ohne die Anlagekosten in unerträglicher Weise zu erhöhen. Wie aus Abb. 1 zu ersehen, besitzt der von Besag konstruierte und von der Schiele-Bruchsaler Industriewerke AG., Baden-Baden, hergestellte Ap-

Digitized by Google

parat die Größe eines Sockel-Installationsselbstschalters. Seinem Verwendungsort entsprechend ist das Schaltgerät wasserdicht abgeschlossen. Es besteht aus hochwertigem Isoliermaterial, damit bei einem inneren Installationsfehler das Schaltgerät nicht selbst verhängnisvolle Berührungspannung annehmen kann. Obwohl sein Anschluß in erster Linie für Feuchtraumleitung vorgesehen ist, können ohne weiteres auch andere Leitungsarten als Zuleitung benutzt werden. Die eingebaute Steckvorrichtung ist mit dem Gerätedeckel und den inneren Selbstschalterteilen organisch verbunden. Das Gerät wird zum Anschluß genormter 2- oder 3poliger „Erdungstecker" für 10 A, 380 V, 50 Hz gebaut. Diese Erdungstecker können in ungefährlichen Räumen an gewöhnlichen ungeschützten Anschlußdosen benutzt werden, so daß dem Handhabenden freisteht, seine geschützten Anschlußgeräte überall in der Installation zu verwenden. Anderseits können an dem „Steckwart" keine ungeschützten Geräte angeschlossen werden.

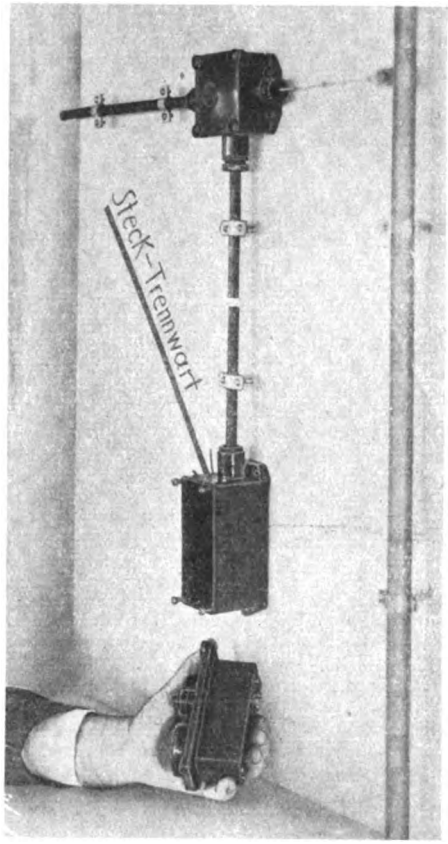


Abb. 2. Installation des „Steckwart"-Unterteils mit herausgenommenem Schaltereinsatz.

Das eigentliche Schaltgerät kann aus dem Unterkasten herausgenommen werden, so daß die Leitungsinstallation im Innern des Unterkastens in bequemster Weise vorgenommen werden kann. Beim Einsetzen des Schaltgerätes in den Unterkasten verbinden sich die Leitungen durch solide Federkupplungen selbsttätig. Der Unterkasten kann sowohl auf Putz als auch unter Putz montiert werden. Überaus einfach gestaltet sich die Montage der Hilfserdleitung. Bei Feuchtraumleitungen wird der im Leitungsmantel befindliche Erdungsdraht an der nächst geeigneten Abzweigdose nach der nächstgelegenen Hilfserdungsstelle geführt. Hilfserdung kann beispielsweise die Wasser- oder Heizleitung (siehe Abb. 1) bzw. ein anderer mit Erde verbundener leitfähiger Konstruktionsteil sein, sofern es sicher ist, daß diese niemals Unterbrechung erleiden, gegen Erde keinen höheren Übergangswiderstand als 500 Ω erreichen und auch niemals in einem fremden Spannungstrichter selbst Spannung annehmen können. Auf Grund der Erfahrungen mit älteren Konstruktionen wurde der herausnehmbare Schaltereinsatz für sich plombierbar abgedeckt, weil erfahrungsgemäß Schaltereinsätze während der Montage mitunter tagelang auf staubigen Baustellen umherliegen, ehe sie in den Unterkasten dicht eingesetzt werden.

Abb. 2 zeigt sowohl Unterkasten als auch den gedichteten Schaltereinsatz nebst Anschlußkontakten. Im Schaltereinsatz ist über dem Dosenraum ein 2- bzw. 3poliger Ausschalter mit sehr kräftigen, stark gefederten Druckkontakten untergebracht. Die Fehlerstromspule wirkt direkt und ohne besonderen Kraftspeicher auf die Freiauslösung. Parallel zur Fehlerstromspule enthält der kleine Apparat eine wirksame Blitzschutzeinrichtung, da die Erfahrung den Einbau einer solchen als sehr zweckmäßig erscheinen läßt. Von Überstromauslösung wurde mit Rücksicht auf Kleinheit und Preislage abgesehen.

Die Prüfeinrichtung besteht aus einem zwangsweise vom Einschaltgriff gesteuerten Umschalter mit zwei induktionsfreien Prüfwiderständen. Der vorn durch eine Labyrinthdichtung heraustretende Griffhebel dient gleichzeitig als Anzeigevorrichtung für die innere Schalterstellung und als Prüfgriff. Bei Rechtsbewegung des Griffs erfolgt die Einschaltung. Löst der Schalter infolge zu hoher Berührungspannung aus, so springt der Griff in die Ausschaltstellung und ist zur sofortigen Wiedereinschaltung bereit. Die Auslösung erfolgt selbstverständlich auch bei Festhalten des Griffs. Wird der Griff von der Einschaltstellung in die Ausschaltstellung gebracht, so bleibt der innere Schaltmechanismus zunächst stehen, und es erfolgt eine Prüfung über die beiden Pole, über die Prüfwiderstände, Fehlerstromspule und Hilfserdungsanlage. Wäre einer dieser Teile bzw. die Freiauslösung nicht in Ordnung, so springt der Griff stets wieder in die Einschaltstellung und zeigt dabei an, daß die Prüfung negativ verlaufen ist. Der Schalter wird also stets elektrisch ausgeschaltet. Unklare Zwischenstellung wird streng vermieden. Von einer zwangsweisen Handausschaltung wurde aus psychologischen Gründen Abstand genommen. Läßt sich der Schalter nicht ausschalten, so steht dem Benutzer das Herausziehen der Steckvorrichtung frei. Aus diesem Grunde wurde von einer Verriegelung zwischen Schaltgriff und Steckvorrichtung abgesehen. Die Prüfung wird demnach bei jeder Ausschaltung erzwungen. *Sb.*

Kabel-Einheitsdosen. — Mehrere Spezialfabriken haben ihre einzelnen Sonderkonstruktionen in Kabeldosen aufgegeben, um in Zukunft gemeinschaftlich nur noch eine wesentlich verbesserte und vervollkommnete Einheitsdose zu führen. Um diese Einheitsdosen sowohl für alle normalen wie auch für alle berührungschutzsicheren Installationen von kabelähnlichen Leitungen verwenden zu können, ist als Material das säure- und alkalibeständige Type-S-Material verwendet. Infolge der außerordentlichen Festigkeit dieses Materials in Verbindung mit einer geeigneten Konstruktion — beispielsweise haben die Dosenkörper überall entsprechende Verstärkungsrippen — sind die Einheitsdosen (Abb. 1) mechanisch erheblich stoß-

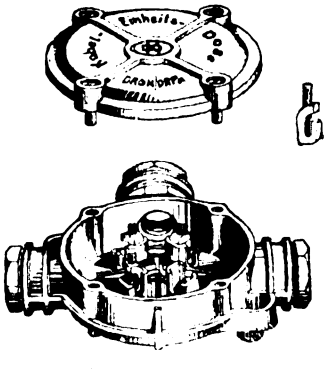


Abb. 1. Kabel-Einheitsdose mit drei eingesetzten und einer herausgenommenen Klemme.

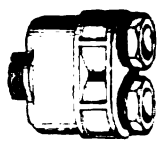


Abb. 2. Doppeleinführung.

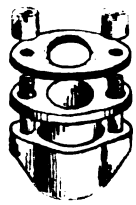


Abb. 3. Mauereinführung.

fester und widerstandsfähiger als alle in sie hineinführenden kabelähnlichen Leitungen. Die Dosen konnten, da keine besonderen Porzellan-Einlegekörper für die Polklemmen verwendet, sondern letztere direkt im Dosenboden eingesetzt wurden, im Interesse einer bequemen und übersichtlichen Installation ganz flach gehalten werden; sie haben trotz der flachen Ausführung noch einen Durchmesser von 70 mm. Als Polklemmen sind im Gegensatz zu den üblichen aufspreizbaren Schlitzklemmen mit leichtverlierbaren Madenschrauben kräftige Maulklemmen mit unverlierbaren Madenschrauben verwendet. Die Klemmen laufen konisch zu und können lose einsetzbar wie auch auslösbar mit dem Dosenkörper verbunden geliefert werden. Die Verbraucher können daher die Anzahl Klemmen in den Dosen beziehen, die sie jeweils mindestens brauchen, und sich dazu einige lose Klemmen hin-

Digitized by Google

legen, um sie im Bedarfsfalle selbst hinzufügen zu können. Entsprechend der Unverlierbarkeit der Madenschrauben bei den Polklemmen ist auch der mittlere Schutzdrahtkontakt so ausgebildet, daß die Kontaktschrauben zum Anschließen der Schutzleiter nur halb herausgeschraubt zu werden brauchen. Die blanken Schutzdrähte werden von den Phasenleitern getrennt in gesonderten Kanälen an den Schutzdrahtkontakt, der außerdem noch durch eine Isolierscheibe abdeckbar ist, herangeführt.

Alle Kabeleinheitsdosen sind für vorkommende Fälle auch für ein oder zwei Mauereinführungen und für eine Deckelausführung (Gummischlauchpendel) oder ⅜-Armaturanschluß (gerade oder schräg) eingerichtet. Die Mauerstutzen werden in einfacher und denkbar sicherer Weise nach Durchbrechen der hierfür eingeprägten Versenke mittels eines gewöhnlichen Schraubenziehers, also ohne einen Spezialsteckschlüssel oder sonstige Spezialvorrichtungen, vom Innern der Dosen her exzentrisch an den Dosenboden angeschraubt (Abb. 2, S. 332). Durch die exzentrische Lage wurde es möglich, den Schutzdrahtkontakt selbst bei ein oder zwei Maueremführungen in der Mitte zu belassen.

Alle Deckel können im Bedarfsfall auch am Montageort für die verschiedenen Deckelausführungen eingerichtet werden. Zu den Kabeleinheitsdosen werden auch Kabel-Einheits-Doppeleinführungen (Abb. 3, S. 332) geliefert, um bei Bedarf auch zwei Leitungen in jeden Stutzen nebeneinander einführen zu können.

M. Feller, Kabelwerk Duisburg.

Ein neuer Selbstschalter. — Die Firma Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Köln-Mülheim, hat einen neuen Hochleistungs-Selbstschalter für 25 A Nennstrom und 500 V Spannung entwickelt, der eine vielseitige Verwendbarkeit zuläßt. Er dient vornehmlich als Hausanschlußschalter zum Ersatz der Sicherungen. Der Schalter wird sowohl in vollständiger Isolierkapselung (Abb. 1, linke Spalte) als auch in verschiedenen wasserdichten Gußausführungen hergestellt. Die zwei- und vierpoligen Ausführungen gestatten die Ausrüstung mit der RWE-(Heinisch-Riedl-)Fehlerstromspule und schützen die Anlage gegen gefährliche Berührungspannung. Eine dreipolige Ausführung dient für Drehstromnetze ohne Nullleiter und ohne Berührungschutz. Sämtlichen Schaltern ist eine Neuerung gemein: Sie lösen bei Überstrom oder Kurzschluß nur in der davon betroffenen Phase aus, während die gesunden Leitungen eingeschaltet bleiben. Die in jede Phase eingebauten Überstromauslöser nach dem Bimetallprinzip haben eine stromabhängige Charakteristik, die bei großen Kurzschlüssen von 1500 A an aufwärts eine Abschaltzeit von rd. 0,02 s erreichen lassen. Die Erwärmungskurve ist weitgehend der Erwärmung von Kabeln und Freileitungen angepaßt. Die RWE-(Heinisch-Riedl-)Fehlerstromauslösung bewirkt beim Ansprechen ein sofortiges Abschalten aller Phasen. Der abschaltbare Nullleiterkontakt eilt beim Ausschalten etwas nach. Eine doppelte Prüftaste dient zum Prüfen der Fehlerstromspule wahlweise an 2 Phasen.

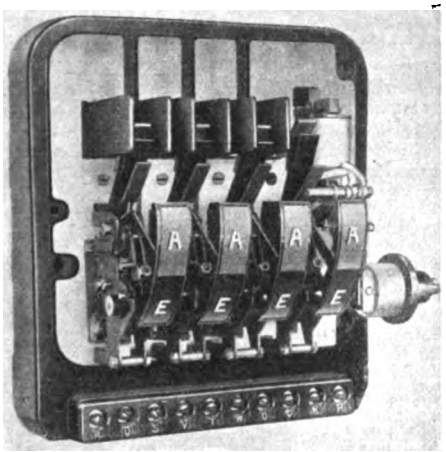


Abb. 1. Selbstschalter für 500 V, 25 A.

Kleinselbstschalter der Firma Leyhausen & Co. — Um in gußgekapselten Verteilungsanlagen das Öffnen der Deckel zwecks Auswechslung von Sicherungen zu vermeiden, versieht die Firma Leyhausen & Co., Nürnberg, die Verteilungskästen mit Kleinselbstschaltern, deren Griffe aus dem Deckel hervorragen.

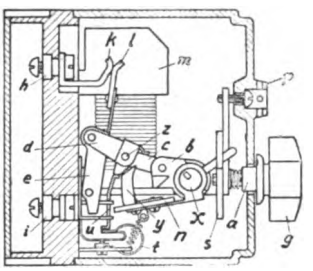


Abb. 1. Schnitt durch Sursum-Sockelselbstschalter.

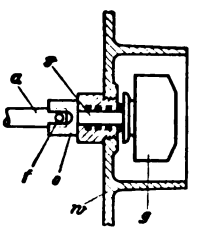


Abb. 2. Abänderung der Konstruktion für Einbau in Gußkästen.

Abb. 1 zeigt einen Schnitt durch den normalen Sursum-Sockelselbstschalter Form SD mit Drehgriff. Bei diesem Schalter wird das Gehäuse nur von der Achse *a* mit dem Griff *g* durchsetzt. Die Achse ist mit dem Schaltmechanismus durch eine jalousieartige Kupplung *s* verbunden (DRP), durch welche, selbst bei langsamster Drehung des Griffes, ein plötzliches Auslösen des Schalters herbeigeführt wird. Diese Einrichtung ist deshalb wichtig, weil bei einer sorgfältigen Abdichtung der Achse in der Wand des Verteilungskastens die Bewegung naturgemäß sehr träge ist. Beim Einbau des Schalters in Gußkästen wird die Achse *a* anstatt des Griffs mit einem Mitnehmerstift *f* (Abb. 2) versehen, über welchen der Mitnehmer *o* die in der Kastenwand *w* sitzende Achse *v* greift. Diese Achse ist mit einer

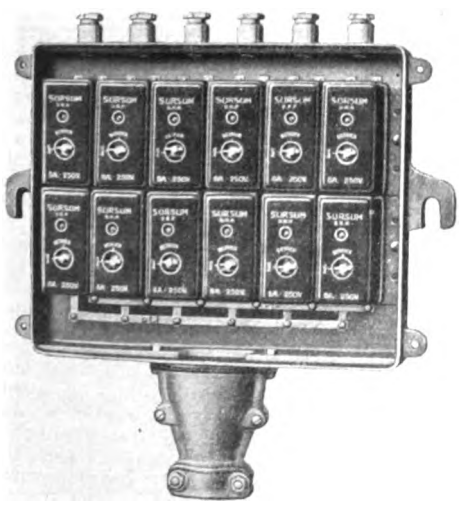


Abb. 3. Gußkasten mit eingebautem Sursumschalter, geöffnet.

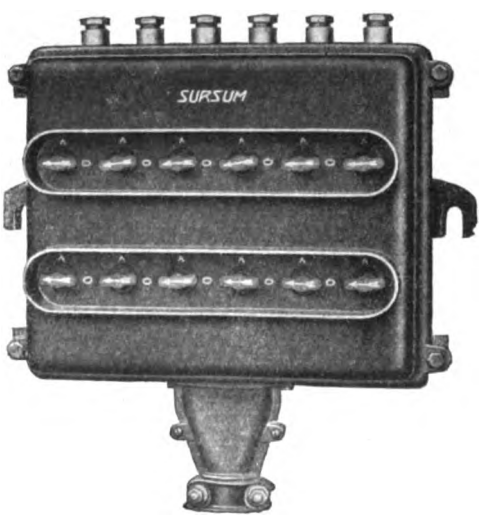


Abb. 4. Gußkasten mit Sursumschalter, geschlossen.

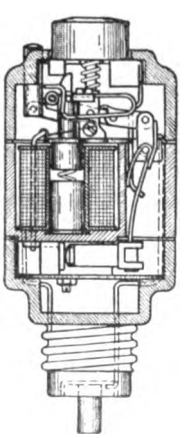


Abb. 5. Schnitt durch Sursum-Stöpselschalter.

Digitized by Google

mehrfachen Dichtung versehen. Abb. 3 und 4 zeigen den offenen und geschlossenen Kasten. Der Gehäusedeckel ist so eingerichtet, daß er beim Aufschrauben stets in die richtige Lage kommt, und die Mitnehmer sind mit Rücksicht auf die Schaltstellung der Griffe unverwechselbar.

Abb. 5 zeigt einen Schnitt durch den neuen Sursum-Stöpselschalter der Firma, dessen charakteristischer und grundlegender Vorzug die vollständige Trennung der Kontakte vom Schaltmechanismus und der Magnetspule ist. Letztere sitzt in einer, von dem beweglichen Kontaktarm umfaßten funkensicheren Kapsel. Die Unterbrechung erfolgt unmittelbar über der Magnetspule, senkrecht zur Achse derselben. Selbst bei den stärksten Kurzschlüssen entsteht nur ein ganz geringer Schaltfunken, der vielfach schon im Entstehen vernichtet wird. Der Schalter wird durch Betätigung eines reichlich bemessenen Druckknopfes wieder eingeschaltet. Dabei kommt ein Kniehebel in die Strecklage, auf den der Tauchkern der Magnetspule wirkt. Wird der Nennstrom in einer bestimmten Grenze überschritten, so zieht die Magnetspule den Tauchkern an, und der Schalter springt in die Offenstellung. Die Schaltstellung ist außen erkennbar am Hervortreten eines roten Kennstiftes. Durch Drücken auf diesen Kennstift erfolgt ebenfalls die Abschaltung, so daß der Apparat auch den Schalter ersetzt.

Die Sursum-Stöpselselbstschalter sind verwendbar bis 250 V Gleichstrom und 380 V Wechsel- und Drehstrom und werden sowohl zum Einschrauben in normale Sicherungselemente (2 ... 15 A) als auch mit Anschlußbolzen für Rückanschluß und vorderseitigen Anschluß ausgeführt. Sämtliche Ausführungen werden sowohl mit rein elektromagnetischer als auch mit elektromagnetischer und thermisch verzögerter Auslösung geliefert. In letzterem Falle schaltet der Apparat bei Kurzschluß sofort, bei länger dauernder Überlastung nach 2 ... 3 min und bei Anlaufströmen, Einschaltstromstößen und kurzen Überlastungen nicht ab.

Osram-Spannungsucher. — Da die als Prüflampe vielfach benutzte Glühlampe gegen rauhe Behandlung empfindlich und der Bereich der zu prüfenden Spannung nach obenhin durch die Gebrauchspannung der Glühlampe begrenzt ist, hat die Osram-Gesellschaft ihren neuen Spannungsucher mit einer Glimmlampe versehen. Ein eingebauter sehr hoher Widerstand verhindert, daß mit dem Apparat Kurzschlüsse gemacht werden. Der Apparat ist verwendbar für 110 ... 750 V Gleich- und Wechselstrom. Der Unterschied zwischen Gleich- und Wechselstrom wird dadurch kenntlich gemacht, daß bei Wechselstrom das Plus- und Minuszeichen, bei Gleichstrom jedoch nur eins von beiden aufleuchtet. Auch als Isolationsprüfer kann der Apparat verwendet werden, da die Glimmlampe bereits bei sehr geringen Stromstärken aufleuchtet und daher schon die Isolationsschwächen anzeigt, wenn andere billige und einfache Prüfmethoden versagen.

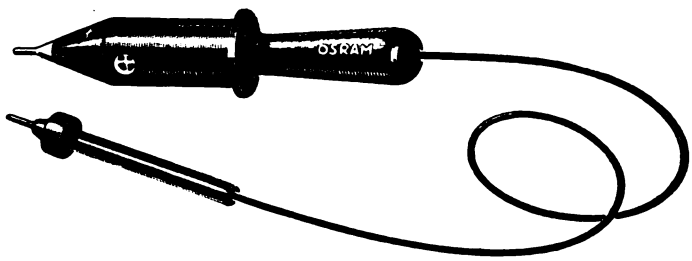


Abb. 1. Spannungsucher.

Ausgleichdeckel für Unterputzdosen. — Um die beim Einputzen der Dosen unvermeidlichen Differenzen der Dosenlage zur Putzebene auszugleichen, besitzt der in Abb. 1 dargestellte Niedax-Ausgleichdeckel der Firma Niedergesäß & Co., Berlin, isolierte Federfinger von genügender Länge, welche auch bei tief oder schief sitzender Dose noch in Eingriff kommen. Die Federn können leicht von Hand auf- oder angerichtet werden, so daß der Deckel für jede Dosengröße und -art verwendet werden kann. Lediglich für die heute nicht mehr zulässige kleine 55er Dose wird eine schmaler gestellte Feder mitgeliefert; der Deckel selbst ist immer der gleiche. — Der Deckel ist innen isoliert, außen aluminiumplattierter Stahl, rostsicher, vollkommen glatt und putzeben.

Abb. 1. Unterputzdose mit Ausgleichdeckel.

Befestigung des Mantels einer Glühlampenfassung. — Um zu verhindern, daß bei Glühlampenfassungen, deren Mantel in den Boden eingeschraubt wird, der Mantel sich nicht unbeabsichtigt von dem Boden abschrauben kann, ordnen die Bergmann-Elektricitäts-Werke gemäß Abb. 1 am Sockel *c* einen oder mehrere Schieber *d* an, die gegen den Mantel *a* angepreßt werden. Das Anpressen erfolgt mittels eines konischen Schraubenkopfes *e*, der beim Vorwärtsdrehen der Schraube den Schieber nach außen bewegt. Um ein sicheres Festhalten zu erzielen, wird der Schieber an der Seite, wo er sich gegen den Fassungsmantel *b* legt, mit einer spitzen Zahnung *f* versehen. Durch Herausdrehen der Schraube *e* läßt sich im Bedarfsfalle jederzeit das Abschrauben des Fassungsmantels ermöglichen. (Bergmann-Mitteil. 1929, S. 272.)

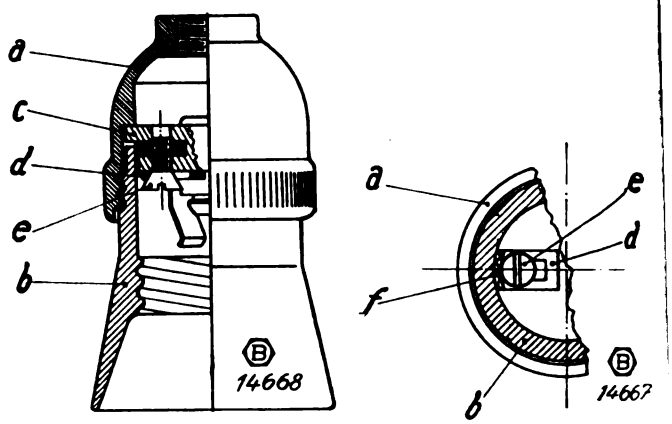


Abb. 1.

Landwirtschaft.

Schaltuhr für Beleuchtung von Geflügelställen. — Bei elektrischer Beleuchtung von Geflügelställen, mit der man eine Erhöhung der Eierproduktion anstrebt, empfiehlt es sich, das Ein- und Ausschalten der Beleuchtung selbsttätig durch eine Schaltuhr erfolgen zu lassen, die den Vorteil gewährt, daß die Schaltung regelmäßig zu den gewünschten Zeiten stattfindet und daher unabhängig von einer Bedienung ist. In Abb. 1 ist eine derartige Schaltuhr wiedergegeben, welche wöchentlich einmal von Hand aufgezogen wird. In der Mitte des Gehäuses befindet sich eine Glasscheibe, durch welche man das Zifferblatt erkennen und die Zeit ablesen kann. Man stelle beispielsweise die Uhr so ein, daß sie abends bei Sonnenuntergang, z. B. um 6 h, die Beleuchtung einschaltet und je nachdem nach 1, 2 oder mehr Stunden wieder ausschaltet. Ebenso kann man auch morgens, bevor die Sonne aufgeht, eine selbsttätig in Kraft tretende Einschaltung auf beliebige Zeitdauer bewirken. Wichtig ist dabei, daß bei der Beleuchtung abends oder nachts die Lampen nicht plötzlich ausgeschaltet werden, weil dann die Tiere in der Dunkelheit nicht auf ihre Plätze zurückfinden würden. Aus diesem Grunde wird die Uhr auch für selbsttätige Dämmerungschaltung vorgesehen. Diese wird mit Hilfe eines der Uhr beigegebenen Widerstandes ermöglicht, der auf etwa 10 min vor dem gänzlichen Erlöschen der Lampen vorgeschaltet wird.

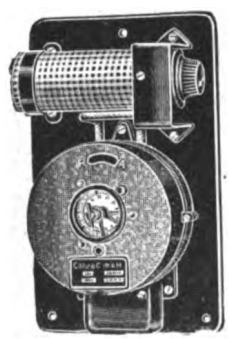


Abb. 1. Schaltuhr.

Bei den Spezialuhren, die die Firma Calora G. m. b. H., Berlin-Tempelhof, herstellt, wird dieser Widerstand mit der Schaltuhr auf einer gemeinsamen Platte geliefert, wobei der Widerstand so eingerichtet ist, daß er an Ort und Stelle auf verschiedene Helligkeit nach Wunsch geregelt werden kann. Auch ohne Widerstand kann eine Dämmerungschaltung in der Weise bewirkt werden, daß ein paar dunkel gefärbte Lampen vorgesehen werden, welche nach Abschalten der Hauptbeleuchtung noch etwa 10 min brennen bleiben. In dem Falle des

Digitized by Google

Widerstandes ist nur ein Stromkreis vorhanden; dann muß man aber zwei Stromkreise verlegen: einen für die hellen und einen für die dunklen Lampen. Die Stromkosten und der Anschaffungspreis sind in jedem Falle so gering, daß für den Landwirt bei der auf diese Weise erzielten Mehrgewinnung auf jeden Fall ein erheblicher Nutzen bleibt.

Heizkabel für Treibhäuser[1]. — Bei Heizkabeln für Treibhäuser und Frühbeete kommt es darauf an, daß die Isolierhülle beträchtliche Temperaturen aushält, denen die sonst in der Kabeltechnik verwendeten Isolierstoffe nicht ohne weiteres ausgesetzt werden können. Die Land- und Seekabelwerke AG., Köln-Nippes, verwenden vulkanisiertes Bitumen, das, wie eingehende, über lange Zeiten ausgedehnte Versuche erwiesen haben, unter den in Betracht kommenden Temperaturen eine ausgezeichnete Wärmebeständigkeit besitzt. Die Isolierhülle ist in üblicher Weise von einem Bleimantel umschlossen, der seinerseits wieder von einer Schutzhülle umgeben ist. Von letzterer muß gefordert werden, daß sie den Bleimantel in ausreichender Weise vor dem Angriff der in der Treibbeeterde vorhandenen Säuren schützt und ferner, daß sie keinerlei Bestandteile enthält, die schädlich auf die Wurzeln der Pflanzen einwirken.

Ein Landwirtschaftsmotor. — Da in der Landwirtschaft vielfach ortsbewegliche Motoren verlangt werden, haben die Siemens-Schuckertwerke den sog. Rollmotor entwickelt, einen fahr- und tragbaren Drehstrommotor, der spritzwasser- und staubdicht geschützt in einer Trommel liegt (Abb. 1), die gleichzeitig zum Aufwickeln eines Stromzuführungskabels dient. Beim Gebrauch rollt man das Ganze zum Verwendungsort und verbindet dann das mit einem Stecker versehene freie Kabelende mit der Steckdose. Die Motorrolle wird alsdann durch Holzkeile festgemacht und der Motor mittels des angebauten Schalters in Betrieb gesetzt. Zum Anschluß an die Freileitung dienen Stromabnahmeklemmen (Abb. 2), die durch ihre Scherenwirkung einen innigen Kontakt mit der Freileitung herstellen. Die an den Klemmen befestigten Leitungen endigen in einer Steckdose, in die der Stecker der Motor-Anschlußleitung gesteckt wird, oder führen auch direkt zum Stromverbraucher. Abb. 3 zeigt einen auf diese Weise angeschlossenen Motorwagen zum Dreschen.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 355.

Elektrische Antriebe.

Vollselbsttätige Rotationsmaschinensteuerung. — Der Schrank einer vollselbsttätigen Gleichstrom-Rotationsmaschinensteuerung der Pöge Elektrizitäts-AG., Chemnitz, ist im ganzen aufgeteilt in drei Felder

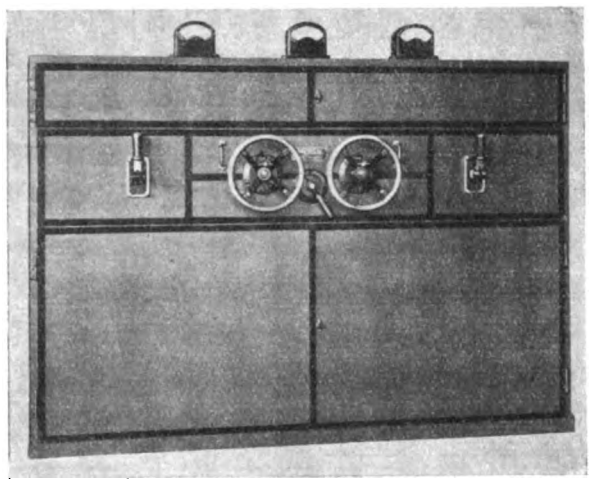


Abb. 1. Vollselbsttätige Gleichstrom-Rotationsmaschinensteuerung zweifach, Schaltschrank, geschlossen.

(Abb. 1). In dem oberen Feld, das durch eine Doppeltür zugänglich gemacht ist, sind in der Hauptsache Sicherungen und kleine Hilfschützen angeordnet. Das mittlere Feld enthält links und rechts je einen Hebelschalter für die Abschaltung des betreffenden Teiles vom Netz, das Handrad für die Regelwalze und den Kupplungsgriff zur mechanischen und elektrischen Kupplung der beiden Hälften. Die für die Betätigung der Regelwalze erforderlichen kleinen Motoren sowie die entsprechenden Getriebe sind durch Abnahme der mittleren Blechverkleidung zugänglich. Das untere Feld, ebenfalls durch eine Doppeltür vollständig zu öffnen, enthält links und rechts je eine Klemmen-

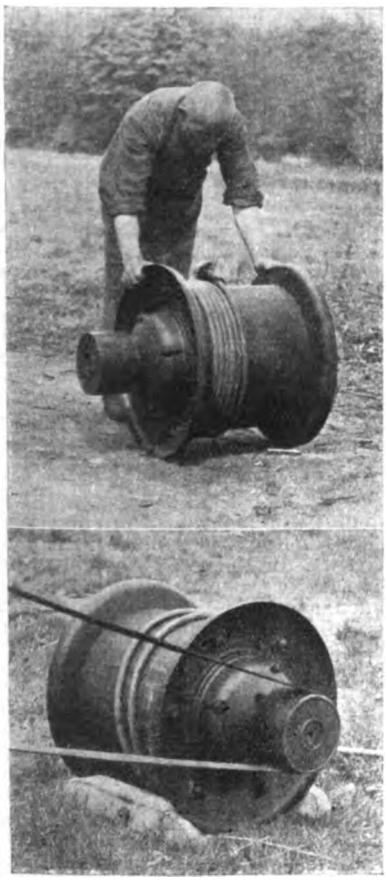


Abb. 1. Rollmotor

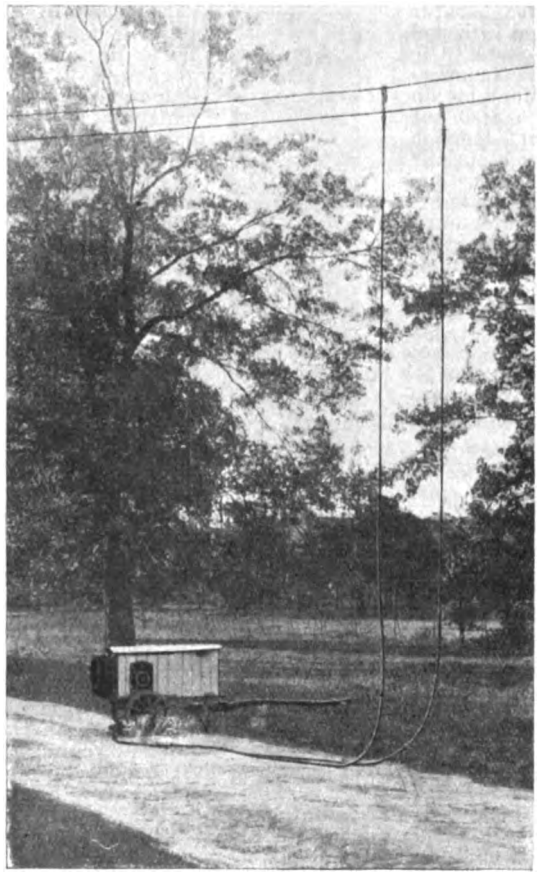


Abb. 3. Anschluß eines Dreschmotorwagens

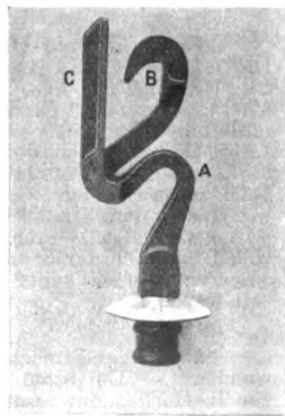


Abb. 2. Stromabnehmerklemme

Digitized by Google

platte mit sämtlichen Anschlüssen, die erforderlichen Überstromrelais, Schützen, Schutzwiderstände usw. sowie in der Mitte die beiden Regelwalzen selbst. Die erforderlichen Instrumente sind auf den Schränken aufgebaut. Ein Bild des geöffneten Schrankes zeigt Abb. 2. Wie hieraus zu ersehen ist, sind sämtliche einer Prüfung und Aufsicht bedürftigen Teile sehr bequem zugänglich. Die gesamten für die Steuerungsapparatur notwendigen Verbindungen sind in Kabel bereits verlegt und angeschlossen. Die Kabel selbst sind in Bündel zusammengefaßt und abgesteift. Die Montage an Ort und Stelle beschränkt sich also auf den Anschluß der bezeichneten Klemmen an der Klemmentafel, so daß auch ein nur einigermaßen geschulter Installateur den Anschluß ohne weiteres herstellen kann. Die Steuerung kann von dem Bedienungspersonal der Rotationsmaschinen von beliebigen Stellen aus durch Druckknopfbetätigung erfolgen.

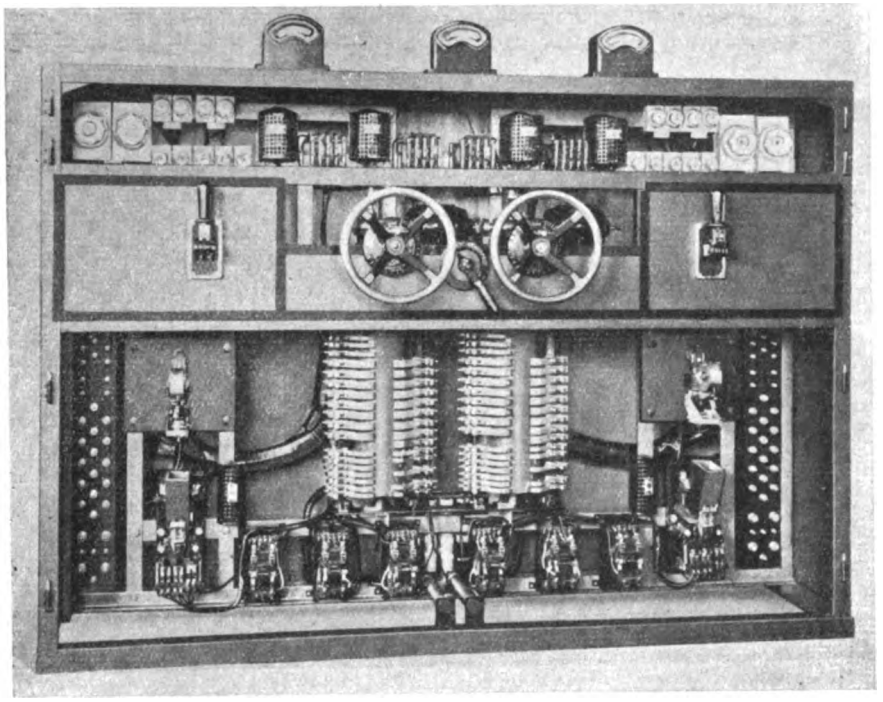


Abb. 2. Vollselbsttätige Gleichstrom-Rotationsmaschinensteuerung zweifach, Schaltschrank, geöffnet.

Die zur Verwendung kommenden Gleichstrommotoren sind so ausgelegt, daß eine Geschwindigkeitsteigerung um 50 % durch Feldschwächung und eine Geschwindigkeitsverminderung um 75 % durch Ankervorschaltwiderstände erreicht werden kann.

Elektrische Haarschneidemaschine. — Die von der Firma Reiniger, Gebbert & Schall AG., Erlangen, auf den Markt gebrachte Haarschneidemaschine mit im Handgriff eingebautem Motor (Abb. 1) ist wegen der außerordentlich kleinen Abmessungen leicht zu handhaben. Der größte Durchmesser beträgt nur 4 cm und das in der Hand befindliche Gewicht nur etwa 500 g. Durch Druck auf einen Hebel löst sich der Schneidekopf und kann bequem gegen einen solchen mit einer anderen Schnittgröße ausgewechselt werden.

Abb. 1. Elektrische Haarschneidemaschine.

Staubsauger-Einrichtung, unter Hochspannung verwendbar. — Um Staubablagerungen und Verunreinigungen in Hochspannungsanlagen während des Betriebes beseitigen zu können, dient der von der Firma Techn. Büro P. Kühnöl, Jauer (Bez. Liegnitz) auf den Markt gebrachte Staubsauger, dessen Einzelheiten aus Abb. 1 ersichtlich sind. Der Apparat besteht aus einem je nach der Höhe der Spannung und der Größe der Anlage zu wählenden hochwertig isolierten Hartpapierrohr, das in einer auswechselbaren, dem Saugzweck entsprechenden Saugdüse endigt. Das Saugrohr ist in ein Rohrkniestück eingeführt, dessen eines Ende an dem Saugschlauch eines vorhandenen Kesselstaubsaugers angeschlossen wird, während in dem anderen Rohrstutzen das ebenfalls hochisolierte Halterohr eingeführt ist. Um der Gefahr zu begegnen, daß sich in stark verschmutzten Anlagen nach längerem Gebrauche in dem Saugrohr eine zusammenhängende Staubschicht ausbildet, die für den Stromübergang Kriechwege entstehen lassen könnte, ist in dem oberen Teil des Saugrohres ein zum Patent angemeldeter auswechselbarer Staubfilter eingebaut, durch den der abgesaugte Staub abgefangen und das untere Saugrohr von Ablagerungen freigehalten wird. Der eingebaute Filterbeutel ist auswechselbar und kann jederzeit von dem angesammelten Staub gereinigt werden. Der Filterapparat besteht aus einem hochwertigen Hartpapierzylinder, in den das untere Saugrohr fest eingesetzt ist, während das obere Saugrohr mit einem daran festsitzenden Holzring herausnehmbar ist. Damit der Monteur nach jedem Gebrauch das Saugrohr reinigen kann, wird der Einrichtung eine Reinigungsbürste mit Putztuch beigegeben (s. Abb. 1). Die Saugdüsen werden in verschiedenen Ausführungen mitgeliefert.

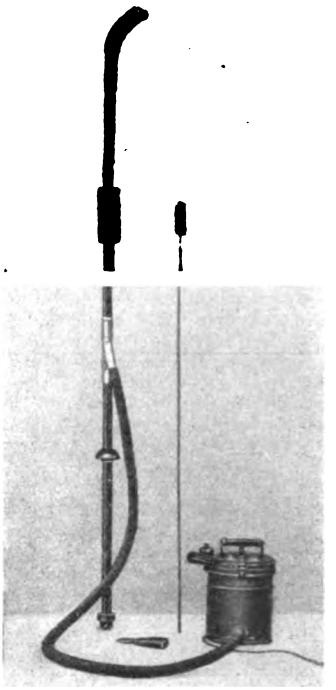


Abb. 1. Staubsauger für Hochspannungsteiler.

Fernmeldetechnik.

Lautsprecher Gealion. — Die nichtlinearen Verzerrungen elektromagnetischer Lautsprecher bisheriger Bauart haben zwei Ursachen. Die erste besteht darin, daß die auf den Anker ausgeübte Kraft proportional dem Quadrat des gesamten magnetischen Flusses ist. Da jedoch das vom Wechselstrom hervorgerufene Feld zumeist klein gegen das permanente ist, so ist der veränderliche Teil der Kraft im wesentlichen dem Strom proportional; der Einfluß des rein quadratischen Gliedes läßt sich durch „entlastete" Systeme vermeiden. Die zweite, wichtigere Ursache ist die Nichtproportionalität von Strom und Kraft, die von der Bewegung des Ankers im Magnetfeld herrührt. Während der einen Phase der Schwingungsbewegung ist der Anker, besonders bei großen Amplituden, dem Polschuh bis fast zur Berührung genähert und entfernt sich sodann bis zu einem Abstand, der ein Vielfaches des vorigen beträgt. Die magnetische Kraft nimmt dabei entsprechend ab. Einer Ausführung der AEG liegt nun der Gedanke zugrunde, daß maßgebend für die Schwingungs-

Digitized by Google

bewegung nicht die Kraft selbst, sondern das auf den Anker ausgeübte Drehmoment ist. Bei der bisher üblichen Ankeranordnung, deren Schaltbild Abb. 1 a zeigt, liegt der Drehpunkt des Ankers über der Ebene des Polschuhes. Bei Annäherung wachsen die magnetischen Kräfte um so stärker, je ferner ihr Angriffspunkt dem Drehpunkt liegt (Abb. 1 b). Der Angriffspunkt der resultierenden Kraft

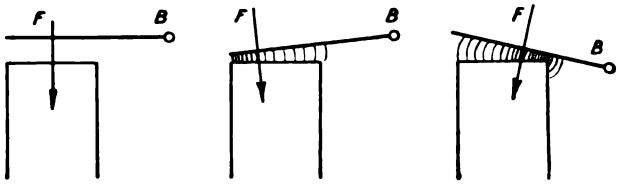


Abb. 1.

verschiebt sich daher im Sinne einer Vergrößerung des Hebelarmes (in der Abb. nach links), wodurch das Drehmoment weiter vergrößert wird. Bei der neuen Konstruktion ist der Drehpunkt unter die Ebene des Polschuhes verlegt. Infolgedessen verschiebt sich bei Annäherung des

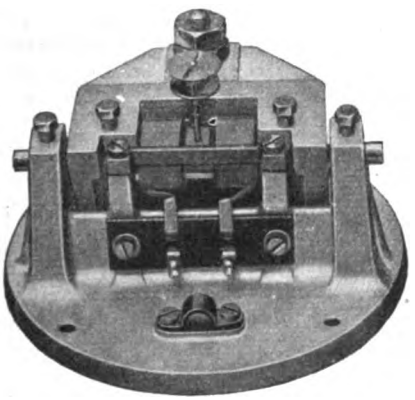


Abb. 2. System des „Gealion".

Ankers an den Polschuh der Angriffspunkt der resultierenden Kraft im Sinne einer Verkleinerung des Hebelarmes (Abb. 1 c), wodurch das Anwachsen der Kraft selbst kompensiert wird. — Die Konstanthaltung des Drehmomentes bei Annäherung an den Polschuh hat den weiteren

Abb. 3. Lautsprecher „Gealion".

Vorteil, daß es weniger leicht zu einem Anschlagen des Ankers kommt. Daher ist die elektrische Leistung, die dem Lautsprecher maximal zugeführt werden kann, vergleichsweise groß.

Die Breite des wiedergegebenen Frequenzbereiches, die an sich natürlich unabhängig von dem Vorhandensein oder Fehlen der nichtlinearen Verzerrungen ist, ist ebenfalls über das bisher bei elektromagnetischen Lautsprechern erreichte Maß hinaus gesteigert.

Abb. 2 zeigt das vollständige System, Abb. 3 das Äußere des neuen Lautsprechers, den die AEG unter dem Namen „Gealion" in den Handel bringt. (Dr. H. Benecke, AEG-Mitt. 1929, S. 588.)

Netzempfänger „Geador" mit zwei Hochfrequenz-Schirmgitterröhren. — Mit dem Netzempfänger „Geador" ist es gelungen, ein radiotechnisch hochinteressantes Problem zu lösen, nämlich die Hintereinanderschaltung von zwei Hochfrequenz-Schirmgitterröhren. Die so erzielte Hochfrequenzverstärkung ist außerordentlich groß, u. zw. 10 000- bis 40 000fach, da mit einer Schirmgitterröhre bereits eine 100- bis 200fache Verstärkung je nach der Wellenlänge erreicht werden kann. Wegen der außerordentlichen Schwierigkeiten, die einer unmittelbaren

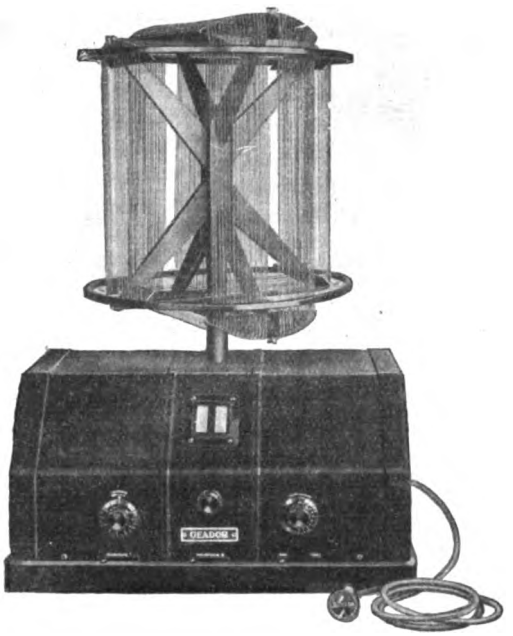


Abb. 1. „Geador" mit Rahmenantenne.

Hochfrequenzverstärkung im Wege standen, hatte man bisher zur Erzielung einer sehr hohen Hochfrequenzverstärkung, wie z. B. für Fernempfang mit Rahmenantenne erforderlich, das Überlagerungsprinzip (Super-Heterodyn-Prinzip) angewandt. Es seien kurz die Nachteile dieses Prinzips genannt:

a) Verzerrungen durch doppelte Gleichrichtung;
b) Wegfall der hohen Töne durch übermäßiges Abschneiden der Seitenbänder;
c) keine eindeutige Einstellung; Abstimmung und Überlagerereinstellung können nicht mechanisch gekoppelt werden; daher keine einfache Bedienung für den Laien;
d) infolge der dichten Wellenverteilung Kombinationswellen, die sich in Störtönen äußern;
e) Aufnahme von Telegraphiesendern durch den Zwischenfrequenzverstärker.

Alle diese Schwierigkeiten treten bei reiner, abgestimmter Hochfrequenzverstärkung nicht auf, und es ist bei fabrikatorisch exakter Ausführung ohne weiteres möglich, durch mechanische Kopplung der Drehkondensatoren der einzelnen Abstimmkreise eine Einknopfbedienung zu erzielen.

Im folgenden soll nun kurz dargestellt werden, wie es der AEG gelungen ist, das Problem der Anwendung von 2 hintereinandergeschalteten Hochfrequenz-Schirmgitterröhren beim Geador zu lösen. Das Äußere des Gerätes mit seiner abnehmbaren Rahmenantenne zeigt Abb. 1.

In erster Linie galt es, unerwünschte Rückkopplungen, d. h. hochfrequente Schwingneigung des Gerätes zu beseitigen. Zu diesem Zwecke wurden

1. die einzelnen Verstärkerstufen durch einzelne Aluminiumkästen gegeneinander wirkungsvoll abgeschirmt (Abb. 2, erster Abschirmkasten entfernt);
2. zur vollständigen induktiven Entkopplung aller Spulen und des Rahmens die Spulenpaare des 2. und 3. Schwingungskreises durch Kupferzylinder abgeschirmt;

Digitized by Google

3. zur Vermeidung schädlicher Kopplungen über die gemeinsamen Zuführungsleitungen für Gittervorspannung, Schirmgitterspannung und Anodenspannung aus Widerständen und Kondensatoren gebildete Sperren in die einzelnen Leitungen eingeschaltet;
4. das Eindringen von Hochfrequenz in den Tonfrequenzteil ebenfalls durch Kondensatoren und Widerstände verhindert;
5. eine Drossel-Kondensatorsperre den Lautsprecheranschlußbuchsen vorgeschaltet, um Rückwirkungen der Lautsprecheranschlußschnur auf den Rahmen vorzubeugen.

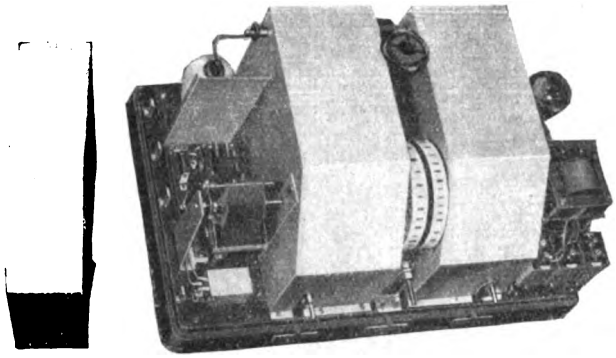


Abb. 2. Abschirmkasten des „Geador"; ein Kasten abgenommen.

Jede Verstärkerstufe enthält einen Schwingungskreis aus einem Luft-Drehkondensator und zwei verlustarmen, umschaltbaren Spulen, von denen eine für den Bereich 1430 ... 525 kHz, die andere für 400 ... 150 kHz bestimmt ist. Die Drehkondensatoren aller drei Kreise sind mechanisch gekoppelt und sind durch Schneckenantrieb leicht einstellbar. Die Kilo-Hertz-Teilung auf der Ablesetrommel gestattet ein Einstellen nach der Senderfrequenz ohne Suchen. Zur Erzielung höchster Empfindlichkeit und Trennschärfe ist in der Audionstufe eine kapazitiv regelbare Rückkopplung vorgesehen. In den meisten Fällen kann jedoch auf die Ausnutzung der Rückkopplung verzichtet werden, so daß auch bei Fernempfang die vorzügliche Wiedergabequalität des Gerätes nicht beeinträchtigt wird. Die Lautstärke kann beim Geador durch Änderung der Gittervorspannung der 1. Hochfrequenzröhre durch ein Potentiometer ohne jede Beeinflussung der Abstimmung stetig geregelt werden. Die abnehmbare Rahmenantenne des „Geador", die durch ihre Richtwirkung eine wertvolle zusätzliche Selektion und Störbefreiung ergibt, trägt senkrecht zueinander angeordnete Wicklungen für Kurzwellen- und für Langwellenbereich, die sich also gegenseitig nicht beeinflussen.

Für den Fall, daß das Gerät in einem magnetisch abgeschirmten Raum (Gebäude mit Eisen- oder Eisenbeton-Konstruktion) aufgestellt werden soll, ist die Anwendung einer kleinen Behelfs- oder Außenantenne vorgesehen, die nach Abnehmen des Rahmens und Einschaltung eines Spezialkurzschlußsteckers ohne weiteres an einer besonderen Buchse angeschlossen werden kann. Die Antennenkopplung erfolgt in diesem Fall durch einen sehr kleinen Kondensator, so daß Abstimmung und Dämpfung des Gerätes praktisch nicht beeinflußt werden. Wie alle AEG-Netzempfänger hat auch das Geador das VDE-Zeichen erhalten. Auch ist ein besonderer Berührungschutz des Lautsprecheranschlusses vorhanden.

Geador wird außer in der abgebildeten Ausführung auch in Kombination mit dem bekannten Gealion-Lautsprecher in einem Chassis mit verdeckt unterhalb des Empfängers angeordneter Rahmenantenne geliefert zum Einbau in Truhen oder Schrankgehäuse, deren Ausführung dem Stil der betreffenden Wohnungseinrichtung angepaßt werden kann.

Rafi-Kontaktplatten mit Rückmeldevorrichtung. — Für Ärzte, Apotheken, Elektrizitätswerke, Hotels, Großgaragen, Tankstellen, Feuerwachen, Betriebswachen, Polizeiwachen, Krankenhäuser, Hebammen usw. sind Läutewerke im Gebrauch, deren Betätigung durch Druckknopf an der Haustür erfolgt. Die Firma Raimund Finsterhölzl, Ravensburg, sieht hierbei eine Rückmeldung vor. Abb. 1 zeigt die gläserne Abdeckplatte einer in der Nähe der Haustür angebrachten mehrkammerigen Messingdose, in der die nötigen Fassungen eingebaut sind. Bei eintretender Dunkelheit wird mittels des dazugehörigen Rafi-Kontrollaparates (Abb. 2) die Hauptlampe eingeschaltet. Die aufleuchtende Kontrollampe, die mit der Hauptlampe in Serie geschaltet ist, zeigt die einwandfreie Funktion der Anlage an. Nach erfolgtem Anruf wird entweder der Rafi-Doppelkontakt mit der Bezeichnung „ich komme" oder „abwesend" (diese Bezeichnungen können beliebig gewählt werden) betätigt. Dadurch erlischt die Hauptlampe, und die entsprechende transparente Schrift leuchtet hell als Antwort auf. Das Erlöschen der Hauptlampe und das Aufleuchten der Transparentlampe ist so augenfällig, daß die Rückmeldung auch von unachtsamen oder aufgeregten Personen gesehen werden muß.

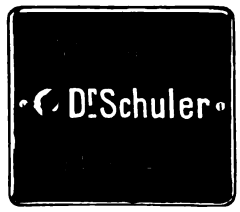


Abb. 1. Kontaktplatte.

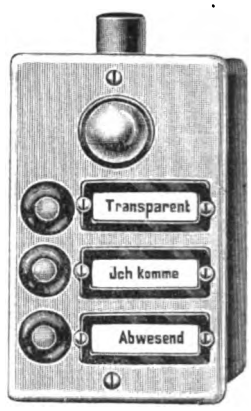


Abb. 2. Rafi-Kontrollapparat.

Als Betriebspannung kann die vorhandene Netz- oder transformierte Spannung von 4, 6, 12 oder 24 V verwendet werden. Die Bezeichnungen können ganz nach Wunsch angefertigt werden. Die Apparate sind mehrfach geschützt. In den oben beschriebenen Kontaktplatten (Abb. 1) ist zum Anruf der Rafi-Isol-Kontakt, DRP., der jetzt auch mit Leuchtknopf

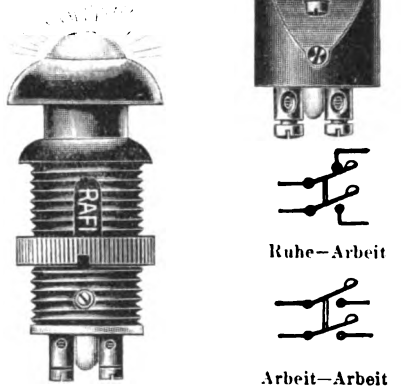


Abb. 3. Kontakt mit Leuchtknopf.

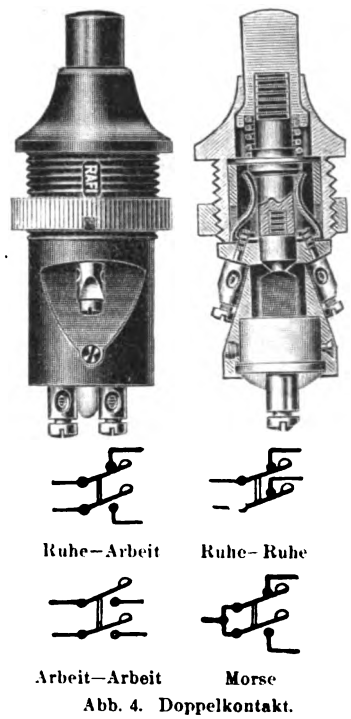


Abb. 4. Doppelkontakt.

(Abb. 3) geliefert werden kann, montiert. Bei dem Kontrollapparat ist der in Abb. 4 dargestellte Doppelkontakt eingebaut.

Vakuum-Prüfgeräte mit Rundfunk-Störschutz. — An Evakuierungsanlagen werden häufig transportable Hochfrequenzapparate benutzt, um das Vakuum zu kontrollieren bzw. Undichtigkeiten an Pumpleitungen bzw. an Anschmelzstellen festzustellen. Die benutzten Hochfrequenzgeneratoren stören in einem außerordentlichen Maße den Rundfunk, genau wie die ähnlich konstruierten Hochfrequenzheilgeräte. Um die Rundfunkstörungen an diesen Vakuum-Prüfgeräten zu beseitigen, können die gleichen Schutzmaßnahmen getroffen werden wie an den Hochfrequenzheilgeräten, wenn dafür Sorge getragen wird, daß der Hochspannungskreis über die Pumpanlage möglichst verlustlos geschlossen wird. Je kürzer hierbei die Gasstrecke ist, desto stärker wird die Störverminderung sein. Es empfiehlt sich daher, in unmittelbarer Nähe der Anschmelz-

Digitized by Google

stelle der zu evakuierenden Glasgegenstände eine möglichst groß bemessene Elektrode einzuschmelzen, die in ihrer Form den Gasstrom möglichst wenig behindert. Diese Elektrode wird mit dem Hochfrequenzgenerator verbunden. Bei Evakuierungen, bei welchen eine in die Pumpleitung eingeschmolzene Elektrode zur Verunreinigung des Vakuums führen kann, muß der Hochspannungskreis kapazitiv geschlossen werden durch Belegen der Pumpleitungen mit Stanniol oder anderen Metallfolien. Diese Belegung wird sodann mit dem Apparat verbunden. Man versieht zweckmäßig den Handgriff des Prüfgerätes mit einem Schalter, so daß die Apparatur nur während der Prüfung selbst in Tätigkeit gesetzt wird.

Ein entsprechend konstruiertes Gerät wird von der Jenalit-Gesellschaft m. b. H., Jena, in den Handel gebracht, das mit entsprechenden Anschlüssen ausgerüstet sowohl zur Prüfung des Vakuums in bekannter Art mittels einer leuchtenden Gasstrecke verwandt werden kann als auch zur Undichtigkeitsprüfung durch Funkenüberschlag. In beiden Fällen geschieht die Schließung des Hochspannungskreises durch Hilfselektroden und entsprechende Verbindung mit dem Apparat. Beim Prüfen fertig evakuierter Körper in der Hand wird der Hochspannungskreis über den Körper des Prüfenden selbsttätig geschlossen, da bei der Handhabung des Gerätes die Metallumkleidung des Handgriffes umfaßt wird. Ein am Handgriff eingebauter Hebelschalter ermöglicht die Inbetriebsetzung der Apparatur beim jeweiligen Gebrauch. Im Steckerteil eingebaute Drosselspulen verhindern das Aufdrücken der Störschwingungen auf die Netzzuleitung.

Allgemeiner Maschinenbau.

Gestehungskosten für geschweißte und gegossene Teile. — Bezeichnen wir das Gewicht eines gegossenen Maschinenteils mit Gg, in geschweißter Ausführung mit Gs, ferner den Guß-Kilopreis mit Pg, den Kilopreis für geschweißte Ausführung mit Ps, so ist der Preis des gegossenen Körpers $Gg \cdot Pg$; der Preis des geschweißten Körpers $Gs \cdot Ps$. Zur Anfertigung des Bauteils in gegossener Ausführung benötigt man ein Modell, dessen Preis wir mit M bezeichnen wollen. Werden nach diesem Modell n gleiche Abgüsse hergestellt, so erhöht sich der obengenannte Preis für den Gußkörper auf $Gg \cdot Pg + \frac{M}{n}$. Bei der Herstellung in geschweißter Ausführung sind Modelle überflüssig. Die Bearbeitungskosten sind bei geschweißten Teilen immer geringer, als bei den gleichen gegossenen Teilen. Bei Gußkörpern muß man im allgemeinen mit 10 mm Bearbeitungszugabe rechnen, während man bei geschweißten Teilen mit 5 mm gut auskommt. Es ist ferner noch zu berücksichtigen, daß jeder Gußteil eine harte Gußhaut aufweist, welche die Bearbeitungswerkzeuge stark angreift. Dieser Übelstand entfällt bei geschweißten Körpern. Bezeichnen wir die gesamten Bearbeitungskosten für den gegossenen Teil mit Bg, jene für den geschweißten mit Bs, so betragen die Kosten des bearbeiteten Werkstücks in gegossener Ausführung: $Gg \cdot Pg + \frac{M}{n} + Bg$. in geschweißter Ausführung: $Gs \cdot Ps + Bs$. Bei gegossenen Teilen muß man mit Ausschußstücken rechnen, welche p % der gelieferten Stückzahlen betragen. Die Gießereien ersetzen wohl das Ausschußstück kostenlos, vergüten aber niemals die Bearbeitungskosten, welche für das Ausschußstück aufgewendet worden sind. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, erhöht sich der Herstellungspreis des gegossenen Stückes auf $Gg \cdot Pg + \frac{M}{n} + Bg + \frac{p \cdot Bg}{100}$. Die geschweißten Teile werden aus gewalzten Elementen (Bleche, Profileisen usw.) hergestellt; es ist daher praktisch mit Ausschußgefahr nicht zu rechnen. Die geschweißten Körper sind ausnahmslos leichter als die gleichen in gegossener Ausführung. Dieser Umstand ist von Wichtigkeit, wenn man an die Transport- und Frachtkosten denkt. Bei Exportgeschäften ist dieser Unterschied von ganz besonders großer Bedeutung. Die Vorfracht von der Gießerei zur Maschinenfabrik wollen wir nicht rechnerisch erfassen, weil diese von vielen Gießereien bzw. Schweißwerken nicht besonders berechnet wird. Beträgt der Frachtsatz für 1 kg Ware von der Maschinenfabrik bis zur Bestimmungsstation f RM, so ist die für das gegossene Stück aufzuwendende Gesamtfracht $Gg \cdot f$, jene für den geschweißten Teil $Gs \cdot f$. Von dem Mindergewicht infolge Bearbeitung haben wir in beiden Fällen abgesehen.

Die Gesamtgestehungskosten betragen nunmehr:

für den gegossenen Körper:

$$Gg \cdot Pg + \frac{M}{n} + Bg + \frac{p \cdot Bg}{100} + Gg = Gg(Pg + f) + \frac{M}{n} + Bg\left(1 + \frac{p}{100}\right),$$

für den geschweißten Körper:

$$Gs \cdot Ps + Bs + Gs \cdot f = Gs(Ps + f) + Bs.$$

Führt man mit Hilfe dieser Formeln in jedem Falle die Rechnung durch, so erkennt man, daß nur bei Herstellung einer großen Anzahl gleichartiger Teile die Kosten der gegossenen Ausführung billiger werden. Kommen aber von ein und derselben Type nur wenige, z. B. 2, 3 oder 4 Teile in Frage, dann muß allein aus ökonomischen Gründen der geschweißten Ausführung stets der Vorzug gegeben werden. Die oben entwickelten zwei Formeln sollen ein Hilfsmittel sein, um sich rasch über die Gestehungskosten des herzustellenden Arbeitstückes zu unterrichten. F. Siebel.

Werkstatt und Baustoffe.

Deutscher Marmor für Schalttafeln. — Wenig bekannt ist es, daß wir in Deutschland über ziemlich ausgedehnte Marmorbrüche verfügen, die einen schönen, feingemusterten Stein liefern. Für technische Anlagen ist dieser Stein gut verwendbar und vielfach auch verwendet worden: z. B. läßt sich deutscher Marmor als Material für Schalttafeln jeglicher Größe gut benutzen. Die Siemens-Schuckertwerke haben u. a. die Schalttafelanlagen der Untergrundbahn in Berlin aus deutschem Marmor, der in Groß-Kunzendorf/Schl. gebrochen ist, hergestellt. Außer den schlesischen Brüchen verfügen wir aber in Deutschland noch über Brüche in Bayern, Hessen-Nassau, Westfalen, Thüringen, Schlesien und über die Serpentinsteinbrüche in Sachsen. Gefördert wurden in den Jahren 1920 rd. 225 000 dz, 1925 152 000 dz, 1928 186 000 dz. Weit größer ist aber die Einfuhr ausländischen Marmors, insbesondere aus Portugal und Italien, die in den entsprechenden Jahren 179 000, 702 000 und 846 000 dz betragen hat, nachdem 1923 die Einfuhrbeschränkungen für ausländischen Marmor beseitigt worden waren. Die ausländische Konkurrenz hat also die deutsche Marmorförderung eingeschränkt, trotzdem er ebenso gut ist wie der ausländische.

Um nun den für die Verwendung von Marmor in Betracht kommenden Kreisen einen Überblick über den deutschen Marmor zu geben, veranstaltet der Bund Deutscher Marmorbruchbesitzer im Rahmen der Großen Technischen Frühjahrsmesse 1930 vom 2. bis 12. März, u. zw. in der Halle 19, eine Sonderschau, die nicht nur deutschen Marmor, sondern auch die ausländischen Erzeugnisse im Vergleich hierzu zeigen wird.

Wahnerit-Hartpapier. — Bisher beschränkte sich die Elektro-Isolier-Industrie mbH., Wahn (Rhld.) bei Herstellung ihres Hartpapiers hauptsächlich auf zwei Qualitäten: eine zur Verwendung unter Öl, die andere für sonstige Zwecke. Keine der beiden erwähnten Qualitäten ist aber z. B. für selbsttätige Fernsprechanlagen und für solche Apparate zu empfehlen, die in den Tropen Verwendung finden. Aus diesen Erwägungen heraus hat man sich mit gutem Erfolg der Herstellung tropensicheren Materials gewidmet und auf eine besonders gute Hygroskopität desselben den größten Wert gelegt. Dieses Material wird in zwei Tropenqualitäten hergestellt. Im übrigen sind zwölf verschiedene Sorten in den Farben Braun, Schwarz, Rot, Gelb sowie in Pockholz (ges. gesch.), Mahagoni, Feinholz, Hartholz, Gauffriert und Fantasie auf dem Markt. Das Material bietet bei der Verarbeitung keine Schwierigkeiten. Die polierten Platten besitzen eine hochglänzende Oberfläche, die sofort durch Verwendung besonderer Bleche in der Presse erzielt wird. Wahnerit besitzt wertvolle physikalische, mechanische und elektrische Eigenschaften. Das Material ist praktisch unhygroskopisch und kann auf Zug mit 500 kg/cm² und auf Druck mit 1000 kg/cm² ohne Schaden beansprucht werden. Die Wärmebeständigkeit beträgt 170 ... 180 °; von den meisten Ölen, Fetten, Säuren und Alkalien wird es nicht angegriffen. Außer Platten werden auch Rohre, Scheiben, Formstücke und Stäbe aus diesem Material gesägt, gestanzt, gehobelt, gefräst, gebohrt und gedreht.

Digitized by Google

Eine neue Hornsche Schnellflechtmaschine. — Die Schnellflechtmaschine Modell 16 N der Firma Guido Horn, Berlin-Weißensee, ist in Anlehnung an ältere Konstruktionen der Firma nach ausschließlich eigenen Patenten für eine regelmäßige Geflechtbildung „zwei über zwei" gebaut. Die hier verwendete Arbeitsweise hat sich bereits seit Jahren bei deren Drahtflechtmaschinen bewährt. Für den Antrieb der inneren Spulen sind Zahnräder beibehalten worden, aber für die Steuerung der Außenfäden werden Fadenführerhebel verwendet. Die Hebelführung und Lagerung erfolgt nach besonderen Patenten. Eine in einer Hohlkugel umlaufende Kurvennut dient der Steuerung der Fadenführerhebel, Federn und Rollen sind hierbei vermieden worden. Die Fadenspannung erfolgt

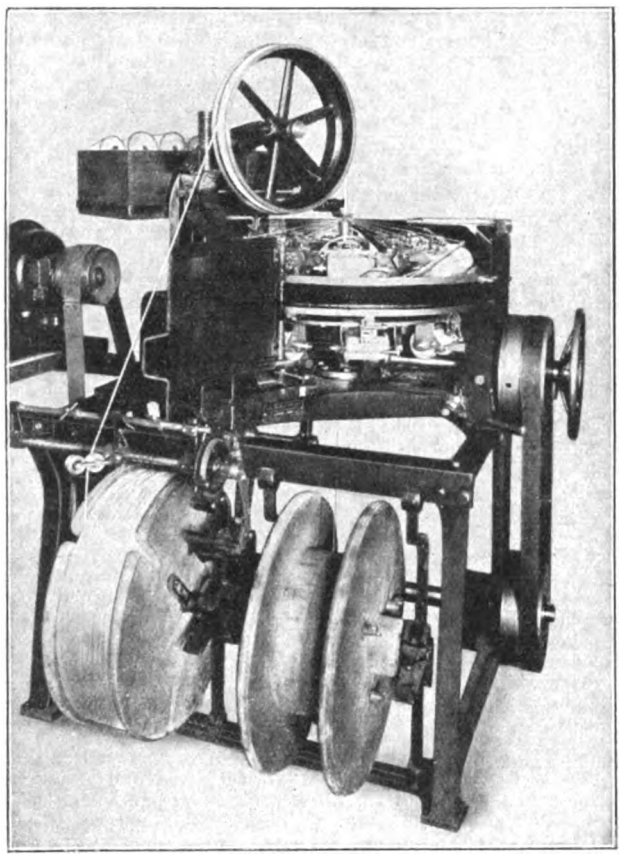


Abb. 1. Schnellflechtmaschine.

wie bei den anderen Modellen der Firma durch die Ideal-Spulenbremsen, welche noch eine weitere Vervollkommnung erfahren haben. Die Maschine weicht in ihrem ganzen Aufbau von dem bisher Gewohnten ab. Man sieht, daß hier der Erfinder seine eigenen Wege gegangen ist, wobei er sich von seinen langjährigen Erfahrungen auf dem Gebiete des Schnellflecht-Maschinenbaues hat leiten lassen. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, hat man bei der Bedienung das fertige Geflecht dicht vor Augen. Die Abzugscheibe zeigt schräg nach vorn, und das fertige Geflecht kann ohne Umweg auf die Aufwickeltrommel geleitet werden. Während die Kabeltrommeln im allgemeinen unter dem Tisch angeordnet werden, kann für kleinere leichtere Trommeln auch eine Übertischaufwicklung angebracht werden. Die neue Schnellflechtmaschine, Modell 16 N, ist in erster Linie für Glanzgarn- und Seidengeflechte bestimmt, da man besonders für diese die Geflechtbindung „zwei über zwei" bevorzugt. Trotz der hohen Arbeitsgeschwindigkeit werden nur geringe Anforderungen an die Haltbarkeit der Garne gestellt, und man kann auch mit dünnen Baumwollfäden störungsfrei darauf flechten. Selbst beim Flechten mit über 200 Spulenumläufen/min arbeitet die Maschine einwandfrei, ohne sich zu erwärmen. Saubere Ausführung und die Verwendung vorzüglichen Materials deuten darauf hin, daß Leistung und Betriebsicherheit auch nach längerem Betriebe nicht zurückgehen.

Spulenwickelmaschinen von Froitzheim & Rudert. — Eine wichtige Arbeit in der Fabrikation von Radioapparaten und -teilen ist die Herstellung guter Spulen. Man ist von der Handwickelei im Laufe der Jahre gänzlich abgekommen und fast allgemein dazu übergegangen, die erforderlichen Spulen auf Wickelautomaten herzustellen.

Die Firma Froitzheim & Rudert, Berlin-Weißensee, die in diesem Jahr auf ein 40jähriges Bestehen zurückblicken kann, wird auf der Leipziger Frühjahrsmesse im Haus der Elektrotechnik, Stand 225, ihre neuesten Präzisions-Schnellflechtmaschinen, Schnellumspinnmaschinen, Spulenwickelautomaten und Bandagiermaschinen im Betriebe vorführen. Besonderes Interesse wird die neue selbsttätige Spulenwickelmaschine mit selbsttätiger Papiereinführung nach jeder vollgewickelten Lage finden. Mit dieser Maschine werden Spulen erzeugt, die durchschlagsicher und für Höchstspannungen geeignet sind. Das Papier wird nicht mehr wie bisher von Hand abgeschnitten und um die Spule herumgelegt, sondern die Maschine verlegt den Draht selbsttätig, schneidet das Papier selbsttätig ab und führt es selbsttätig in die Spule ein, so daß hintereinander mit etwa 3000 U/min gearbeitet werden kann. Die wirtschaftlichen Vorteile, die sich hieraus ergeben, sind offensichtlich.

Weiter führt die Firma ihre neue Wickelmaschine mit Garneinschuß vor, die wiederum bedeutend verbessert worden ist. Man kann mit dieser Maschine jetzt Spulen herstellen, deren Körper keine Ränder mehr erfordert, da die Maschine selbsttätig an den Rändern der Drahtlagen Garnpolster bildet, die die Spule gegen äußere Beschädigungen vollkommen schützen. Diese Maschine arbeitet ebenfalls mit 3000 U/min. Die ebenfalls vorgeführte selbsttätige Bandagiermaschine ist vorzüglich geeignet zum Umwickeln von Ringen, Streifen und Spulen, auch eckiger Abmessungen, mit Band und Papierstreifen.

Auf den Präzisions-Schnellflechtmaschinen und Schnell-Umspinnmaschinen derselben Firma verdienen Beachtung. Sie sind in den letzten Jahren erheblich verbessert worden.

Verschiedenes.

Selbsttätige Komprimiermaschinen. — Komprimiermaschinen finden in zahlreichen Industriezweigen Verwendung zur Herstellung von Tabletten, Würfeln, Kugeln, Briketts usw., also überall da, wo es darauf ankommt, pulverförmige oder feinkörnige Materialien in feste Formen zu bringen. Die über 50 Jahre bestehende Firma Fritz Kilian, Spezialmaschinenfabrik für automatische Komprimier-, Füll- und Dosiermaschinen, Berlin-Hohenschönhausen, hat ihre Maschinentypen nach jeder Richtung hin den verschiedensten Verwendungszwecken angepaßt und ist in der Lage, jedem Industriezweig, der Komprimiermaschinen benötigt, mit solchen Maschinen jeden Systems zu dienen. Eine Anzahl Maschinentypen der Firma finden seit geraumer Zeit vorteilhafte Verwendung in den elektrotechnischen Betrieben, zum Vorkomprimieren von Bakelit und ähnlichen Kunststoffen, Batteriekohlen usw. Das Vorkomprimieren von Bakelit ersetzt die früher übliche Abwiegung der benötigten Bakelitmengen, wodurch hohe Ersparnisse an Material und Arbeitslöhnen und eine viel schnellere und sauberere Arbeit der hydraulischen Pressen gewährleistet wird.

Die Firma baut ferner selbsttätige Füll- und Dosiermaschinen zur staublosen Abfüllung und zur Einstopfung von feinpulverigen und körnigen Materialien. Die Abfüllungen erfolgen nach Raummaß durch Transportschnecken in alle Arten von Packungen, wie Beutel, Dosen, Schachteln, Flaschen usw. Diese Maschinen finden auch große Verwendung in der elektrotechnischen Industrie zur genauen Dosierung und Abfüllung von Bakelitpulver und ähnlichen Stoffen. Die Hauptvorzüge dieser Maschinen sind Ersparnisse an Arbeitslöhnen, weil sich die Bedienung der kontinuierlichen Arbeit der Maschine anpassen muß, Ersparnisse an Materialien durch staublose Abfüllung sowie an Verpackung durch die Möglichkeit des Einstopfens.

Winden für Fahrzeuge. — Wenn beim Beladen eines Wagens Güter wie z. B. Ölschalter, Transformatoren usw. nicht gekantet werden oder durch Aufladen mittels Balken oder Schrottleiter nicht beschädigt werden dürfen, eignet sich eine von der Görlitzer Apparatebauanstalt Fretz & Co., Görlitz, gebaute Vorrichtung, die an jedem Lastwagen angebracht werden kann und für eine Normallast von 800 und 1500 kg ausgeführt wird. Die Rückwand des Wagens (Abb. 1, S. 341) dient als Ladefläche zur Aufnahme des Gutes, hebt sich in ge-

Digitized by Google

rader paralleler Richtung von dem Erdboden bis zur Ladefläche und bleibt in jeder Zwischenlage absolut fest und sicher stehen. Die Betätigung geschieht mittels einer durch D.R.P. geschützten Sicherheitswinde. Die Tragarme unter der Rückwand können eingeklappt werden, so daß keine Behinderung des Wagens für sonstiges Ladegut, Anhänger oder Zughaken entsteht. Die Rückwand kann sowohl geschlossen als auch nach unten geklappt werden. Das Heben der Last vom Erdboden bis zur Ladehöhe dauert 30 s. Das Senken der Last dauert 5 s. Ein Mann kann ohne große körperliche Anstrengung die Last heben und senken.

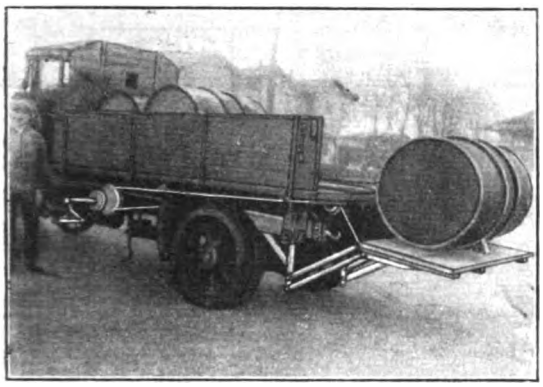


Abb. 1. Mechanische Be- und Entladevorrichtung.

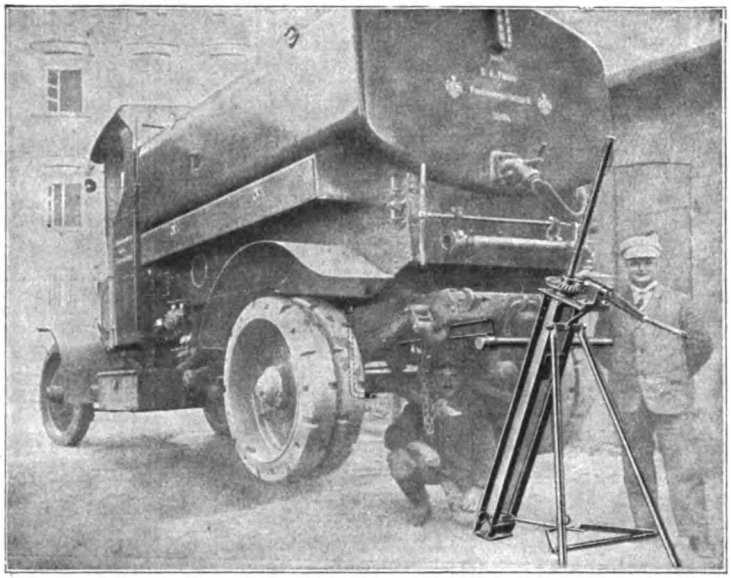


Abb. 2. Wagenheber.

Ein durch D. R. P. und Ausl.-Pat. geschützter Wagenheber der Firma hebt Fahrzeuge jeder Bauart und Größe sowohl von vorn als auch von hinten so hoch, daß alle Reinigungen, Revisionen und Instandsetzungsarbeiten an der unteren Seite des Wagens vorgenommen werden können (Abb. 2). Der tiefste Stand der Angriffsklaue ist 150 mm, so daß dadurch auch der tiefstgehende Wagen vorn direkt an der Achse gefaßt werden kann. Der Heber faßt nicht nur an der Achse sondern auch am Chassis an, so daß er das Eigengewicht des Wagens aufnimmt. Dadurch sind die Lenkungsorgane, Federn und Bolzen entlastet, so daß sich dieselben ohne Schlag herausnehmen oder einsetzen lassen. Der in zwei Größen, für Personen und schwere Lastwagen, gebaute Heber ist zusammenlegbar, leicht transportabel, an jedem Ort zu verwenden und macht die Montagegruben überflüssig.

Anlage zur Erzeugung von Spannungstößen und hochfrequenten Spannungen bis 2000 kV. — Im Höchstspannungs-Versuchsfeld der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. in der Porzellanfabrik Hermsdorf i. Thür.[1] steht seit Herbst 1929 eine nach dem Marxschen Vervielfachungsprinzip[2] gebaute neue Stoßanlage im Betrieb (Abb. 1), mit der bei einer Versechsfachungschaltung Stoßspannungen bis 1000 kV, mit einer Verzwölffachungschaltung Stoßspannungen bis 2000 kV erzeugt werden können. Die Schlagweite der Zünd- und Zwischenfunkenstrecken wird motorisch vom Schaltpult aus eingestellt. Zu diesem Zweck ist je eine Kugel der Zünd- und Zwischenfunkenstrecken feststehend angeordnet, während die andere auf einer isolierten Welle axial verschiebbar ist, wobei sie mit den zugehörigen Kondensatorbelägen durch bewegliche Leitungen verbunden bleibt. Zur Vermeidung einer Überbeanspruchung der Kondensatoren sind Endabschalter eingebaut, die die Motoren bei einem Höchstabstand der Kugeln ausschalten. Die günstigste Vervielfachung wird bei gleichem Abstand aller Zwischenfunkenstrecken erreicht.

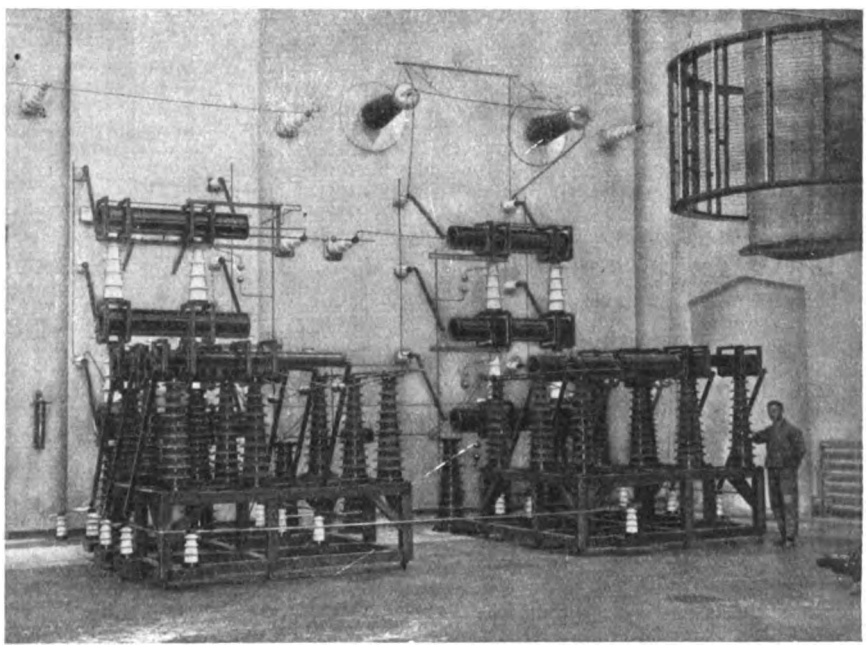


Abb. 1. Stoßspannungs- und Hochfrequenzanlage bis 2000 kV im Höchstspannungs-Versuchsfeld der Hescho.

Zum Aufladen der Kondensatoren werden als Wider-

[1] ETZ 1927, S. 512.
[2] ETZ 1924, S. 662.

VDE-Vorschriftenbuch 17. Aufl. 1930
erschienen. Zu beziehen durch Verlag des VDE, Berlin W57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

stände mit Wasser oder Spiritus gefüllte Porzellanrohre benutzt, wobei Widerstandswerte von mehreren Megohm bei der Füllung mit Spiritus, Widerstandswerte von 400 000 Ω bei der Füllung mit Wasser von 40 μ Scm^{-1} Leitfähigkeit erreicht werden. Im übrigen wird, wie Versuche gezeigt haben, die Vervielfachung durch Änderung der Widerstände im Bereich von mehreren Megohm bis zu 200 000 Ω nicht beeinflußt. Die Kapazität der einzelnen Kondensatoren beträgt 9000 cm, die mittlere Stoßkapazität der 1000 kV-Anlage 1500 cm, die der 2000 kV-Anlage 750 cm. Den Verlauf der Stoßspannung zeigt

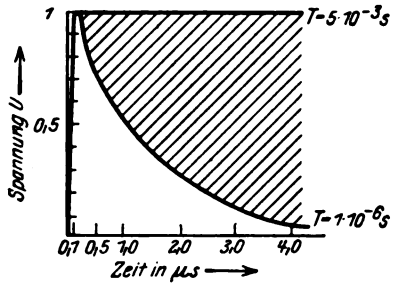


Abb. 2. Verlauf der Stoßspannung.

Abb. 2. Die Zeitkonstante, die für das Abklingen des Stoßvorganges maßgebend ist, kann in den Grenzen zwischen $T = 5 \cdot 10^{-3}$ und $T = 1 \cdot 10^{-6}$ verändert werden. Die Kondensatoren der 1000 kV-Stoßanlage, die auf einfache Weise parallel geschaltet werden können, dienen auch als Primärkapazität des auf Abb. 1 sichtbaren Tesla-Transformators für hochfrequente Spannungen von 2000 kV max gegen Erde bei 30 000 Hz. Das Schaltbild der Anlage ist in Abb. 3 dargestellt. Die Kopplung zwischen Primär- und Sekundärspule und damit die Dämpfung der sekundären Schwingungen kann, auch während der Versuche, durch Heben und Senken der Sekundärspule mit Hilfe eines vom Schaltpult aus gesteuerten Motors in weiten Grenzen verändert[1] werden.

Der elektrische Leitungsprüfer „Spion". — Ohne Verwendung von Glühlampen oder Leuchtröhren arbeitet ein als Selbstunterbrecher ausgebildeter Spannungsucher der Firma H. Onken, Oldenburg, Marienstraße. Der Apparat beruht auf demselben Prinzip, nach dem der elektrische Gasanzünder „Gasteufel"[2] konstruiert ist. Der

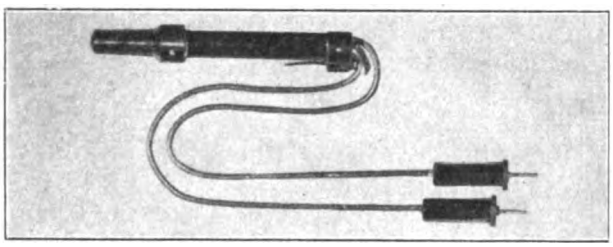


Abb. 1.

Leitungsprüfer wird mittels einer kleinen Messingschiene, die an dem Apparat befestigt ist, in ein Knopfloch oder in die Tasche der Monteurjacke gehängt, so daß beide Hände zum Arbeiten frei sind. Wenn nun mit den beiden Tastern der zu untersuchende Teil berührt wird und dieser unter Spannung steht, entsteht ein klopfendes Geräusch. Aus der Stärke des Klopfens läßt sich auf die Höhe der Spannung schließen. Auch die Stromart kann man erkennen. Bei Gleichstrom entsteht ein gleichmäßiges Klopfen, während bei Wechselstrom ein ungleichmäßiges Klopfen hörbar ist.

Der Apparat ist unempfindlich gegen Stoß und Schlag. Der Spannungsbereich ist 100 ... 500 V.

Panzerwellpappe als Verpackungsmaterial. — Gegenüber der bisher üblichen Methode, industrielle Erzeugnisse in Kisten mit Holzwolle zu verpacken, bietet die von der Aktiengesellschaft für Cartonnagenindustrie, Berlin, auf den Markt gebrachte Panzer- oder Starkwellpappe mancherlei Vorteile. Es handelt sich um eine doppelseitige Wellpappe, bei welcher das Material für die Wellen etwa 3- bis 4mal so kräftig ist wie bei gewöhnlicher Wellpappe. Die Außenlage weist auch eine gewisse Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit auf. Die Festigkeit geht hervor aus einer Gegenüberstellung der Berstdruckzahlen bei einer Prüffläche von 10 cm²:

gewöhnliche Wellpappe . . .	0,56 kg/cm²
Panzerwellpappe	2,75 kg/cm².

Die federnde Eigenschaft der Panzerwellpappe, ihr geringes Gewicht, der Fortfall des Füllstoffes infolge Ver-

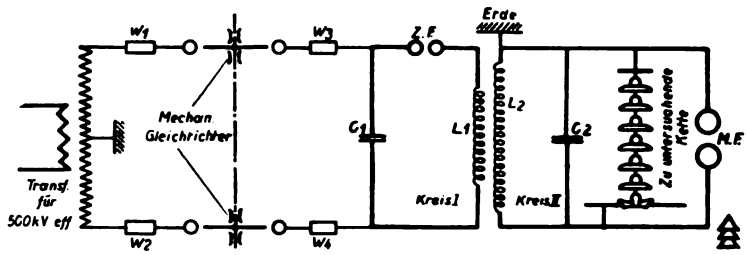


Abb. 3. Schaltbild der Hochfrequenzanlage.

wendung zweckentsprechender Einlagen aus dem gleichen Material und geringere Materialkosten sind Vorzüge, wozu noch eine Lagerraumersparnis bis zu 80 % gegenüber anderen fertigen Behältern kommt, da sich die fertigen Wellpappbehälter zusammenlegen lassen. In diesem Zusammenhang sei auch auf die Vorschriften der Eisenbahn hingewiesen, in denen es heißt, daß von der Forderung des Anerkenntnisses der mangelhaften Verpackung bei Kartons abgesehen werden kann, wenn der Karton besonders widerstandsfähig ist und genügend Schutz gegen Druck, Stoß und Nässe bietet.

Lichtpaussäule „Phönix". — Für kleine Büroräume baut die Firma R. Reiss G. m. b. H., Liebenwerda, in allen Fällen, wo ein zylindrischer Apparat mit 2 Halbzylindern nicht in Frage kommt, einen Apparat, bei welchem die ganze Beleuchtungsfläche mit Pausen und Lichtpauspapier beschickt werden kann. Das Drucktuch, welches die Originale und das Lichtpapier festhält, wird auf eine Walze auf- und abgerollt. Zwei Zug-Spiralfedern bewirken, daß es sich fest auf den Halbzylinder preßt und das Pausgut festhält. Eine Belichtungskontrolle ist jederzeit durch einfaches Zurückrollen der Walze möglich. Diese Lichtpaussäule (Abb. 1) hat folgende Vorteile: Die Montage sämtlicher Einzelteile der Lampe, die bisher an der Wand befestigt werden mußten, fällt fort, da diese Einzelteile an einem fest mit dem Apparat verbundenen Gestell angebracht sind. Die Lampe kann sich während des Herablassens nicht drehen, da sie mittels zweier Träger über zwei Paar Rollen zwangsläufig geführt wird. Das Stromzuführungskabel gleitet mit der Lampe in den Apparat hinunter und wird durch ein Gegengewicht gebremst. Die Führung des Zuführungskabels sowie das Gewicht und alle zur Führung der Lampe und des Kabels erforderlichen Teile sind im Innern des Apparats angebracht. Die Beleuchtungsfläche des Halbzylinders beträgt 0,80 × 1,15 m. Der Apparat erfordert zur Aufstellung 1 m² Bodenfläche und 2,20 m Höhe.

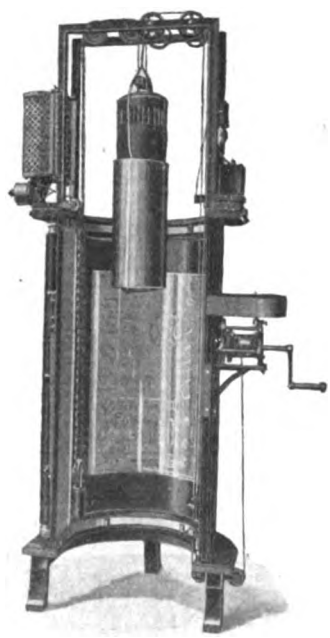


Abb. 1. Lichtpaussäule „Phönix".

[1] ETZ 1925, S. 1208.
[2] Vgl. ETZ 1925, S. 1883.

Digitized by Google

NACHRICHTEN ÜBER DIE LEIPZIGER FRÜHJAHRSMESSE 1930.

I. Zeit:

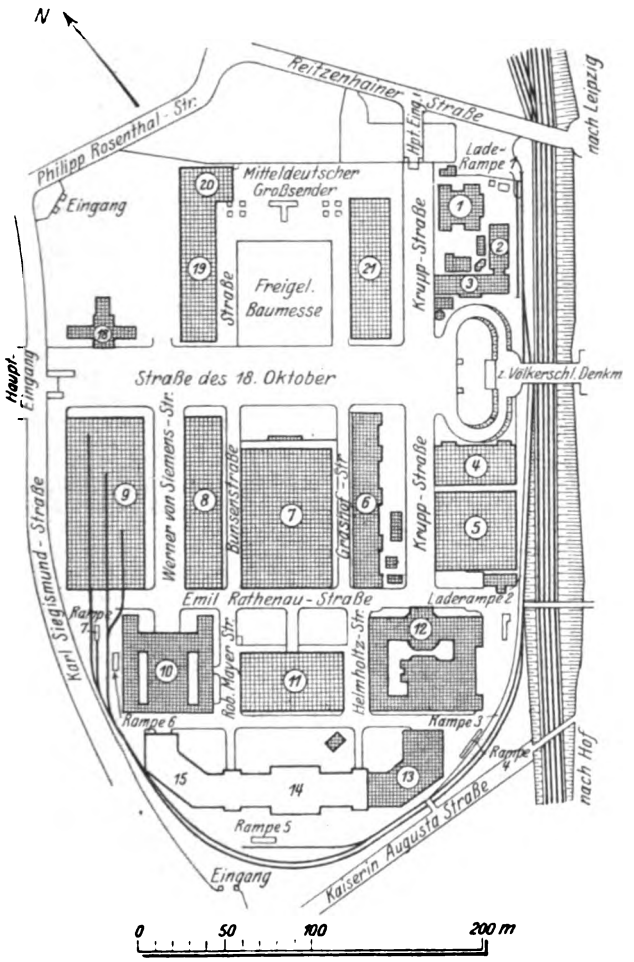
Mustermesse vom 2. bis 8. III. Große Technische Messe und Baumesse vom 2. bis 12. III. Haus der Elektrotechnik 2. bis 12. III.

II. Ort:

Mustermesse in der Innenstadt. Große Technische Messe und Baumesse nebst Haus der Elektrotechnik auf dem Ausstellungsgelände beim Völkerschlachtdenkmal.

III. Gliederung der Großen Technischen Messe und Baumesse

s. Abb.



1 u. 2 Fremdenverkehr u. Bäder
3 Erfindungen und Neuheiten
4 Gasverwertung
5 Kleinelektrotechnik, Gesundheitstechnik
6 Radiotechnik, Elektrokarren, Transportmittel
7 Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten (VDMA) u. Internationale Werkzeugmaschinen-Ausstellung, Getriebeschau
8 VDMA, Internationale Textilmaschinenschau, Pumpen
9 Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken
10 Haus der Elektrotechnik
11 Werkzeugmaschinen, Maschinenwerkzeuge, Schweißanlagen, Gießerei
12 Werkstoffe, Eisen- und Stahlwaren, Nickel-Eisen-Metalle, Motorräder
13 Schuh- und Ledermesse
18 VDMA-Auskunftstelle und Rußland
19 u. 20 Baumesse
21 VDMA, Verbrennungskraftmaschinen, Heizung und Lüftung

Abb. 1. Lageplan der Großen Technischen Messe.

IV. Sonderveranstaltungen der Großen Technischen Messe:

1. Betriebstechnische Tagung.

Es werden folgende Sitzungen gehalten:

Montag, 10. III. 1930, 9 h 30 m vorm., im Vortragsaal des HDE:

Maschinen und Verfahren der Holzbearbeitung.

Eröffnung durch den Vorsitzenden Dir. F. Ludwig, Berlin.

Vortrag über „Neuere Versuche an Holzbearbeitungsmaschinen" von Prof. E. Sachsenberg, Dresden.

Vortrag über „Austauschbau in der holzverarbeitenden Industrie" von Dir. K. Oesterreicher, Karlsruhe.

Vortrag „Was zeigt die Technische Messe Beachtenswertes im Bau von Holzbearbeitungsmaschinen?" von Dir. A. Fischer, Langenöls.

Aussprache.

Dienstag, 11. III. 1930, 9 h 30 m vorm., im Vortragsaal des HDE:

Spangebende Werkzeugmaschinen der Metallbearbeitung.

Eröffnung durch den Vorsitzenden Dir. F. Ludwig, Berlin.

Vortrag über „Richtlinien für die Entwicklung der spangebenden Werkzeugmaschinen" von Baurat Preger, Leipzig.

Vortrag „Neuere Versuche an Fräsmaschinen" von Dir. Salomon, Berlin.

Vortrag „Was zeigt die Technische Messe Beachtenswertes im Bau von Fräsmaschinen?" von Obering. Kohn, Berlin.

Aussprache.

2. III. Getriebeschau veranstaltet vom AWF und VDMA am 12. III. 1930 in Halle 7.

3. Empfangsabend des Reichsverbandes des deutschen Elektro-Installationsgewerbes E. V. am 3. III. 1930 8 h abends in den Räumen des Zoologischen Gartens.

V. Auskunftstellen:

1. Auskunftstelle des VDE im HDE.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat im Hause der Elektrotechnik seine Auskunftstelle im Obergeschoß, Stand 88. Die Auskunftstelle wird während der Messe ab Sonntag, den 2. III. 1930, geöffnet sein. In der Auskunftstelle werden Auskünfte über Vorschriften und Normen sowie über sonstige Angelegenheiten des VDE und der Prüfstelle des VDE erteilt. Außerdem wird der Messe-Ausschuß des VDE, wie in früheren Jahren, eine Besichtigung der Messe vornehmen, um Verstöße gegen die Verbandsvorschriften auf der Messe festzustellen und die Aussteller hinsichtlich der Vorschriften zu beraten. Es ist zu hoffen, daß von dieser Einrichtung des VDE und seiner Prüfstelle zur Förderung der deutschen Elektrotechnik reger Gebrauch gemacht wird.

2. Die Normung auf der Leipziger Messe.

Auf der diesjährigen Frühjahrsmesse wird, wie schon in den vergangenen Jahren, auch der Deutsche Normenausschuß wieder vertreten sein. Auf dem Stand 700 in Halle 9 werden sowohl Auskünfte über die Normung erteilt als auch Druckschriften abgegeben und Bestellungen auf Normblätter angenommen. Verschiedene Ausstellungstafeln werden über die Vorteile der Vereinheitlichung auf den einzelnen Gebieten unterrichten, eine vollständige Normblattsammlung liegt zur Ansicht aus. Außerdem wird der Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW) an gleicher Stelle erstmalig einen Stand einrichten, auf dem Zeichnungen und Modelle die Vorteile und den Stand der Normung im Werkzeugmaschinenbau erläutern.

Auskünfte über die Normung werden ferner erteilt: vom Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten in Halle 18 für den allgemeinen Maschinenbau und vom Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie in Halle 10 für die Elektrotechnik. Ferner wird voraussichtlich der Textil-Fachnormenausschuß einen Stand in Halle 8 einrichten und dort über die Normung in der Textilindustrie und im Textilmaschinenbau aufklären.

3. Auskunftstelle für Export.

Von den führenden Verbänden der deutschen Exporteure wird auf der diesjährigen Frühjahrsmesse im Meßpalast „Handelshof" eine Auskunftstelle errichtet, die allen Interessenten zur Verfügung steht.

Digitized by Google

VI. Schutz von Erfindungen, Mustern und Warenzeichen auf der Leipziger Frühjahrsmesse.

Nach einer Bekanntmachung des Reichsministers der Justiz tritt der durch das Gesetz vom 18. III. 1904 (RGBl. S. 141) vorgesehene Schutz von Erfindungen, Mustern und Warenzeichen für die Leipziger Frühjahrsmesse 1930 ein, u. zw. für die Mustermesse vom 2. bis 8. III., für die Große Technische Messe und Baumesse vom 2. bis 12. III. und für die Textilmesse und Sportartikelmesse vom 2. bis 6. III.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Auskunftstelle des VDE im Hause der Elektrotechnik

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat im Hause der Elektrotechnik seine Auskunftstelle im Obergeschoß, Stand 88. Die Auskunftstelle wird während der Messe ab Sonntag, den 2. März 1930, geöffnet sein.

In der Auskunftstelle werden Auskünfte über Vorschriften und Normen sowie über sonstige Angelegenheiten des VDE und der Prüfstelle des VDE erteilt.

Außerdem wird der Messe-Ausschuß des VDE, wie in früheren Jahren, eine Besichtigung der Messe vornehmen, um Verstöße gegen die Verbandsvorschriften auf der Messe festzustellen und die Aussteller hinsichtlich der Vorschriften zu beraten.

Es ist zu hoffen, daß von dieser Einrichtung des VDE und seiner Prüfstelle zur Förderung der deutschen Elektrotechnik rege Gebrauch gemacht wird.

Einbanddecken ETZ.

Einbanddecken für den Jahrgang 1929 der ETZ können wiederum bezogen werden, u. zw. zum Preise von 2,20 RM für den Halbjahrband, einschl. Versandkosten.

Bestellungen sind durch Einzahlung auf Postscheckkonto des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Berlin 213 12 (genaue Adresse nicht vergessen), oder bei gewünschter Nachnahmesendung direkt an den Verband Deutscher Elektrotechniker, Verlagsabt. Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betr.: Streichung von Genehmigungen zur Führung des VDE-Zeichens.

Der Firma August Wengeler, Lüdenscheid, ist die Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens für Sicherungspatronen (Sparpatronen) 6 A und 10 A, 500 V entzogen worden, da die von der VDE-Prüfstelle vorgenommenen Kontrollprüfungen wiederholt ein schlechtes Ergebnis hatten.

Prüfstelle des
Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrot. Gesellschaft Frankfurt a. M. 4. III. 30, abds. 8 h, Vortragsaal der Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Straße 47: Vortrag Dr.-Ing. E. Hueter, „Erdschluß und Erdschlußkompensation im prakt. Betriebe".

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein, Königsberg. 3. III. 1930, abds. 8 h, Hörsaal d. Phys. Inst. d. Universität, Steindamm 6: Vortrag Berr und Halberstadt, „Röntgen- und Elektromedizin. Apparate".

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Festschrift des Elektrotechnischen Vereins e. V.

Die Festschrift des Elektrotechnischen Vereins aus Anlaß seines Goldenen Jubiläums umfaßt 50 Jahre Geschichte des Vereins und damit 50 Jahre Entwicklung der Elektrotechnik. Von Herrn Geheimrat Prof. Dr.-Ing. E. h. Görges herausgegeben, schildert sie in ihrem I. Hauptteil das Werden und Wirken des Vereins. Was der Verein in der Öffentlichkeit bedeutet, was er für die deutsche Elektrotechnik schuf, seine Ziele und seine Leistungen auf allen Gebieten der Elektrotechnik werden hier geschichtlich dargelegt. In ihrem II. Hauptteil spiegelt die Festschrift an Hand der im Verein gehaltenen Vorträge, nach Spezialgebieten unterteilt, alle Phasen der Entwicklungsstufen unseres Faches wider.

Die Festschrift ist reich mit Bildern ausgestattet. In 34 Tiefdrucktafeln zeigt sie die Bildnisse von Männern, die im Verein und in der Elektrotechnik an maßgebenden Stellen gestanden haben und stehen. Der II. Hauptteil wird belebt durch sorgfältigst ausgewähltes Bildmaterial; historische und neuzeitliche Ausführungsformen von elektrischen Apparaten und Maschinen sind einander gegenübergestellt.

Um das prächtige Buch tunlichst allen Mitgliedern zu gänglich zu machen, hat sich der Vorstand entschlossen, es an Mitglieder zu dem sehr niedrigen Preise von 10 RM — der noch unter der Hälfte der Selbstkosten liegt — abzugeben. Für Nichtmitglieder beträgt der Preis 20 RM. Bei Versand durch die Post kommt hierzu jeweils ein Betrag von 1,20 RM. Bestellungen nimmt die Geschäftstelle des Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a, entgegen.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 11: Wer stellt Einführungsbüchsen für Flachendverschlüsse nach DIN VDE 7690 her?

Frage 12: Welche deutsche Fabrik stellt Permalloy-Blech für Transformatoren her?

Frage 13: Wer ist der Hersteller des Hadi-Heizkissens?

Frage 14: Wer stellt elektrische Kaffeeröster her?

Branchenregister.

Diesem Heft liegt ein aus seinen Anzeigen zusammengestelltes Branchenregister bei, das eine Übersicht über das Fabrikationsprogramm der elektrotechnischen Industrie und ihrer Zulieferanten bietet; weitere Exemplare können von der Anzeigenabteilung der ETZ, Berlin W 9, bezogen werden.

Das Inserentenverzeichnis ermöglicht die rasche Aufsuchung der Firmenanzeigen. Es empfiehlt sich, den Anzeigenteil als Nachschlagebehelf für den Bedarfsfall aufzubewahren.

Das Branchenverzeichnis soll weiter ausgebaut werden; wir bitten die Leser um genaue Durchsicht und um Anregungen.

Abschluß des Heftes: 22. Februar 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 20500 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Fernmeßeinrichtungen.

Mitteilung der AEG.

Die planmäßige, wirtschaftliche Energieverteilung ist zur wichtigsten Aufgabe der modernen Großversorgung geworden. Sie hat zum Zusammenschluß fast aller großen Netze geführt. Damit ist zwar die Möglichkeit zu rationeller Beteiligung von Dampf- und Wasserkräften an der Gesamtlieferung gegeben, die Einhaltung der Energieverteilungspläne stößt jedoch auf Schwierigkeiten, die mit den bisher zur Verfügung stehenden Mitteln nur unvollkommen gelöst werden können.

So muß z. B. die Wattmeterangabe einer Übergabestation zwischen zwei Netzen telephonisch dem Führerkraftwerk übermittelt werden, weil dessen Maschinen den Unterschied zwischen dem planmäßigen Sollwert und dem tatsächlich auftretenden Wert der Übergabeleistung ausgleichen müssen. Welche Vorteile hier eine Fernmessung, womöglich verbunden mit automatischer Fernregelung, hätte, ist leicht zu erkennen. Sind mehrere Übergabestellen zwischen zwei Netzen vorhanden, so muß man, um ein Bild über den Energieaustausch zu gewinnen, die Leistungen aller Übergabestellen summieren, eine Aufgabe, die sich überhaupt nur mit Hilfe einer Fernmessung einwandfrei ermöglichen läßt.

Die AEG hat, auf dem Impulszeitprinzip und dem Kompensationsprinzip aufbauend, Fernmeßapparaturen entwickelt, die den Anforderungen der Praxis in allen Fällen gerecht werden dürften. Das eine von beiden, das AEG-Impulszeit-Fernmeßverfahren arbeitet mit Stromimpulsen, deren Zeitdauer proportional dem jeweiligen fernzumessenden Zeigerausschlag ist. Da eine Zeitgröße die Anzeige des Empfangsinstrumentes bestimmt, wird man von der Art des Übertragungsmittels und damit auch von der Entfernung zwischen Meßort und Beobachtungsstelle unabhängig.

Bestehende, bereits anderen Zwecken dienende Leitungen lassen sich durch Kunstschaltungen, Unterlagerung mit Gleich- und Wechselströmen, Hochfrequenz-Überlagerung usw. für die Übertragung mitbenutzen, ohne den Betrieb, für den diese Leitungen ursprünglich bestimmt waren, zu beeinträchtigen. Unabhängig von der physikalischen Eigenschaft des

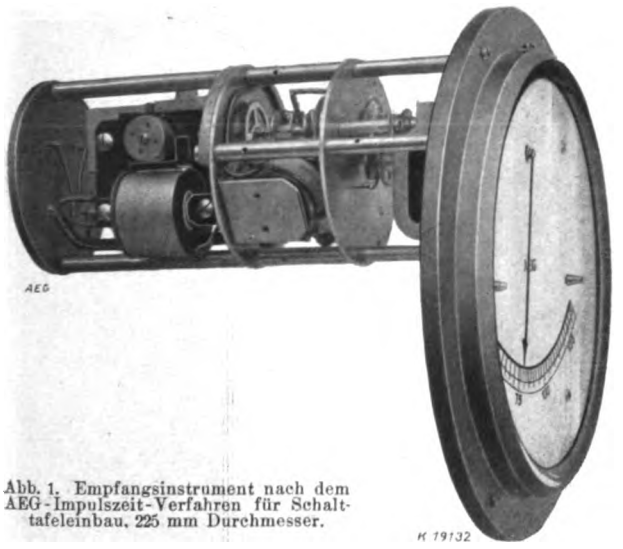


Abb. 1. Empfangsinstrument nach dem AEG-Impulszeit-Verfahren für Schalttafeleinbau, 225 mm Durchmesser.

Meßwertes genügen für die Zeit-Impuls-Übertragung zwei Leitungen bzw. eine Leitung und Erde oder ein künstlicher Übertragungskanal, der durch Anwendung der vorerwähnten Übertragungsmethoden auf einer Leitung geschaffen wird. Da die Übertragung eines Meßwertes nur wenige Sekunden dauert, können in kurzer Zeit auf dem gleichen Verbindungskanal eine große Anzahl von verschiedenen Meßwerten hintereinander übertragen werden. Hierin liegt ein besonderer Vorteil der Impulszeit-Methode, da die Zahl der Übertragungskanäle zwischen zwei Stationen aus wirtschaftlichen Gründen möglichst zu beschränken ist.

Die Summierung verschiedener Meßwerte ist denkbar einfach, da man nur die einzelnen zu summierenden Zeitimpulse nacheinander einem gemeinsamen Empfänger zuzuführen braucht, dessen Zeiger dann entsprechend der Summe aller Zeitimpulse eingestellt wird. Als Ausgangsinstrument für die Abtastung werden vornehmlich normale ferrodynamische Meßgeräte verwendet, in die der Fernmeßsender eingebaut wird. Ein erhöhtes Drehmoment ist nicht erforderlich. Da zur Beurteilung der Tendenz einer Leistungskurve der Augenblickswert der Leistung von geringerer Bedeutung ist als ein über eine gewisse Zeit gemessener Mittelwert, wurde ein von einem Zähler gesteuerter Mittelwertgeber entwickelt für Integrationszeiten von 1 min aufwärts. Die Übertragung der Mittelwerte erfolgt in regelmäßigen Intervallen. Dieses Verfahren ist besonders dann angebracht, wenn über den gleichen Kanal nacheinander eine größere Anzahl von Meßwerten zu übertragen ist. Als Empfangsgeräte für dieses Impulszeit-System kommen anzeigende, registrierende und auch mehrfarbenschreibende Instrumente in Frage (Abb. 1).

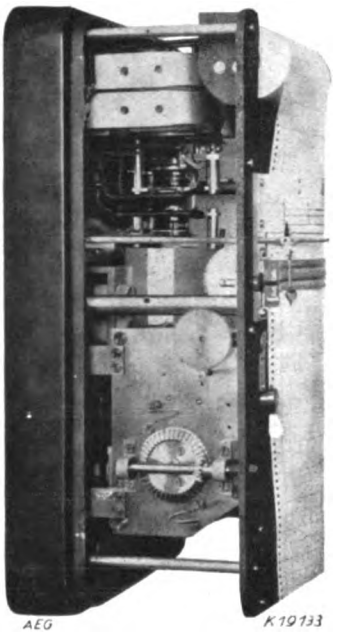


Abb. 2. Innerer Aufbau des registrierenden Fernmeßgebers, Kompensations-System (AEG).

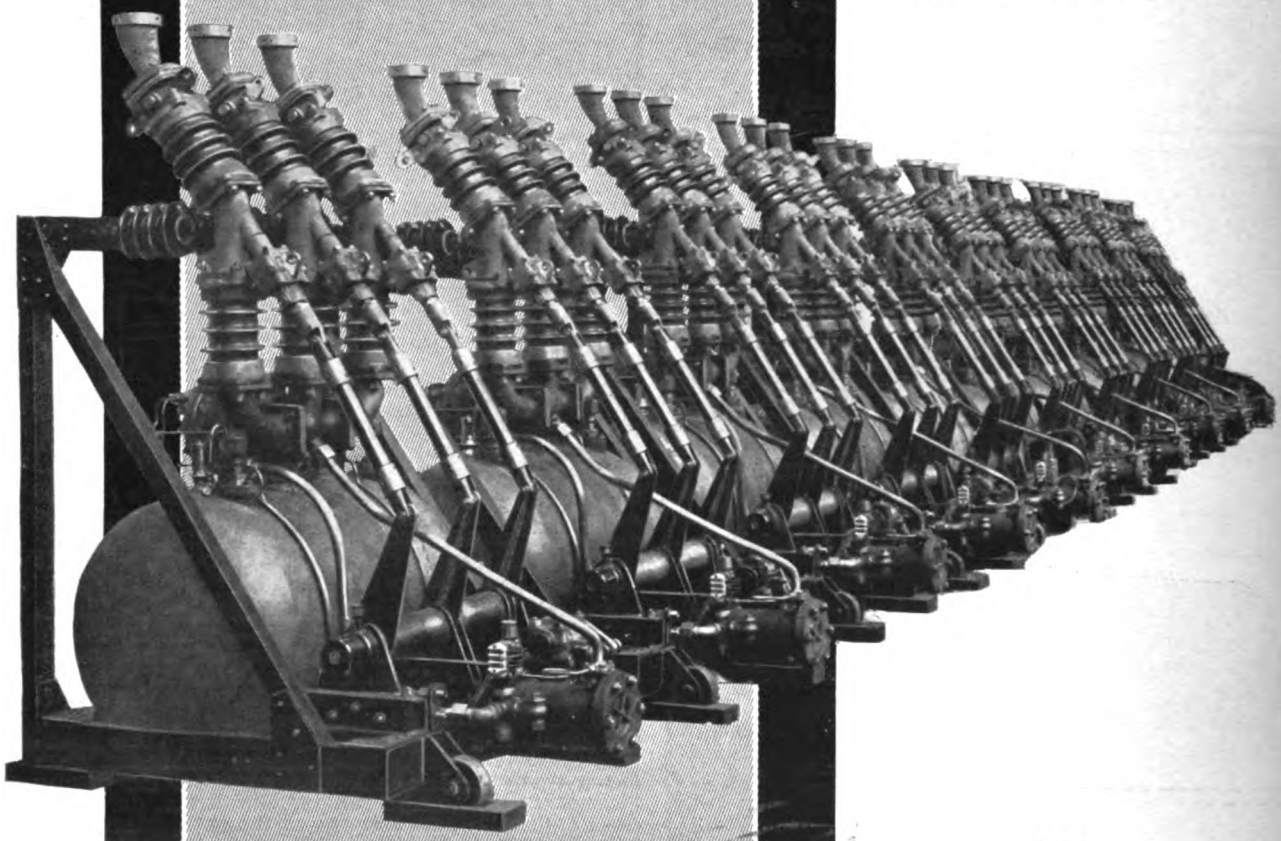
Bisweilen — ganz besonders in städtischen Netzen mit relativ kurzen Entfernungen — wird die Forderung gestellt, die Fernmeßwerte möglichst kontinuierlich zu übertragen, um auch schnelle Meßwertschwankungen zu erfassen. Hierfür wurde das AEG-Kompensations-Fernmeßverfahren entwickelt, das nach Schnellregler-Prinzip arbeitet. Das Drehmoment des Ausgangs-Meß-Systemes wird automatisch durch einen Hilfsstrom kompensiert, der ein zweites Meßsystem durchfließt. Dieser Hilfsstrom, der durch die Fernleitung zum Anzeigeinstrument geführt wird, ist proportional der Meßgröße. Da es sich hier um eine Gleichstrom-Übertragung handelt, müssen besondere Leitungen zur Verfügung stehen. Der Vorteil dieses Meßsystemes liegt in der fast gleichzeitigen, in Bruchteilen einer Sekunde folgenden Anzeige jeder Änderung der Meßgröße, weiterhin darin, daß die dem Verfahren eigene große Meßgenauigkeit weder durch Schwankungen der Hilfsstromquelle noch durch Änderung der Widerstände der Übertragungsleitungen beeinträchtigt wird. Als Empfangsinstrumente dienen normale Drehspulengeräte, die entweder als Anzeige- oder als Registrierinstrumente geliefert werden. Auch das Sendegerät (Abb. 2) kann, wie beim Impulszeit-Verfahren, mit Registriereinrichtung versehen werden.

Schließlich sei noch erwähnt, daß sich beide Fernmeßsysteme auch zur Fernübertragung von Wasserstands-, Druckmessungen usw. eignen.

Digitized by Google

AEG

DRUCKGAS-SCHALTER



Schalterreihe Form CP10/600
Reihe 10/600 A
Ausführung für Innenräume

FÜR 10-100 kV

WEINBERG

FÜR INNENRÄUME UND FREILUFTANLAGEN

Digitized by Google

MAR 26 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

China als Elektromarkt. Von A. Friedrich. 345

Ein halbes Jahrhundert deutscher Elektrotechnik — Das fünfzigjährige Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins. 348

Neuzeitliche Selbstschalter. Von H. Besold. 350

Vergrößerung der Leistungsfähigkeit und Anwendungsmöglichkeit von Meßgeräten durch Verwendung einfacher Hilfsmittel. Von Bluhm. 353

Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn. Von W. Reichel. (Fortsetz.) 354

Eigene Krafterzeugung oder Strombezug. Von Schultze/Rollwagen. 359

Rundschau:

Elektr. Frühbeetheiz. 348 — Drahtlose Fernlenk. v. Fahrzeugen. 360 — Zusatzisolator f. Hochspannungsisolator. 361 — Der Magnetisierungsstrom eines asynchr. Drehstrommotors, welcher ein Wechseldrehfeld besitzt. 361 — Überstromrelais m. kurzschlußsich. Strommesser. 361 — Universal-Schutzwandler. 362 — Ein neues Ladegerät. 362 — Neue Zähler der Bergmann-Elektricitäts-Werke. 363 — Äußere Einflüsse b. d. Mess. dielektr. Verl. v. Hartpapierdurchführ. 363. — Lichttechn. Berechnungen f. Leuchtturmoptiken. 364 — Baustellenbeleuchtung durch Scheinwerfer. 364 — Krawattenbügler. 364 — El. Kühlwasser- u. Unterstellraum-Heiz. f. Kraftfahrzeuge. 364 — Straßenbahn-Gelenkzug Dresden. 365 — Kipperkatzen-Verladeanlagen. 365. — Ersatz v. Dampfantrieben durch elektr. Antriebe v. Walzenstraßen. 366 — Pflanzenwachstum u. künstl. Beleucht. 368. — Übersicht über die Fernsprechbeziehungen zwischen d. Ländern Europas. 369 — Ein Lösungsverf. für Potentialprobleme. 369 — Wahl von Zähnezahl u. Eingriffswinkel von Evolventen-Zahnrädern. 370 — Zweite Überseewoche in Hannover. 370 — Feuerschutz-Woche. 371 — Isolierung. gegen Schall u. Erschütterungen. 371 — Besucherzahlen der dt. Techn. Hochschulen. 371 — Energiewirtschaft. 371

Vereinsnachrichten. 372

Sitzungskalender. 373

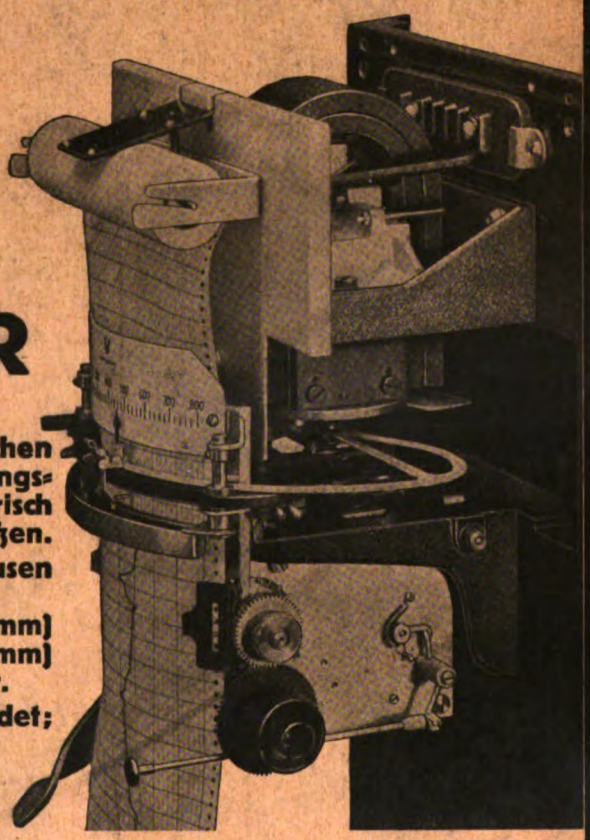
Persönliches. O. Nußbaumer, J. Kremeczky, Auszeichnungen. 374

Literatur. A. Thomälen, E. Morelli, A. Lischka, F. O. Morgner. 374

Geschäftl. Mitteilungen. 375

Bezugsquellenverzeichnis. 376

H&B
LINIENSCHREIBER



zur fortlaufenden Aufzeichnung von elektrischen Meßgrößen (Strom, Spannung, Leistung, Leistungsfaktor, Frequenz, Widerstand) sowie von elektrisch fernübertragenen wärmetechnischen Meßgrößen.

In schönen spritzwasserdichten Gehäusen
für Schalttafel-Aufbau und -Einbau
in großer Form (Streifenbreite 135 mm)
in kleiner Form (Streifenbreite 90 mm)
in Sonderausführung als Zeitschreiber.

Linienschreiber sind vollkommen durchgebildet; sie arbeiten zuverlässig und störungfrei.

Alle Einzelheiten in Teil II der „Blauen Liste", die auf Anfrage bereitwillig zugesandt wird.

HARTMANN & BRAUN AG
FRANKFURT AM MAIN

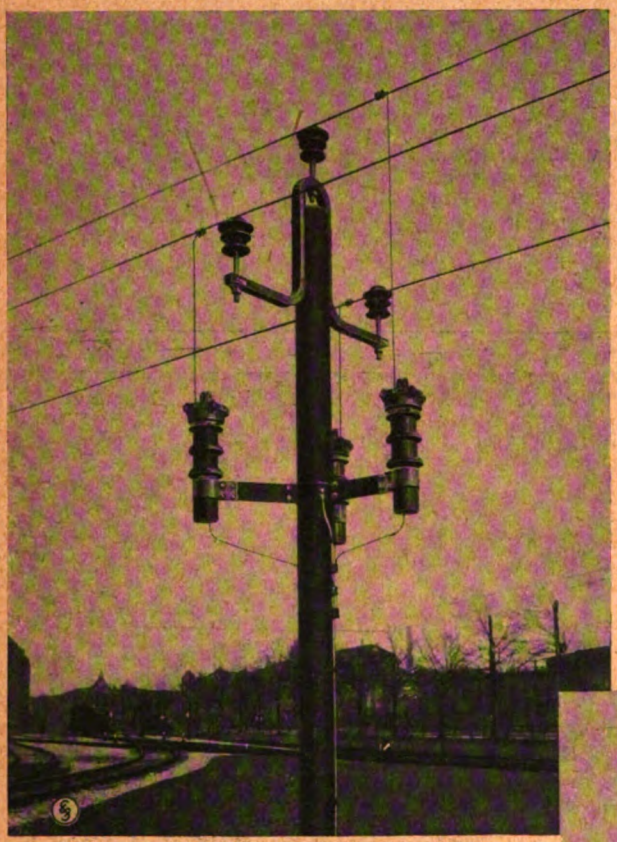
10. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(345-376) 6. MÄRZ 1930

VDE-Vorschriftenbuch 17. Auflage (1930) ist erschienen
Zu beziehen durch Verlag des »VDE«, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68

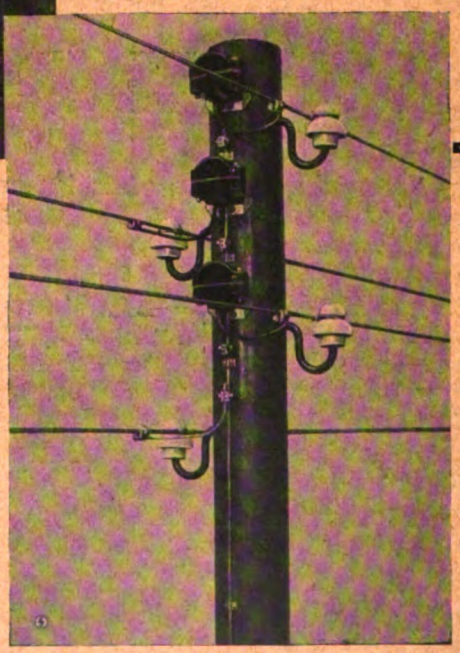
Digitized by Google

Kathodenfall-Ableiter

Überspannungs-Schutzgerät für Wechselstromnetze



für Hochspannungs-Anlagen (bis 15 kV)



für Niederspannungs-Anlagen

SIEMENS-SCHUCKERT

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 6. März 1930** **Heft 10**

China als Elektromarkt.

Von **A. Friedrich**, Berlin.

Übersicht. China hat zwar bisher als Markt für elektrotechnische Erzeugnisse nur eine verhältnismäßig geringe Rolle gespielt, doch lenken Berichte aus jüngster Zeit und die Ausreise einer industriellen China-Studienkommission des Reichsverbandes der Deutschen Industrie, in der Prof. Dr.-Ing. E. h. G. Dettmar die Elektrowirtschaft vertritt, die Aufmerksamkeit stark auf die gewaltige Entwicklungsmöglichkeit des Landes. Obgleich sich mangels ausreichender statistischer Unterlagen gegenwärtig nur erst lückenhaftes Material über den heutigen Entwicklungstand und die Aufbauaussichten geben läßt, dürfte doch die folgende Zusammenstellung aller erfaßbaren, wenn auch nicht nachprüfbaren Tatsachen als Anregung, diesem zukunftsreichen Markt Interesse zuzuwenden, gerade jetzt Beachtung verdienen.

Im Jahre 1928 wurden aus Deutschland nur für 6,73 Mill RM elektrotechnische Erzeugnisse nach China ausgeführt, d. h. 1,3 % der gesamten Elektroausfuhr Deutschlands; 1929 waren es 8,36 Mill RM oder ebenfalls 1,3 % des auf 638,2 Mill RM gesteigerten Gesamtexports. Trotz dieser geringen Rolle des chinesischen Marktes sollte man nicht die großen Zukunftsmöglichkeiten übersehen, die dort vorhanden sind. In China vollzieht sich, was in Japan früher und in schnellerem Tempo vor sich ging, seit Jahren eine modern-industrielle Durchdringung, womit auch die Umstellung des Wirtschaftslebens auf elektrische Arbeit eingeleitet ist. Die Entwicklung wurde durch Wirtschaftsbeunruhigungen militärischer und politischer Art und durch das dadurch veranlaßte langjährige Fernbleiben ausländischen Kapitals verlangsamt; aber selbst für gute Chinakenner ist es erstaunlich, mit welchem Eifer die Chinesen, nachdem sie die Vorteile elektrischer Beleuchtung und elektrischer Antriebskraft kennengelernt hatten, an die Errichtung von Elektrizitätsanlagen gegangen sind, meist freilich Miniaturanlagen mit Leistungen von einigen hundert oder noch weniger Kilowatt.

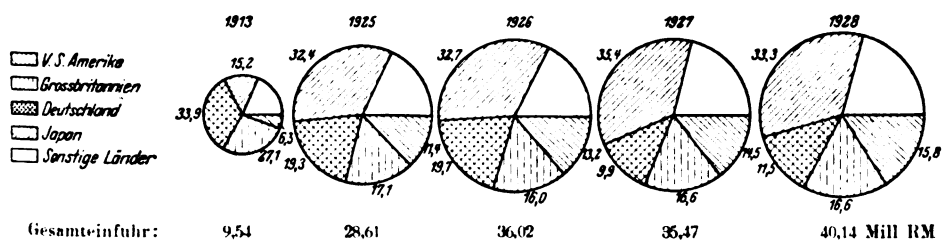


Abb. 1. Prozentualer Anteil der Länder an der Elektroeinfuhr Chinas[1].

Für viele deutsche Firmen mag das Geschäft, sofern eigene Vertriebsorganisationen in Shanghai und anderen Zentren nicht vorhanden sind, also wohl für die meisten Spezialfirmen, bisher oftmals nicht verlockend gewesen sein; während augenblicklich die Entwicklungsmöglichkeiten noch beschränkt sind, bemühen sich zahlreiche Elektrofirmen aller Industrieländer um die Bearbeitung dieses Marktes. Der daher verhältnismäßig scharf gewordene Wettbewerb drückt auf die Preise; außerdem vermindert die auch heute noch meist unentbehrliche Vermittlerfunktion des Compradore die Gewinnanteile der Lieferfirma; das Dazwischentreten kriegerischer Ereignisse oder auch mangelhafte kaufmännische Vorbereitungen der chinesischen Besteller haben oft zu ärgerlichen Fehldispositionen geführt. Vielfach fehlen auch Unterlagen zur Beurteilung, welchen speziellen Bedürfnissen elektrische Haushaltapparate, Beleuchtungskörper usw. anzupassen sind. Weiterhin spielt insbesondere bei größeren Aufträgen die Bestechung der in Frage kommenden Personen, Behörden usw. („squeeze") auch heute noch eine große Rolle. Schließlich ist eine mehr oder weniger ausgedehnte Zielsetzung üblich, zu der sich vor allem kleinere und mittlere Firmen nicht immer kapitalkräftig genug fühlen.

Diesen und anderen Schwierigkeiten — die hier absichtlich an die Spitze der Darstellung gesetzt wurden, weil ein übertriebener Optimismus der wünschenswerten Entwicklung nur schädlich sein kann — steht aber die Erwägung gegenüber, daß es heute vielleicht immer noch leichter ist, auf dem chinesischen Markt Fuß zu fassen und an Boden zu gewinnen als später, zumal jetzt bereits amerikanische Firmen vermöge ihrer unvergleichlichen Kapitalkraft die Erlangung monopolartiger Stellungen eingeleitet haben. Es ist eine alte Erfahrung, daß den einmal vollzogenen Lieferverträgen — besonders bei Produktionsmitteln — später meist weitere Aufträge zu folgen pflegen.

Soweit Firmen nicht in der Lage sind, sich in China eigene Vertretungen zu leisten, sei an das amerikanische Beispiel des Zusammengehens gleichartiger Unternehmungen zwecks gemeinsamer Markterforschung, Propaganda und Absatzorganisierung auf ausländischen Märkten erinnert. In China spielt vor allem auch die Betonung bestimmter Warenmarken und Firmenzeichen eine Rolle. Je sorgfältiger hier Vorbereitungen getroffen werden, je mehr es etwaigen China-Vertretungen durch sprachkundige Fachleute möglich ist, den Compradore in seinen Verhandlungen mit den eigentlichen Abnehmern zu kontrollieren oder auch ganz auszuschalten, je eingehender spezielle chinesische Bedürfnisse untersucht werden können, um so größere Vorteile wird das Geschäft bieten. Der folgende Bericht über die bisherige Größe des chinesischen Elektromarktes und den gegenwärtigen Stand der Elektrisierung des Landes mag vielleicht als Anregung in dieser Richtung dienen.

Elektrotechnische Einfuhr und Eigenerzeugung Chinas.

Das eigentliche China (19 Provinzen, Ostturkestan und Tibet nicht eingerechnet) hat einen Flächeninhalt von 4,993 Mill km², nimmt also einen fast elfmal größeren Raum ein als Deutschland. Der Gesamtverbrauch der hier lebenden 434 Mill Einwohner an elektrotechnischen Erzeugnissen wurde für 1925 von englischer Seite auf 1,7 Mill £, d. h. auf noch nicht 35 Mill RM geschätzt, was einem Verbrauch von 0,08 RM je Kopf der Bevölkerung gegenüber 28,80 RM in Deutschland (1925) entspricht[2]). Diese Ziffern dürften sich inzwischen bestenfalls verdoppelt haben; ausreichende statistische Unterlagen für die Entwicklung des Bedarfs sind allerdings nur insoweit vorhanden, als er durch Einfuhr gedeckt wird.

Die Entwicklung der chinesischen Elektroeinfuhr, wie sie sich aus Abb. 1 und den Zahlentafeln 1, 2 und 3 ergibt, führt zu folgenden Feststellungen:

[1] Entworfen nach Mitteilungen des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie.

[2] Monographie über die elektrotechnische Industrie, im Februar 1927 von der British Electrical and Allied Manufacturers' Association für die Genfer Weltwirtschaftskonferenz herausgegeben.

Digitized by Google

1. Einfuhr Chinas nach Warengruppen in Mill RM*.

Erzeugnisse	1925	1926	1927	1928
Telegraphie und Telephonie	3,78	6,42	5,97	5,51
Kabel und isolierte Drähte	5,14	7,03	5,75	9,81
Motoren, Transformatoren	4,06	3,44	3,10	3,40
Glühlampen	3,75	3,65	2,83	3,82
Lampenzubehör	0,78	1,06	1,67	2,96
Zähler	1,10	0,94	1,16	1,26
Ventilatoren	1,09	1,12	1,10	1,07
Schaltapparate	0,85	0,85	0,68	0,66
Sonstige Apparate	7,92	10,44	12,23	10,71

* Nach dem Statistischen Bericht 1929, S. 209, und späteren Mitteilungen des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie.

2. Deutschlands Elektroausfuhr nach China in Mill RM.

	1913*	1925†	1926†	1927†	1928†
Insgesamt	3,54	5,94	8,51	4,90	6,73
in % der deutschen Gesamtausfuhr	1,1	1,6	2,1	1,1	1,3
davon:					
elektrische Maschinen	0,56	1,24	1,22	0,89	1,08
Kabel, isolierte Leitungen	0,94	1,02	0,87	0,64	1,00
Meß-, Zählvorrichtungen	0,15	0,49	0,35	0,30	0,33
Telephonie und Telegraphie mit Draht	0,25	0,54	2,64	0,50	0,75
Drahtlose Telephonie und Telegraphie	0,09	0,74	1,07	0,33	0,51
Glühlampen	0,90	0,85	1,13	1,09	1,71

* Zusammengestellt nach dem Geschäftsbericht des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie 1926.
† Nach dessen Statistischem Bericht 1929.

3. Chinas Anteil an der Welt-Elektroeinfuhr.

Jahr	Welteinfuhr* Mill RM	Einfuhr Chinas Mill RM	Anteil Chinas in %
1913	507,1	9,54	1,9
1925	1249,2	28,61	2,2
1926	1335,0	36,02	2,6
1927	1484,8	35,47	2,3
1928	1711,1	40,14	2,3

* Welteinfuhr = Einfuhr von 45 Ländern, zusammengestellt nach Angaben des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie.

1. Trotz erheblicher absoluter Vergrößerung der chinesischen Elektroeinfuhr seit der Vorkriegszeit hat sich der Anteil Chinas an der Welteinfuhr nicht wesentlich erhöht, ein Zeichen, daß das internationale Durchschnittstempo der Elektrisierung trotz seiner Rückständigkeit bisher noch kaum überschritten wird.
2. Das Vordringen amerikanischer und japanischer Waren vollzog sich vor allem auf Kosten Deutschlands und Großbritanniens. Während 1913 der Anteil dieser beiden Länder zusammen 61 % betrug, war er bis 1927 auf 26,5 % gesunken; gleichzeitig stieg der Anteil der V. S. Amerika und Japans zusammen von 21,5 auf 49,9 %.
3. Die chinesische Einfuhr an Elektromotoren, Transformatoren, Kabeln usw. zeigt in den letzten Jahren kein Anwachsen, was darauf hindeutet, daß sich das Tempo des Ausbaues von Elektrizitätswerken und Verteilungsnetzen nicht beschleunigt hat.

Die in den Zahlentafeln bestehenden Unterschiede in den Ziffern der deutschen Elektroeinfuhr nach China (deutsche Statistik) und der chinesischen Einfuhr aus Deutschland (chinesische Statistik) ergeben sich vor allem aus der Einrechnung Hongkongs in die Chinaausfuhr Deutschlands.

Besonders bemerkenswert ist das ununterbrochene Anwachsen der amerikanischen Elektroausfuhr nach China. In den Jahren 1926, 1927 und 1928 stieg sie von 1.27 und 1.19 auf 2.04 Mill $. Im ersten Halbjahr 1928 gingen für 3.99 Mill $ Maschinen und elektrotechnische Erzeugnisse nach China, im ersten Halbjahr 1929 für 6,80 Mill $[3].

Die elektrotechnische Eigenerzeugung Chinas erstreckt sich auf kleinere Generatoren, Transformatoren, Motoren, Glühlampen, Haushaltsapparate und verschiedenes Schwachstrommaterial. Außer den in Zahlentafel 4 aufgezählten Firmen sind noch zu nennen die Shanghai Electric Construction Co. in Shanghai (englisch), die Kobe Electric Works Ltd. in Shanghai (japanisch), die Peking Electric Co. Ltd. in Peiping sowie die Chinese National Engineering & Manufacturing Co. in Shanghai. Es kann allerdings nicht beurteilt werden, ob es sich nicht bei der einen oder anderen erwähnten Firma nur um eine Verkaufsgesellschaft handelt.

[3] Commerce Reports v. 19. III. 1928, 11. III. u. 2. IX. 1929.

4. Chinesische elektrotechnische Gesellschaften.

Name der Gesellschaft	Kontrollierende Firmen
China General Edison Co. Inc., Shanghai.	International General Electric Co., New York.
General Electric Co. of China Ltd., Shanghai.	General Electric Co. Ltd., London.
Westinghouse Electric International Co., Tientsin	Westinghouse International Electric Co., New York.
China Electric Co., Tientsin.	International Standard Electric Corp., New York (International Telephone & Telegraph Corp.).
Chinese National Wireless Telegraph Co., Peiping	Marconi Wireless Telegraph Co. Ltd., London.

Auf einzelnen Gebieten — Ventilatoren, Glühlampen, Isolationsmaterial — war zeitweise der Wettbewerb chinesischer Erzeugnisse so scharf, daß die Preise eingeführter Waren erheblich zurückgingen. Für Glühlampen besteht jedoch seit 1925 in Verbindung mit dem internationalen Glühlampenkartell in Genf eine Preiskonvention.

Haushaltsapparate haben im allgemeinen noch beschränkte Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere wegen der außerhalb der ganz großen Städte meist sehr hohen Stromtarife sowie wegen der Billigkeit der Arbeitskräfte. Elektrische Ventilatoren werden besonders in den südlichen Provinzen gern benutzt, müssen aber infolge des ziemlich feuchten Klimas ausreichend wasserdicht isoliert sein. Motoren werden in Spinnereien, Webereien, verschiedenen Mühlen und anderen Industriezweigen in wachsender Zahl angewandt. Vor einigen Monaten wurde aus der Gegend von Futschau von erfolgreichen Versuchen berichtet, kleinere Motoren bis zu 20 PS zum Antrieb von Pumpen zu verwenden, die der Wasserzufuhr auf die Reisfelder dienen. In Glühlampen ist zeitweise das Angebot größer gewesen als die Nachfrage; Abnehmer ist vielfach nicht der Lichtverbraucher, sondern das Elektrizitätswerk, das die Lampen beim Lichtstrombezug weitervermietet, teils zu recht hohen Pauschalsätzen, in wachsendem Umfang aber jetzt auch in Verbindung mit Zählapparaten, deren Einfuhr infolgedessen stark zugenommen hat. Gute Aussichten bietet ferner der Verkauf von Beleuchtungsartikeln aller Art zu Zwecken der Lichtreklame. In den letzten Jahren hat sich der Absatz von Telegraphen- und Telephonmaterial immer umfangreicher entwickelt; trotz der Unruhen hat der Ausbau der Leitungen und Netze Fortschritte gemacht, und in den großen Handelszentren wird das Fernsprechwesen nach und nach auf automatischen Betrieb umgestellt.

Hauptlieferländer für Generatoren und Motoren sind Großbritannien, Deutschland, die Schweiz und die V. S. Amerika, für Glühlampen Deutschland und Japan, für Ventilatoren, Taschenlampen und Batterien die V. S. Amerika, für Schwachstrommaterial Großbritannien, Japan, die amerikanische Union und Deutschland.

Stromerzeugung größerer Elektrizitätswerke und Anwendungsgebiete.

Für 1927 wurde die installierte Leistung aller chinesischen Elektrizitätszentralen auf 430 000 kW geschätzt; sie verteilt sich auf Hunderte von Anlagen. Die gesamte Stromerzeugung dürfte auch gegenwärtig 2 Mrd kWh nicht erreicht haben. Würde der Elektrizitätsverbrauch Chinas je Kopf der Bevölkerung so hoch sein wie in Deutschland 1928 (442 kWh), so wäre die entsprechende Zahl etwa 192 Mrd kWh.

Energieträger sind Kohle, Öl, Gas und Wasserkraft. Die größeren Stadtkraftwerke verwenden meist Kohle, die kleineren vielfach Öl, insbesondere natürlich dort, wo die Heranschaffung von Kohle mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist.

Der bisherige Wasserkraftausbau ist minimal; bekannt ist ein Wasserkraftwerk am See Tien-She, 35 km von der Stadt Yünnanfu entfernt (1600 PS, mit deutschem Material errichtet) sowie eine kleinere Anlage bei Lungtau am Yangtsekiang (300 PS, von Chinesen errichtet). Die Bedingungen für weiteren Wasserkraftausbau sind vielfach gegeben, insbesondere werden wahrscheinlich die Stromschnellen des Yangtsekiang und die Gebirgswässer im Südwesten eine Rolle spielen, doch dürfte die meist große Ungleichmäßigkeit der abfließenden Wassermengen den Aus-

Digitized by Google

bau verschiedentlich recht erschweren. Im Jahre 1921 wurden die ausbaufähigen Wasserkräfte Chinas von amerikanischer Seite[4] zu rd. 20 Mill PS angegeben, also ebenso hoch wie die Kanadas. Allerdings ist dies eine ziemlich haltlose Schätzung, und die Gesamtmenge der ausbaufähigen Wasserkräfte dürfte sich wahrscheinlich bei späteren Erhebungen höher stellen. Übrigens würden 20 Mill PS 4 % des Weltvorrats an ausbaufähigen Wasserkräften bedeuten.

Auch die Schätzungen der chinesischen Kohlenvorräte gehen weit auseinander. Von deutscher Seite[5] wurden sie mit 995,6 Mrd t angegeben, wovon etwa 40 % auf Anthrazit und 60 % auf Steinkohle entfallen. Am kohlenreichsten sind die Provinzen Fengtien, Tschili, Schantung, Hunan, Kiangsu und Shansi. Die gegenwärtige Förderung beträgt etwa 20 Mill t, die Kohleneinfuhr und -ausfuhr je etwa 3 Mill t.

Einige wichtigere Zechengesellschaften sind in ausländischen Händen, doch haben einige modernisierte, von Chinesen geleitete Bergwerke in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Die beiden wichtigsten Kohleproduzenten sind die Fushun-Werke (Konzern der South Manchuria Railway Co.) sowie in Tschili die Kailan-Werke, die der englischen Chinese Engineering and Mining Co., Ltd. gehören. Fast zwei Fünftel der gesamten Kohlenförderung Chinas entfallen auf diese beiden Gruppen.

Die Abbaumöglichkeiten sind verschiedentlich sehr günstig; in Shansi gibt es beispielsweise reine Kohlenflöze von 10 m Mächtigkeit. Infolge der Rückständigkeit im Transportwesen kann damit gerechnet werden, daß Großkraftwerke, die unmittelbar bei den Zechen liegen, und Hochspannungsfreileitungen von hier aus nach den wichtigsten Verbrauchszentren in verhältnismäßig kurzer Zeit notwendig sein werden.

Die Zahl der Neugründungen elektrischer Werke war im letzten Jahrzehnt insgesamt sehr groß; teils handelte es sich um (meist kleine) Anlagen vorwiegend für Beleuchtungszwecke, teils um industrieeigene Kraftzentralen.

Die öffentlichen Werke sind zum größeren Teil in Händen privater Unternehmer, die von den Gemeinden Konzessionen erhalten haben, zum kleineren Teil in Händen der Gemeinden selbst oder gemischtwirtschaftlich. Da hier in den meisten Fällen die Elektrizitätsabgabe auf die Deckung des Lichtbedarfs beschränkt bleibt, so sind schon deswegen die Stromtarife infolge der geringen Benutzungsdauer sehr hoch. Die Rentabilität ist wohl auch vielfach nur sehr mäßig, zumal in den letzten Jahren von militärischen Stellen vielfach Strom bezogen, aber nicht bezahlt worden ist. Bilanzen und Geschäftsabschlüsse sind nur für einige größere Unternehmen veröffentlicht. Anderseits genießen die Gesellschaften meist ein weitgehendes Monopolrecht, das außer der Stromversorgung auch Lieferung und Installierung von Leitungen, Motoren, Apparaten und Glühlampen einschließt. Bei vielen Gesellschaften, so auch bei der von der South Manchuria Railway Co. kontrollierten South Manchuria Electric Co. geht der Monopolcharakter so weit, daß selbst Installationen aller Art den Stromverbrauchern nicht verkauft, sondern gegen meist hohe Gebühren vermietet werden. Dagegen sind die Werke als Gegenleistung für die Konzession oft verpflichtet, nicht nur die Straßenbeleuchtung unentgeltlich zu übernehmen, sondern auch an öffentliche Büros und höhere Beamte kostenlos Strom zu liefern; zuweilen müssen sie sich bei Maschinenbestellungen Aufschläge seitens der Aufsichtsstellen gefallen lassen. Selbstverständlich sind die Werke dann bestrebt, diese Belastungen durch entsprechende Tarife auf die Stromverbraucher abzuwälzen. Verschiedentlich versuchen die Verbraucher aber, sich auf ihre Weise zu helfen, und Klagen der Werke über betrügerischen „Schwarzverbrauch" werden sehr zahlreich laut. In Verbindung mit solchen weitgehenden Monopolen erhält die Frage, wer solche Werke finanziert oder beeinflußt, oft eine besondere Bedeutung.

Ansätze zu Überlandleitungen finden sich nur erst an einigen wenigen Stellen. So wird z. B. die Mukdener Anlage der South Manchuria Electric Co. von einem rd. 140 km südwestlich von Mukden gelegenen Kraftwerk über eine 44 kV-Leitung mit Elektrizität versorgt; die Chapei Electric & Water Works Co., Ltd. (Shanghai) erhält ihren Strom z. T. von einer westlich von Shanghai liegenden Zentrale über eine 33 kV-Leitung. Zu beiden Fernleitungen, die 1923 und 1924 entstanden, wurde deutsches Material in größerem Umfang verwandt. Die Fernbelieferung von Yünnanfu wurde bereits erwähnt.

Für einige wichtigere Provinzen lassen sich die folgenden Angaben machen, die sich, sofern nichts anderes gesagt ist, im allgemeinen auf das Jahr 1927 beziehen.

Mandschurei: Hier arbeiteten mindestens 30 Elektrizitätswerke mit einer installierten Leistung von je über 100 kW. Die sechs Werke der South Manchuria Electric Co. in Dairen, Mukden, Changchun, Antung, Fushun und Anshang gaben im Jahre 1928 etwa 75 ... 80 Mill kWh ab. Weitere größere Werke, die in Zahlentafel 4 nicht genannt werden, aber installierte Leistungen zwischen 3000 und 5500 kW aufweisen, finden sich in Harbin, Kirin und Penhsihu.

Nordchina: In den Provinzen Tschili, Shansi und Honan sind (einschl. Peiping) etwas über 40 Elektrizitätswerke bekannt; außer den in Zahlentafel 4 aufgezählten sind noch zu nennen in Paotingfu die Paoting Electric Light Co. (1872 kW), in Tongshan die Elektrizitätswerke der Tschihsin-Zementfabriken (6000 kW) und in Taiyuanfu das Arsenal-Elektrizitätswerk (1000 kW). Die Leistungen aller übrigen Werke liegen unter 1000 kW, einige weisen nur 60, 70 oder 75 kW auf, und die Taiku Electric Light Co. verfügt z. B. nur über 12 kW. In Ost-Shantung arbeiten, soweit bekannt, 7 Elektrizitätswerke (5 mit Dampfkraft, 2 mit Ölmotoren).

Mittel- und Südchina: In den Provinzen Anhwei, Tschekiang, Fukien, Kiangsi und Kiangsu waren 103 Elektrizitätswerke mit rd. 160 000 kW bekannt, wovon der weitaus größte Teil auf Kiangsu (in der Hauptsache Shanghai) entfiel. In den Provinzen Hupeh und Hunan arbeiten 55 Elektrizitätswerke mit zusammen fast 45 000 kW Leistungsfähigkeit. Erwähnenswert ist außer den Werken, die Zahlentafel 4 nennt, noch in Tschansha die Kwanghua Electric Light Co. (die übrigens auch in Sinnyang eine Anlage betreibt) mit 1500 kW. In der Provinz Szetschuan verfügten sechs Werke über insgesamt 500 ... 600 kW.

In den südlichen Provinzen Kuangsi, Yünnan, Kwantung usw. waren 34 Elektrizitätswerke vorhanden, auch hier die meisten mit nur kleiner Leistung.

Das bei weitem größte Elektrizitätswerk Chinas ist das Großkraftwerk der internationalen Niederlassung Shanghai, das zu Beginn des Jahres vom Shanghai Municipal Council an die American and Foreign Power Co. (Konzern Electric Bond and Share Co.) überging. Es konnte seine Stromabgabe von 78,5 Mill kWh in 1917 auf 458,4 Mill kWh in 1928 steigern. Die Erzeugung betrug im letztgenannten Jahr 527,78 Mill. kWh und wird nach Meinung der American and Foreign Power Co. 1929 rd. 600 Mill kWh überschreiten. Von der Stromabgabe des Jahres 1927 (rd. 400 Mill kWh) entfielen 350 Mill kWh auf Kraft- und Bahnstrom, fast 40 Mill kWh auf privaten Lichtverbrauch, rd. 3 Mill kWh auf Straßenbeleuchtung und 7 Mill kWh auf Heiz- und Kochstrom. Beschäftigt werden etwa 3400 Personen, davon 300 Europäer. Die Einnahmen beliefen sich 1927 auf 11,43 und 1928 auf 12,85 Mill Taels, ein Ergebnis, das nicht zufriedenstellend war. 1928/1929 erfolgte die Aufstellung von zwei neuen Turbinen, wodurch die Leistung des Werkes von 121 000 auf 161 000 kW gebracht worden ist.

Für 21 öffentliche Elektrizitätswerke größeren Formats finden sich zusammenfassende Angaben in Zahlentafel 5[6], die jedoch infolge verschiedentlich ungenauer Leistungsbezeichnung, des Fehlens von Jahreszahlen usw. nicht Anspruch auf absolute Zuverlässigkeit machen können; sie dürften immerhin den Stand der größeren Stadtkraftwerke veranschaulichen.

Die chinesischen Straßenbahngesellschaften sind meist rentable Unternehmen; für verhältnismäßig gute Einnahmen sorgt vor allem die übliche Überfüllung der Wagen. Der Ausbau des elektrischen Straßenbahnwesens wäre vielen Gemeinden erwünscht, ist aber meist wegen der winkligen Stadtanlagen und der zahllosen kleinen Gassen mit großen Schwierigkeiten verbunden.

Von sonstigen starkstromtechnischen Anwendungsgebieten läßt sich etwa folgendes sagen: Der Mehrbedarf an Motoren ist gegenwärtig entsprechend den bisher langsamen Fortschritten der Industrialisierung verhältnismäßig gering gewesen. Rohstoffe zum Aufbau elektrochemischer und -metallurgischer Unternehmungen sind in großer Menge vorhanden, doch ist bisher von Plänen in dieser Richtung noch nichts bekannt geworden. Das gleiche gilt von der Elektrisierung von Vollbahnstrecken.

In Anlehnung an den bekannten Aufbauplan Sun Yatsens hat der Verkehrsminister Sun Fo ein Aufbaupro-

[4] World Atlas of Commercial Geology, Part II, Water Power of World, Washington 1921.
[5] F. Frech, Die Kohlenvorräte der Welt 1917.

[6] Zusammengestellt nach The Electrician Annual Tables of Electricity Undertakings, London 1929, der El. Review, der El. World sowie für französische Firmen nach der Agence Economique et Financière.

Digitized by Google

5. Größere Stadtkraftwerke in China 1928.

Stadt[1]	Unternehmer	Einwohner des Versorgungsgebiets in 1000	Stromverbraucher	Installierte Maschinenleistung kW	Jahreserzeugung Mill kWh	Verbrauchsspannung V
Canton (1924)	Kwang Tung Electric Supply Co., Ltd.	1 500	27 000	11 740	—	100/110 u. 200/220
Futschau	Foochow Electric Co.	650	12 500	2 500	4	110 u. 220
Hankau	Hankow Waterworks & Electric Light Co. Ltd.	--	15 540	12 300	14	220 u. 440
„	Hankow Light and Power Co. (engl.)	--	—	—	—	220 u. 440
„	Melchers & Co. (deutsch)	—	—	612	—	220 u. 440
„	Taisho Electric Light Works (japanisch)	—	—	—	—	220 u. 440
Shanghai	American & Foreign Power Co.	1 000	51 000[5]	161 000[5]	458	200 u. 350
„	Chinese Electric Power Co.	—	—	11 200	—	
„ (1928/29)	Cie. Française de Tramways et d'Eclairage Electriques	358,3	18 944	13 850[2]	14	200/115
„ -Chapei (1927)	Chapei Electric & Water Works Co. Ltd.	350	9 500	25 000[2]	26	200 u. 350
Tsinanfu	Shantung Electric Light Co.	100	—	420	—	100 u. 190
Tientsin	Brit. Municipal Council	40	3 124	7 500	8	220 u. 380
„ (1922/28)	Cie. des Tramways et d'Eclairage de Tientsin (belg.)	600	9 500	8 400	—	220
„	S. A. de l'Energie Electrique (französisch)	—	3 500	7 100	—	220
Peiping (1926)	Peking (Chinese) Electric Light & Power Co.	—	—	8 990	—	220 u. 440
„	The Peking Electric Co. Ltd.	—	—	600	—	220 u. 440
Antung	South Manchuria Electric Co. (South Manchuria Railway Co.)	128	8 579	8 500[2]	9[3]	100 u. 220
Tschangtschun		28	4 476	5 300[2]	5[3]	100 u. 220
Dairen		250	28 636	28 750[2]	35[3]	100 u. 220
Mukden		33,4	7 712	8 000[4] / 500	8[3]	100 u. 220
Mukden (1925)	Mukden Chinese Provincial Electricity Works	200	—	5 300	—	110 u. 220. 440

[1] Die Angaben beziehen sich auf das angegebene Jahr; sonst 1928.
[2] Angaben in kVA.
[3] Schätzungen für 1926.
[4] Davon 7000 kVA vom Fushun-Werk (44 kV-Freileitung).
[5] Angaben für 1929.

gramm veröffentlicht, das freilich vorläufig, soweit es bekannt geworden ist, nur recht allgemeine Angaben enthält. Der gesamte Kapitalaufwand für alle projektierten Arbeiten (Hafenbauten, Flußregulierungen, Straßenbauten usw.) beträgt 25 Mrd $ mex.; hierunter befinden sich fünf Wasserkraftwerke zu je 20 Mill $ mex. und der Ausbau des Telegraphen-, Telephon- und Funkwesens, der mit 500 Mill $ mex. bemessen sein soll.

Die Durchführung solcher Pläne seitens der chinesischen Reichsregierung ist wohl, was die Elektrizitätsversorgung betrifft, vorläufig noch weit entfernt. Überhaupt haben sich bisher die Zentralregierung wie auch die Provinzialregierungen mit elektrizitätswirtschaftlichen Fragen kaum befaßt, ausgenommen einige Steuervorschriften und verschiedene Sicherheitsbestimmungen. Hier scheint jetzt allerdings insofern eine Änderung einzutreten, als nach englischen Meldungen die Reichsregierung eine einheitliche Kontrollierung aller privatwirtschaftlichen Elektrizitätswerke plant. Hierbei scheint den Gesetzgebern das Muster der amerikanischen public utility companies vorgeschwebt zu haben. Örtliche Behörden dürfen sich nach dieser Mitteilung künftig nicht mehr mit inneren Verwaltungsfragen solcher Elektrizitätswerke befassen und ihnen auch keine Abgaben ohne Genehmigung der Zentralregierung auferlegen[7]. Die Durchführung eines solchen Gesetzes würde übrigens die Voraussetzung zu einer besseren statistischen Erfassung der Elektrizitätserzeugung schaffen; bisher beruhten alle solchen Zusammenstellungen ja doch mehr oder weniger nur auf Schätzungen.

Der weitere Ausbau des elektrischen Nachrichtenwesens, der ja auch in großem Umfang in dem Reformprogramm Sun Fos enthalten ist, dürfte tatsächlich bald noch größere Fortschritte machen, vor allem die weitere Automatisierung städtischer Fernsprechsysteme und die Herstellung interurbaner Fernsprechverbindungen, die z. Z. erst im nördlichen China in größerem Umfang vorhanden sind, aber auch im Süden (z. B. auf der Strecke Kanton—Hankau) in Angriff genommen werden. Der Fernsprechbetrieb ist oder wird automatisiert in Hongkong und Shanghai durch Siemens Brothers, in Peiping und Kanton durch die International Standard Electric Corp. (oder die Chinese Electric Co. als Tochtergesellschaft), in Tientsin und Hankau durch die Siemens & Halske AG. Anfangs 1926 waren in ganz China 117 774 Fernsprechstellen vorhanden gegenüber 101 425 zu Anfang 1924; hiervon entfielen rd. 70 % auf die drei Großstädte Peiping, Shanghai und Tientsin.

Die Länge der Telegraphenlinien, über die China im vergangenen Jahr verfügte, betrug 127 000 km. Seit 1908 befindet sich die chinesische Telegraphenverwaltung in staatlichen Händen und wird recht gut geleitet; dagegen wird das gesamte Funkwesen von privaten Gesellschaften betrieben, besonders von japanischen im nördlichen China und in der Mandschurei.

Die American & Foreign Power Co., hinter der zwar nicht formell, aber doch praktisch auch heute noch die General Electric Co. steht, ist, wie ihr Eindringen in das Shanghaier Hauptkraftwerk beweist, von der Möglichkeit überzeugt, wichtige Teile des chinesischen Elektromarktes bald rentabel entwickeln zu können. Auch wenn sich die Amerikaner noch weitere Stützpunkte dieser Art schaffen wollen, sollte es doch auch der deutschen Industrie nach der jetzigen Lage möglich sein, ebenfalls festen Fuß zu fassen, zumal bei der neuen Zentralregierung wie bei andern Stellen durchaus der Wunsch besteht, stärker als bisher deutsches Kapital, deutsche Waren und deutsche Ingenieure zur Mitarbeit heranzuziehen.

[7] El. Review, Bd. 105, 1929, S. 756.

Ein halbes Jahrhundert deutscher Elektrotechnik.

Das fünfzigjährige Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins.

Wohl selten vereinigte die Reichshauptstadt eine so glänzende Reihe bedeutender Persönlichkeiten eines Fachgebietes in ihren Mauern, als da es zu Anfang dieses Jahres galt, das fünfzigjährige Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins zu feiern. Mit ihm wurde vor einem halben Jahrhundert zugleich der jüngste Sproß der großen technischen Wissenschaft und Industrie, die Elektrotechnik, als solche aus der Taufe gehoben, und es gab ihr Werner Siemens, der mit dem Generalpostmeister Stephan gemeinsam die Berufsgenossen zu dem neuen Verein zusammenschloß, als Stammvater auch den Namen. Seit dieser Zeit gibt es eine Elektrotechnik, und der Elektrotechnische Verein trat seinen Lebensweg an mit der hohen Aufgabe, die technische Anwendung der Elektrizität zu entwickeln und zu fördern, ihre Kenntnis durch Nutzbarmachung der technischen Einrichtungen und Erfahrungen für die Wissenschaft fortzubilden und einen Vereinigungspunkt für die deutschen Elektrotechniker zur Förderung ihrer wissenschaftlichen, technischen und gewerblichen Interessen zu bilden.

Wie weit ihm dies im Laufe der vergangenen Jahrzehnte gelungen ist, das bewiesen die ihm bei seiner Jubiläumsfeier von allen Seiten des In- und Auslandes dargebrachten Sympathien. Es waren zugegen die Spitzen zahlreicher Ministerien und Reichsanstalten, der Preußischen Akademie der Wissenschaften, der Universitäten und Technischen Hochschulen des Deutschen Reichs und des Auslandes, des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und der ihm, gleich dem Elektrotechnischen Verein, angeschlossenen einzelnen Elektrotechnischen Vereine und Gesellschaften des Reiches sowie zahlreicher inländischen und ausländischen Korporationen. Von letztgenannten waren vertreten die Vereinigten Staaten von Amerika, Argentinien, Canada, China, Dänemark, England, Frankreich, Italien, Japan, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Rumänien, Schweden, die Schweiz, die Tschechoslowakei und Ungarn. In diesem dem Elektrotechnischen Verein freundlich dargebrachten Interesse kann ein schöner Beweis für die Solidarität der Elektrotechniker der ganzen Erde erblickt werden, die von der freundschaft-

Digitized by Google

lichen persönlichen Fühlungnahme der Festteilnehmer eine weitere Stärkung erfuhr.

Den Beginn der Feierlichkeiten bildete eine am 24. Januar anberaumte groß angelegte Festsitzung in Krolls Festsaal. Der Ehrenvorsitzende des Elektrotechnischen Vereins, Staatsminister a. D. Dr. von Sydow, hieß in einer formvollendeten, wohldurchdachten Ansprache die Festversammlung willkommen und begrüßte die große Reihe von Ehrengästen mit herzlichen Worten. Er umriß in großen Zügen ein Bild der Entwicklung der Elektrotechnik und des Elektrotechnischen Vereins, der ihm selber für sein Aufblühen so viel Dank schuldet. Der Verein wünsche sich nichts Besseres, als weiter an seinem Ort der Elektrotechnik im Wettbewerb der Kulturvölker zu dienen und damit auch das Wohl des deutschen Volkes zu fördern. Redner brachte ein Glückwunschschreiben des Reichspräsidenten an den Verein zur Verlesung und schloß mit einem Hoch auf die Ehrfurcht gebietende Person des Reichsoberhauptes. Darauf nahm der Vorsitzende des Vereins, Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner, das Wort zu einer eingehenden Schilderung des Werdeganges des Elektrotechnischen Vereins und seiner bisherigen sowie zukünftigen Aufgaben. Im Verein hätten seit seiner Gründung die maßgebenden Stellen der Reichs-, Staats- und städtischen Behörden mitgewirkt. Hierdurch sei eine Atmosphäre des Vertrauens zwischen allen an der Entwicklung und Anwendung der Elektrotechnik beteiligten Kreisen geschaffen worden, die alle Arbeiten erleichtert habe. Redner verwies mit Worten des Dankes auf die von Herrn Geh. Rat Prof. Dr. Görges geschaffene umfangreiche Festschrift, indem er dem Verfasser, der bereits alle Ehrungen des Vereins besitzt, als besonderen Dank ein mit einer Widmung versehenes, festlich ausgestattetes Exemplar des Werkes überreichte. Die Schrift gibt in ausgezeichneter Form Rechenschaft über das, was der Verein und seine Pioniere in den ersten fünfzig Jahren seines Bestehens erstrebt und geleistet haben, und bildet zugleich einen Markstein für die Entwicklung der gesamten Elektrotechnik.

Reichspostminister Dr. Schätzel überbrachte als erster in den Begrüßungsansprachen der Gäste die Glückwünsche der Reichsregierung und der Regierung von Preußen. Er verband damit mit besonderer Genugtuung die Glückwünsche der Deutschen Reichspost und überreichte dem Elektrotechnischen Verein als äußeres Zeichen der Dankbarkeit für die langjährige Mitarbeit an ihren Aufgaben eine von der Deutschen Reichspost gestiftete Bronzebüste des Mitbegründers des Vereins, des Generalpostmeisters Dr. von Stephan.

Dr.-Ing. E. h. Carl Friedrich von Siemens übermittelte hierauf Glückwünsche der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und des Reichsverbandes der Deutschen Industrie. Es gereiche ihm zu besonderer Freude, als der letzte Sohn eines der beiden Gründer des Elektrotechnischen Vereins, gleichzeitig auch als Vertreter des ältesten elektrotechnischen Hauses der Welt dem Verein aufrichtige Glückwünsche aussprechen zu können. Für die Stadt Berlin überbrachte Bürgermeister Scholtz und im Auftrage der Universität Berlin sowie der Preußischen Akademie der Wissenschaften Geh. Rat Prof. Dr. Nernst herzliche Glückwünsche. Herr Nernst betonte die nahen Beziehungen zwischen dem Verein, der Universität und der Akademie und wies darauf hin, wieviel die abstrakte Forschung nicht nur auf dem Gebiet der Physik und Chemie, sondern auch auf dem Gebiet aller Naturwissenschaften der Elektrotechnik verdanke.

Nachdem weiter noch Prof. Dr. Drawe, Rektor der Technischen Hochschule Berlin, die Grüße der letzteren ausgesprochen hatte, entbot Generaldirektor Prof. Dr. Petersen dem Verein die Glückwünsche des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Der Verband danke dem Verein für treueste, hingebendste Arbeit im Laufe der langen Jahre seit Gründung des Verbandes und überreichte als sinnfälligen Ausdruck dieser Gefühle die Bronzebüste von Werner von Siemens mit dem Wunsche, daß der Elektrotechnische Verein auch in Zukunft seine führende Stellung in der deutschen Elektrotechnik wahre. Der Vorsitzende nahm die Büsten der beiden Gründer des Elektrotechnischen Vereins in treue Obhut des Vereins und richtete an die Spender Worte freudigen Dankes.

Darauf überreichte Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Köttgen dem Verein im Namen des Vereins deutscher Ingenieure als sinnvolles Geschenk eine Mappe mit den Bildnissen hervorragender Männer der Elektrotechnik und erinnerte daran, daß die großen Richtlinien der Ingenieurwissenschaften und des Maschinenbaues der Elektrotechnik zu ihren erstaunlichen Fortschritten nutzbringend gewesen seien. Herr Generaldirektor Lange überbrachte namens der Vereinigung der Elektrizitätswerke Grüße und Worte freundschaftlichen Einvernehmens zwischen beiden Gesellschaften, die einander in ihrem Wirken unterstützten.

Nunmehr kam das Ausland zu Wort und Direktor A. R. Angelo eröffnete die Reihe mit freundlichen Worten der Begrüßung von der Elektroteknisk Forening Dänemarks, indem er zugleich im Namen des z. Z. leider erkrankten Direktors Prof. Dr. Pedersen eine Huldigungsadresse der Dänischen Technischen Hochschule überbrachte. Es folgte als Vertreter des Institution of Electrical Engineers, London, Ll. B. Atkinson, ehem. Präsident dieses Vereins, der eine Glückwunschadresse zur Verlesung brachte. Prof. Dr. Luigi Lombardi überreichte namens der Associazione Elettrotecnica Italiana mit freundschaftlichen Grüßen eine bronzene Plakette des Gründers dieses Vereins und Pioniers der Elektrotechnik Galileo Ferraris, die vom Vorsitzenden mit Worten herzlichen Dankes in Empfang genommen wurde. Prof. Dr. Matsujiro Oyama grüßte namens des Institute of Electrical Engineers of Japan. Prof. Clarence P. Feldmann, Präsident der Internationalen Elektrotechnischen Commission, sprach Worte der Anerkennung und Freundschaft namens der Technischen Hochschule in Delft, die in diesem Jahre das 25jährige Bestehen ihrer elektrotechnischen Abteilung begehe. Herr E. Schjölberg Henriksen überbrachte und verlas eine Adresse der Norsk Elektroteknisk Forening, Oberingenieur Körner eine solche der Svenska Teknologföreningens Avdelning för Elektroteknik. Dr. phil. K. Sulzberger überbrachte herzliche Glückwünsche des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins sowie der gesamten schweizerischen Elektrotechnik, die sich dankbar der vom Elektrotechnischen Verein und der Elektrotechnischen Zeitschrift empfangenen Anregungen erinnere. Seitens des Elektrotechnischen Vereins Wien und zugleich namens des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins übermittelte Geh. Hofrat Prof. Dr. Reithoffer warmempfundene Glückwünsche und Grüße. Er gab der Freude über das Wiedererstarken der deutschen Schaffenskraft und des deutschen Geistes Ausdruck, der auch das österreichische Volk erfülle. Zum Schluß widmete noch der tschechoslowakische elektrotechnische Verband Elektrotechnicky Svaz Ceskoslovensky durch seinen Vertreter, den Präsidenten Ing. T. Pokorny, dem Verein Worte der Anerkennung und freundschaftlicher Gesinnung.

Nachdem der Vorsitzende allen Rednern nochmals für die überbrachten Glückwünsche den Dank des Vereins ausgesprochen und ein kurz vorher eingelaufenes Bildtelegramm des Institution of Electrical Engineers in London zur Verlesung gebracht hatte, schritt er zur Bekanntgabe der vom Elektrotechnischen Verein gelegentlich seines Jubiläums beschlossenen Ernennung folgender Herren zu Ehrenmitgliedern des Vereins: Wirkl. Geh. Oberpostrat Christiani, Prof. Clarence P. Feldmann in Delft, Prof. Dr. Luigi Lombardi in Rom, Geh. Baurat Dr.-Ing. E. h., Dr. phil. h. c. Oscar von Miller, Prof. Dr. Michael Pupin in New York sowie Wirkl. Geh. Oberregierungsrat Prof. Dr. phil., Dr.-Ing. E. h. Emil Warburg. Weiter verkündete der Vorsitzende die Ernennung einer Reihe angesehener und hervorragender Männer der wissenschaftlichen und praktischen Elektrotechnik des Auslandes zu korrespondierenden Mitgliedern des Elektrotechnischen Vereins und schloß hiermit die Sitzung.

Am Abend dieses Tages fand in den Gesamträumen von Kroll ein Festessen mit Ball statt, zu dem wiederum die Spitzen der Behörden und viele markante Köpfe der Wissenschaft, Technik und Industrie sich eingefunden hatten. Ein von Major Direktor Solff für den Abend verfaßtes Festspiel „Die elektrischen Funkheinzelmännchen" fand großen Beifall.

Am Sonnabend, dem 25. Januar, folgte die Technisch-wissenschaftliche Tagung im Langenbeck-Virchow-Haus, in dem folgende Vorträge gehalten wurden, vormittags von Prof. Dr. W. Petersen „Die Entwicklung der Kraftübertragung in Deutschland von den ersten Anfängen bis zum Ausblick in die Zukunft", von Prof. Dr. René Thury (Genf) „Aus der Geschichte der Kraftübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom" (in Abwesenheit des Verfassers vorgetragen von Dr. Sulzberger, Zürich), von Prof. Dr. Orlich „Die Gleichrichtung großer Wechselstromleistungen" und von Prof. Dr. W. Reichel „Elektrische Stadtbahn, von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn", und nachmittags von Staatssekretär Dr. Feyerabend „Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs", von Direktor Dr. Lüschen „Die Mehrfachausnutzung der Leitungen" und von Dr. phil. Graf v. Arco „Kurzwellenphänomene und ihr Einfluß auf die drahtlose Nachrichtenübermittlung".

Digitized by Google

Den Abend verbrachten zahlreiche Festteilnehmer, darunter vollzählig die aus dem Auslande gekommenen, im Kaiser- und Blauen Saale des Hotels Esplanade in ruhigem Gedankenaustausch fachlicher und freundschaftlicher Art.

Sonnabend und Sonntag waren der Besichtigung einer großen Reihe hervorragender Anstalten, Museen und Industrieanlagen gewidmet. Z e h m e.

Neuzeitliche Selbstschalter.

Von Dipl.-Ing. **Hans Besold**, Berlin.

Übersicht. Die ständig wachsenden Zentralenleistungen in Industrieanlagen stellen immer größere Anforderungen an die Schaltgeräte hinsichtlich ihrer Schaltleistung, so daß bei der Entwicklung neuzeitlicher Selbstschalter besonderer Wert auf die Durchbildung der Lichtbogen-Löschvorrichtung gelegt werden muß. Es werden für die Entwicklung von Schaltern wichtige Versuche beschrieben und die bei der Konstruktion zu beachtenden Gesichtspunkte an ausgeführten Schaltern erläutert, die wahlweise als offene oder gekapselte Schalter verwendet werden können. Besondere Erwähnung verdienen offene mit Fernantrieb versehene Schalter, da durch sie die Erstellung billiger und betriebsicherer Anlagen selbst in explosionsgefährdeten Betrieben ermöglicht wird.

In elektrischen Betriebsanlagen kann man in letzter Zeit häufig die Beobachtung machen, daß verhältnismäßig

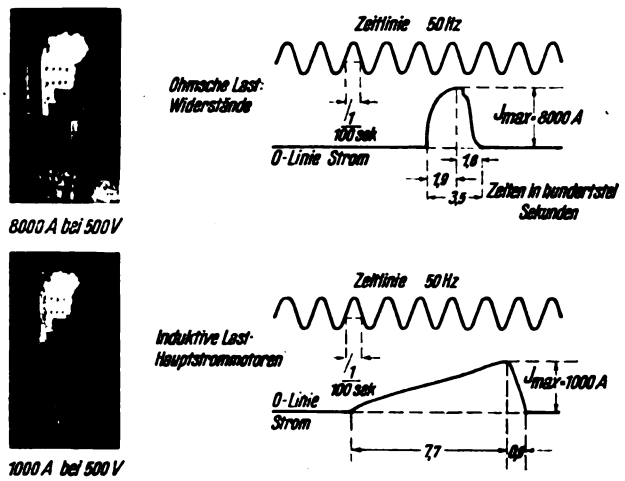


Abb. 1. Verlauf des Schaltvorganges beim Abschalten ohmscher und induktiver Belastung durch einen Selbstschalter.

kleine Störungen, z. B. Kurzschluß an dem Klemmbrett eines Motors, ganz erhebliche Betriebstörungen in Verteilungsanlagen verursachen, die einen gewaltigen Produktionsausfall nach sich ziehen, obwohl die elektrischen Anlagen seit Jahren in Betrieb sind und Störungen in solchem Ausmaß nicht aufgetreten sind. Es ist dies meist darauf zurückzuführen, daß infolge der Erweiterung des Betriebes die Zentralenleistung des Werkes wesentlich vergrößert worden ist, oder daß — wie es bei manchen Betrieben im Rheinland zur Zeit der Fall ist — die Eigen-

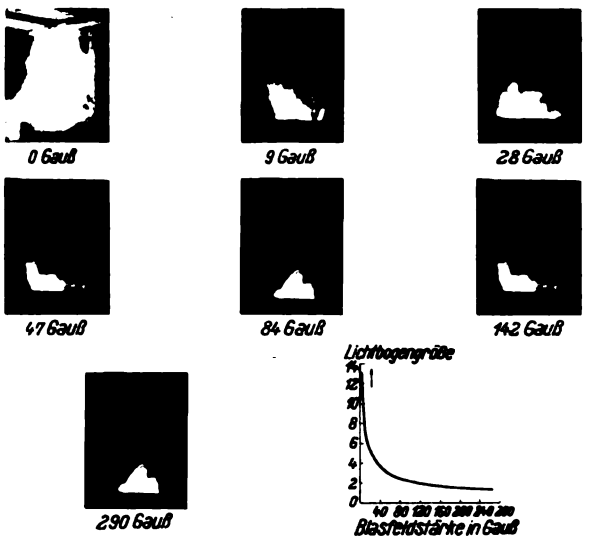
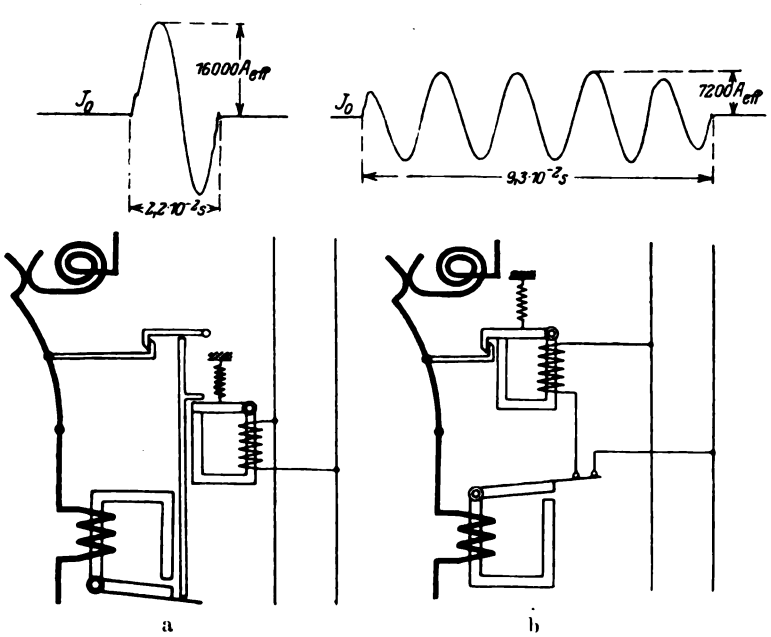


Abb. 3. Ausdehnung eines Gleichstromlichtbogens von 100 A, 2000 V in Abhängigkeit von der Blasfeldstärke.

zentrale stillgelegt und der elektrische Betrieb an ein Übertragungsnetz von erheblicher Leistung angeschlossen worden ist. Kurzschlüsse, die früher harmlos waren, wirken sich jetzt in solchen Netzen mit größerer Kurzschlußleistung so aus, daß oft die den Kurzschlußstrom abschaltenden Selbstschalter zerstört werden. Will man in Netzen mit großer Kurzschlußleistung die Kurzschlußströme in den 500 V- bzw. 380 V-Verteilungsanlagen verringern, so erfordert dies meistens eine kostspielige Unterteilung in kleine Transformatoreneinheiten oder eine Aufteilung des Netzes in Stichleitungen. In vielen Fällen ist es nur durch den Einbau von Drosselspulen möglich, die Ströme auf ein solches Maß herabzudrücken, daß sie von den in der Anlage bereits vorhandenen älteren Selbstschaltern noch sicher beherrscht werden können.



a direkte Auslösung b Auslösung durch Spannungsauslöser

Abb. 2. Schaltzeit von Selbstschaltern verschiedener Bauart beim Abschalten von Kurzschlußströmen.

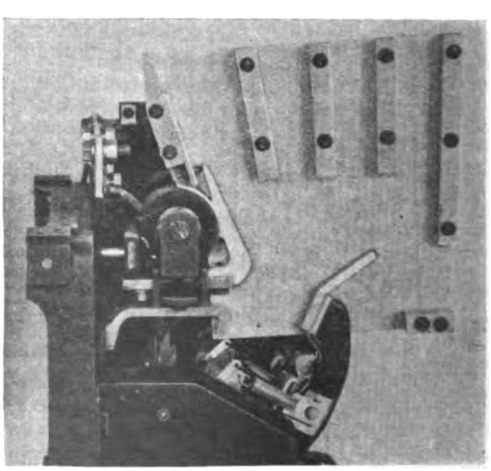


Abb. 4. Schnitt durch den Bläser eines Selbstschalters der SSW.

Digitized by Google

Da die oben angegebenen Mittel zur Verringerung der Kurzschlußströme eine erhebliche Verteuerung für eine elektrische Verteilungsanlage bedeuten, ist man heutzutage bestrebt, die Niederspannungs-Selbstschalter so zu bauen, daß sie große Schaltströme sicher bewältigen und dadurch in vielen Fällen den Einbau von Drosselspulen oder eine zu starke Unterteilung der Transformatoren und des Netzes entbehrlich machen.

Die Beanspruchung eines Schalters beim Abschalten von Überströmen ist wesentlich abhängig von der Art der Belastung des Stromkreises. Bei einem Kurzschluß zwischen zwei Phasen überwiegt bei Niederspannungsanlagen meist die ohmsche Belastung. Es muß im Betrieb jedoch auch mit dem Abschalten induktiver Stromkreise gerechnet werden. Dieser Fall liegt z. B. beim Anlassen von Motoren vor, wenn der Motor bei kurzgeschlossenen Schleifringen eingeschaltet wird und aus irgendeinem Grunde, z. B. infolge mechanischer Störung am Antrieb, nicht anlaufen kann. Der Schalter muß dann imstande sein, den Motor, der den 8 ... 10fachen Nennstrom aufgenommen hat, wieder sicher vom Netz zu trennen.

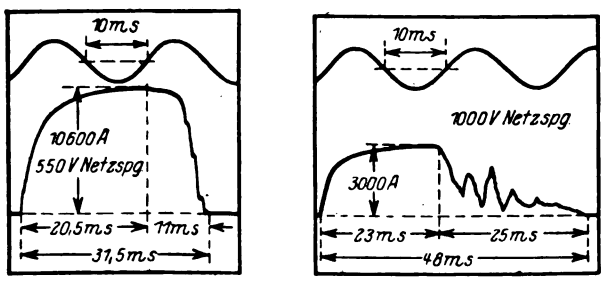
Um einen Überblick über die Beanspruchung eines Schalters bei ohmscher und induktiver Belastung zu geben, sind in Abb. 1 zwei Betriebsfälle im Lichtbild und Oszillogramm festgehalten. Das erste Lichtbild zeigt einen Selbstschalter beim Abschalten von 8000 A bei 500 V Gleichspannung. Die Belastung, durch ohmsche Widerstände dargestellt, liegt hinter dem Schalter, um den in der Praxis vorliegenden Verhältnissen Rechnung zu tragen, wenn der Kurzschluß nicht unmittelbar hinter dem Schalter eintritt. Das Oszillogramm läßt eine gesamte Schaltzeit von 0,035 s erkennen. Mit dem gleichen Selbstschalter wurden 1000 A induktive Last abgeschaltet, die durch die in Reihe geschalteten Feldwicklungen von Hauptstrommotoren gegeben war. Wie das Oszillogramm zeigt, steigt beim Einschalten der Strom, der das magnetische Feld aufbauen muß, langsam an. Beim Ausschalten gibt die in den Motoren gespeicherte magnetische Energie eine entsprechende Erhöhung der zu bewältigenden Schaltleistung. Aus dem zweiten Lichtbild ist zu erkennen, daß das Schaltfeuer beim Abschalten der induktiven Last, obwohl der Strom nur 1000 A bei 500 V beträgt, ungefähr die gleiche Ausdehnung hat und auch etwa die gleiche Beanspruchung für den Schalter darstellt. Die sichere Bewältigung großer Überströme durch einen Selbstschalter setzt voraus, daß der Schalter auch mechanisch so gebaut ist, daß die großen dynamischen Wirkungen des Kurzschlußstromes die Auslösung des Schalters nicht ungünstig beeinflussen.

Es ist leicht einzusehen, daß die einfachste und sicherste Art der Auslösung dann vorhanden ist, wenn der Überstromauslöser direkt mechanisch durch das Anziehen seines Ankers die Sperrung des Schalters löst, so daß je größer die Auslösekraft, desto sicherer auch der Schalter im Schaltschloß entklinkt wird. Bei dieser Bauart wird zugleich der Vorteil erreicht, daß die Schaltzeit bei Kurzschluß auf das geringste Maß herabgedrückt wird und dadurch auch die thermische Beanspruchung der Leitungen durch den Kurzschlußstrom wesentlich gemindert wird. Geschieht dagegen die Auslösung durch ein Überstromrelais, das z. B. einen Spannungsauslöser betätigt, so ist meist mit einer erheblichen Verlängerung der Schaltzeit zu rechnen (Abb. 2).

Es war bisher vielfach die Ansicht verbreitet, daß man Niederspannungs-Selbstschalter, von denen eine große Schaltleistung verlangt wird, als Ölschalter ausführen muß, um den Schaltlichtbogen zu beherrschen. Da jedoch von vielen Betriebsleitern die Verwendung von Öl bei Schaltgeräten aus verschiedenen Gründen als eine recht unangenehme Beigabe empfunden wird, so ist für die Konstruktion neuzeitlicher Niederspannungs-Selbstschalter die Richtung maßgebend, durch Entwicklung guter magnetischer Blasvorrichtungen die Luftschalter auf hohe Schaltleistung zu bringen. Selbst bei den neuen Hochspannungsschaltgeräten ist man bestrebt, das Öl zu verlassen.

Abb. 3 zeigt die Einwirkung eines magnetischen Blasfeldes auf einen Lichtbogen von 100 A bei 2000 V Gleichspannung. Aus den Lichtbildaufnahmen des Schaltlichtbogens bei verschiedenen Blasfeldstärken ist zu erkennen, daß durch die Anwendung der magnetischen Blasung die Ausdehnung des Bogens erheblich verkleinert werden kann. Die Bilder zeigen jedoch gleichzeitig, daß die durch Verstärkung des magnetischen Blasfeldes über ein gewisses Maß hinaus bewirkte Bogenverkleinerung dem zur Erzeugung starker Felder nötigen Materialaufwand nicht entspricht, so daß für die Bemessung wirtschaftlicher Blasvorrichtungen diese günstige Blasfeldstärke jeweils zu ermitteln ist. Außer der zweckmäßigen Ausgestaltung des magnetischen Blasfeldes ist bei einem Bläser vor allem auch auf die richtige Bemessung der Lichtbogenkammer, Ausbildung der Lichtbogenhörner und die richtige Wahl des Kontaktdruckes zu achten.

Abb. 4 zeigt den Schnitt durch einen Bläser eines Selbstschalters für 100 A Nennstrom, mit dem z. B. bei 380 V 10 000 A — d. h. der 100fache Nennstrom — sicher geschaltet werden können. Bemerkenswert ist, daß der Vorkontakt, der die Bürsten vor Brandspuren beim Abschalten großer Ströme schützt, noch in das Bereich des Blasfeldes gelegt ist, so daß beim Abschalten sehr hoher Ströme hier noch etwa auftretendes Schaltfeuer entsprechend der Ausbildung des Blasfeldes in der schützenden Lichtbogenkammer zum Verlöschen kommt. Da die Ausdehnung des Lichtbogens wesentlich von der Höhe der Spannung abhängig ist, so ist die Verwendung der Schalter nur innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen möglich. Die beiden Oszillogramme Abb. 5, die mit dem gleichen Schalter aufgenommen worden sind, zeigen, daß die Löschung des Bogens beim Abschalten von 10 600 A bei 550 V Gleichspannung einwandfrei erfolgt, dagegen 3000 A bei 1000 V Gleichspannung eine wesentlich größere Lichtbogendauer ergeben. Es sind mehrere Rückzündungen während der Löschung des Bogens zu bemerken, die durch die auftretenden Überspannungen eine Gefährdung der Anlage herbeiführen können.



a b

a einwandfreies Abschalten bei richtig ausgeführtem Bläser
b Rückzündungen bei einem für die Spannung ungeeigneten Bläser

Abb. 5. Oszillogramme des Schaltlichtbogens bei Selbstschaltern.

Die Entwicklung von Bläsern für Selbstschalter zur Beherrschung hoher Schaltströme ist nur auf Grund eingehender Schaltversuche möglich. Es ist erforderlich, daß die Schalter bereits im Prüffeld den gleichen Beanspruchungen unterzogen werden, denen sie später im Betrieb ausgesetzt sind, denn die Ausbildung und Stärke des Blasfeldes, die Form der Schaltstücke und die Größe und Weite der Lichtbogenkammer beeinflussen den Verlauf der Löschung des Bogens derart, daß es unmöglich ist, auf Grund der Rechnung Blasvorrichtungen anzugeben, die eine bestimmte Schaltleistung sicher bewältigen.

Auf Grund eingehender Versuchsarbeiten haben die Siemens-Schuckertwerke neue Selbstschalter entwickelt, die allen Ansprüchen, die heutzutage neuzeitliche Betriebe an Selbstschalter stellen, gewachsen sind. Die Schalter, Type R 910, sind auf einen eisernen Grundrahmen aufgebaut. Hornartige, gegen Feuchtigkeitsaufnahme unempfindliche Hartpapierumpressung verbürgt eine gute Isolation der spannungführenden Teile. Durch die senkrechte Anordnung der Isolierstrecken und den dadurch gegebenen Schutz gegen Staubablagerung sind die Schalter besonders geeignet für die Verwendung im rauhen Hütten- und Walzwerksbetrieb. Der Schalter ist so aufgebaut, daß die einzelnen Gruppenteile — wie Schaltschloß, Bläser, Auslöser — getrennt für sich in Fließfertigung hergestellt werden und der Zusammenbau des Schalters lediglich in dem Zusammensetzen obiger Gruppenteile besteht. Dies bringt besonders für Schalter, die in angestrengten Betrieben einer großen Beanspruchung ausgesetzt sind, den Vorteil der leichten Auswechselbarkeit der Teile, die betriebsmäßig der Abnutzung unterworfen sind.

Für die Ausbildung der Überstromauslöser war maßgebend, daß der Schalter als Motorschalter für Kurzschlußmotoren, die sich in den heutigen Betrieben immer mehr durchsetzen, Verwendung finden soll. Der Überstromauslöser gestattet, einen Kurzschlußmotor auch bei schweren

Digitized by Google

Anlaufbedingungen anzulassen, und schützt den Motor im Dauerbetrieb gegen eine länger dauernde Überlastung von 20 % des Nennstromes. Bei Kurzschluß dagegen erfolgt unverzögerte Auslösung, indem der Überstromauslöser unmittelbar das Schaltschloß betätigt. Hinsichtlich ihrer Schaltleistung sind die Schalter so bemessen, daß z. B. bei 380 V von dem Schalter für 100 A Nennstrom (Abb. 6)

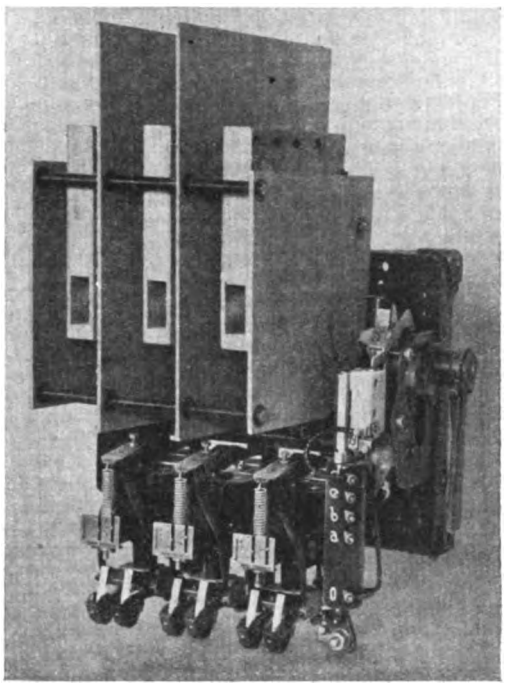


Abb. 6. Selbstschalter der SSW für 100 A, 500 V.

10 000 A, von dem Schalter für 350 A Nennstrom 20 000 A und von dem Schalter für 600 A Nennstrom 40 000 A sicher abgeschaltet werden können.

Für die Entwicklung der Bläser stehen im Prüffeld des Schaltwerks der SSW umfangreiche Prüfeinrichtungen zur Verfügung. An größeren Maschinen, die für Schaltversuche mit Gleichstrom dienen, ist ein Drehstrom-Gleichstrom-Umformer mit 2000 kW Nennleistung zu erwähnen, der auf 550 bis 2200 V geschaltet werden kann. Ein Schwungrad von 7,5 t bei 1000 U/min sorgt dafür, daß die kurzzeitigen Belastungstöße sich nicht auf das Drehstromnetz übertragen. Drehstromversuche werden mit einem Transformator für 1000 kVA Nennleistung vorgenommen, der an das 6000 V-Netz der Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG. angeschlossen ist und auf die gebräuchlichen Betriebspannungen durch Trennschalter in kurzer Zeit umgeschaltet werden kann. Für Schaltversuche mit größeren Leistungen steht ein Drehstromtransformator von 4000 kVA Nennleistung zur Verfügung, der niederspannungsseitig auf 380 ... 1500 V umschaltbar ist und auf der 6000 V-Seite von einem 40 000 kVA-Generator gespeist wird.

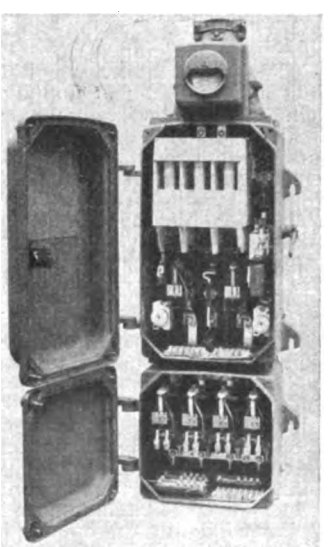


Abb. 7. Gekapselter Selbstschalter mit untergebautem Auslöserkasten für Kranbetrieb.

Für Industriebetriebe, in denen die Schalter vor Staub und Tropfwasser geschützt werden müssen, wird der oben beschriebene Schalter als Type H 910 in gußgekapselter Ausführung geliefert. Beim Einbau des Schalters in den Gußkasten ist auf gute Abdeckung der Lichtbogenkammer gegen das Gehäuse Wert gelegt, um bei hohen Schaltströmen die sonst durch die ionisierten Gase und Metall-

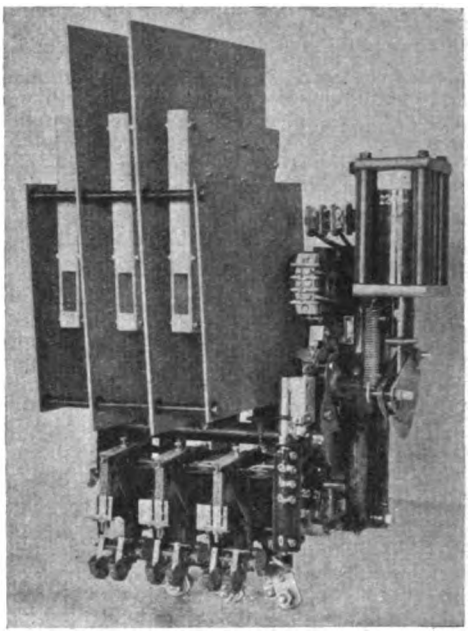


Abb. 8. Selbstschalter mit Hubmagnetantrieb zur Fernbetätigung.

dämpfe verursachten Überschläge nach Erde und zwischen den Polen zu vermeiden. Abb. 7 zeigt den Schalter in Gußkapselung mit aufgebautem Strommesser und untergebautem Auslöserkasten. In dieser Ausführung mit untergebauten Auslösern eignet sich der Schalter als Schutzschalter für Mehrmotorenantriebe für Krane, Verladebrücken usw. Die einzelnen Motoren sind durch je einen im Unterbau befindlichen Auslöser gegen unzulässige Überlastung geschützt.

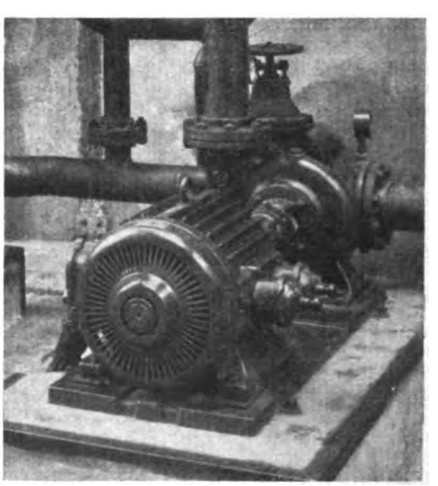


Abb. 9. Fernsteuerung von Drehstrommotoren in explosionsgefährdeten Räumen durch angebaute Druckknöpfe. Die Selbstschalter mit Fernantrieb sind in besonderen Räumen aufgestellt.

Der konstruktive Aufbau des Schalters ermöglicht es, einen Fernantrieb (Gleichstrom-Hubmagnet oder Motorantrieb) anzubauen, so daß dieser Schalter auch bereits von 100 A Nennstrom an aufwärts als Fernschalter ausgeführt werden kann (Abb. 8). Gerade diese Möglichkeit der Fernbetätigung des Schalters gibt für den Bau neuzeitlicher Anlagen, besonders in der chemischen Industrie, neue Gesichtspunkte insofern, als es möglich ist, aus den explosionsgefährdeten Räumen das Schaltmaterial, das bisher in schwerer gußgekapselter Ausführung erforderlich war, herauszunehmen und in getrennten Räumen abseits der Explosionsräume aufzustellen. Die Betätigung der Schal-

Digitized by Google

ter geschieht dann z. B. durch explosionsgeschützte Druckknöpfe, die unmittelbar an die Motoren angebaut werden können (Abb. 9), so daß die Schaltung die einfache Bedienbarkeit der Druckknopfsteuerung von Schützen mit dem durch die hohe Schaltleistung der Selbstschalter gewährten Schutz gegen den vollen Kurzschlußstrom der Anlage vereinigt. Es ist durch solche Maßnahmen für explosionsgefährdete Betriebe oder solche, in denen chemische Einflüsse, wie Säuredämpfe, das Kontaktmaterial der Schalter nachteilig beeinflussen, möglich, eine erhöhte Betriebsicherheit zu erreichen. Die Unterbringung der Schalter in getrennten Räumen ermöglicht neben einer guten Wartung den Verzicht auf die Gußkapselung der Schalter, wodurch in vielen Fällen für solche Betriebe eine wesentliche Verbilligung der elektrischen Verteilungsanlage erreicht wird.

Vergrößerung der Leistungsfähigkeit und Anwendungsmöglichkeit von Meßgeräten durch Verwendung einfacher Hilfsmittel.

Von Ing. **Bluhm**, Berlin.

Übersicht. **Es werden einige elektrische Meßinstrumente und ihre Anwendungsmöglichkeit behandelt, die in ihrer Leistung durch Verwendung einfacher optischer Hilfsmittel verbessert sind.**

Je mehr Anwendungsgebiete sich die Elektrizität erobert, desto größere und vielseitigere Anforderungen werden auch an die elektrischen Meßgeräte gestellt. Nicht immer wird dabei die Forderung nach größtmöglicher absoluter Meßgenauigkeit erhoben, eine gute relative Meßgenauigkeit genügt, aber dafür soll das Instrument anderen Wünschen gerecht werden. In Kraftwerken z. B. genügt es vollkommen zu wissen, daß die Spannung ihren Wert innerhalb einer gewissen Toleranz beibehält. Ändert sich aber die Spannung über die Toleranz hinaus, so soll der Schalttafelwärter möglichst sinnfällig darauf aufmerksam gemacht werden. Dies wurde bisher durch akustische Signale oder Signallampen bewirkt, die über Relais vom Kontaktvoltmeter betätigt wurden. Der Zeiger des Voltmeters besaß zu diesem Zwecke einen kleinen Platinkontakt, der bei einer bestimmten Zeigerstellung einen Stromkreis zum Relais schloß. Diese Instrumente zeigen eine Reihe von Nachteilen, die auf diesem Wege nicht zu beseitigen sind. Der Kontakt muß mit einem gewissen Überdruck geschlossen werden, d. h. also, die Richtkraft des Anzeigers hat diese Arbeit auf Kosten der Genauigkeit zu leisten. Geht der Wert der Spannung wieder in den Toleranzbereich, so tritt beim Öffnen des Kontaktes Funkenbildung auf. Selbst bei Anordnung gut wirkender Löschvorrichtungen wird sich die Funkenbildung nie ganz vermeiden lassen, da es sich ja hier nicht um energische, weit ausholende Bewegungen handelt, sondern die Zeigerwege nur klein sind. Eine verhältnismäßig rasche Abnutzung der Kontaktflächen durch Verschmoren ist also kaum zu vermeiden. Bei kleinen Spannungsänderungen bleibt beim Öffnen des Schalters der Kontakt leicht kleben. Dies kann zu ganz falschen Angaben und dadurch zu großen Korrekturen führen.

Abb. 1. Signalmeßgerät.

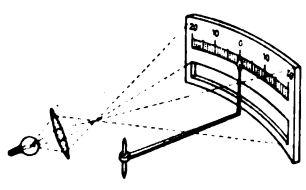


Abb. 2a. Schema des Projektionsmeßgerätes.

Ein Instrument, das jede Kontaktgabe vermeidet und daher auch das Relais entbehrlich macht, wird von der Firma Gans & Goldschmidt, Elektrizitäts-Ges. m. b. H., Berlin N 65, hergestellt. Es besitzt in der Skala ein Fenster (Abb. 1). Auf der Zeigerachse sitzt ein zweiter Hebelarm, der ein Segment trägt, das die drei Farben grün, weiß, rot trägt derart, daß entsprechend der Zeigereinstellung eine der drei Farben im Fenster erscheint. Hierbei bedeuten grün und rot zu niedrig bzw. zu hoch, während weiß bei der Betriebspannung erscheint. Um die Farben auch weithin sichtbar zu machen, ist das Segment durchsichtig und das Fenster wird von hinten beleuchtet. Hierbei sind also alle durch Kontakte entstehenden Fehler ausgeschaltet, eine falsche Anzeige ist ausgeschlossen. Es ist klar, daß man auch anstatt des Fensters einen Schlitz mit drei farbigen Gläsern versehen kann; dann ist das Segment undurchsichtig und besitzt nur ein Fenster, durch das dann das Licht durch die Gläser fällt und so die farbige Lichtwirkung hervorruft. Eine dritte Möglichkeit aber bietet noch einen besonderen Vorteil. Bringt man nämlich in der Skala einen Schlitz an, setzt auf den Hebelarm das oben beschriebene dreifarbige Segment und überdeckt den Schlitz mit einer Platte, die das Fenster besitzt, so ist man nicht mehr an eine einzige Einstellung gebunden, sondern kann durch Verschieben des Fensters den abzulesenden Konstantwert beliebig einstellen. Unnötig zu sagen, daß dieses Signalmeßinstrument als Spannungs-, Strom-, Leistungsmesser oder als Galvanometer geliefert werden kann. Wurde zuerst als Anwendungsbeispiel das Kraftwerk genannt, so ist jedoch damit das Anwendungsgebiet nicht beschränkt. An elektrischen Schmelzöfen zur Kontrolle der Temperatur findet es Anwendung, in Galvanisieranstalten sowie zur Kontrolle der Spannung bei Bädern aller Art. Es eignet sich auch in Verbindung mit einem Thermoelement bzw. Pyrometer zur Temperaturanzeige in Kesselhäusern, Hochöfenanlagen, an Härteöfen, Glühöfen, als Luftdruckmesser in Preßluftanlagen, in den Kesselhäusern als Zugmesser sowie für alle Anzeigen der Orsat-Analyse, am Hochofen zur Kontrolle von Wind bzw. Windtemperatur. Auch beim Unterricht wird es oft Verwendung finden, da es ja schon kleine Strom- bzw. Spannungschwankungen im Hörsaal weithin sichtbar macht.

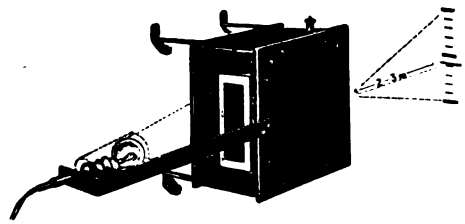


Abb. 2b. Projektionsmeßgerät.

Es wird oft die Forderung erhoben, den angezeigten Meßwert auch auf größere Entfernung mühelos erkennen zu können, manchmal, wie bei Demonstrationsinstrumenten für Schulzwecke, sogar unter Verzicht auf besondere Genauigkeit. Hier wird die optische Hilfseinrichtung im Spiegelgalvanometer schon lange verwendet, für Schulzwecke auch durchsichtige Galvanometer, die man dann einfach projiziert, was mit Hilfe der neueren fast punktförmigen Lichtquellen den Ansprüchen genügende Ergebnisse liefert. Sieht man jedoch von diesen Instrumenten ab, so zeigen die Spiegelgalvanometer wohl die genügende Genauigkeit sowie Deutlichkeit der Anzeige, sind aber für den technischen Betrieb unbrauchbar. Sie sind empfindlich gegen Erschütterungen und verlangen eine besondere Aufstellung, die sehr exakt ausgeführt werden muß. Auch hier hat die oben genannte Firma eine Lücke ausgefüllt durch ein Instrument (Abb. 2a u. b), das sich ebenfalls des Lichtes zur masselosen Verlängerung des Zeigers bedient, ohne jedoch die Nachteile des empfind-

Digitized by Google

lichen Spiegelgalvanometers zu zeigen. Bei einem spitzengelagerten Galvanometer ist der Zeiger vorn parallel zur Schwingachse umgebogen und wird von hinten durch eine Lampe beleuchtet. Um in der einen Richtung eine möglichst parallele Strahlung zu erhalten, ist vor dem Zeiger gegen die Skala noch eine astigmatische Linse gesetzt, so daß der Schatten des vorderen Zeigerendes scharf ausgebildet ist, und durch das Lichtbündel von bandförmigem Querschnitt die Skala beleuchtet wird. Dadurch ist die Lichtabnahme auch der Entfernung direkt proportional,

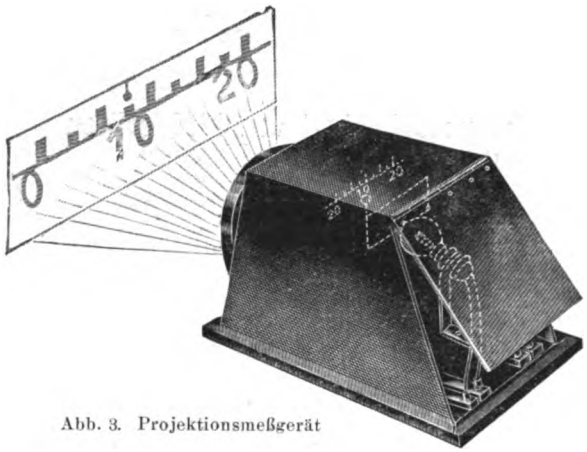


Abb. 3. Projektionsmeßgerät

nicht dem Quadrat der Entfernung. Die Empfindlichkeit dieses Projektionsmeßgerätes ist für 10 cm Ausschlag auf einer 2 m entfernten Skala 10^{-3} A. Durch geeignete Schaltung mit Vor- und Nebenwiderständen ist das Projektionsmeßgerät auch als Spannungs- oder Strommeser zu benutzen. Das Gehäuse für Galvanometer und Linse ist mit $25 \times 25 \times 10$ cm durchaus handlich, die Glühlampe verbraucht 6 V bei 4,4 A.

Eine Weiterentwicklung dieses Projektionsmeßgerätes, die für den praktischen Gebrauch bestimmt ist, zeigt die Abb. 3. Lampe und Skala sind eingebaut. Eine durchsichtige Skala wird ebenso wie der Zeiger projiziert, so daß die Projektion durch einen vorgesetzten verstellbaren Kondensor auf eine beliebig weit abgelegene Wand erfolgen kann. Die Projektion zeigt gleichmäßige Skalenabstände. Überall wo von einer Stelle aus auf weite Entfernung abgelesen werden muß, wird dieses Instrument Verwendung finden, z. B. an großen Schalttafeln in den Schalthäusern der Kraftwerke usw. Die beschriebenen elektrischen Meßgeräte zeigen, wie durch einfache Verwendung des Lichtes als Hilfseinrichtung ihre Leistungsfähigkeit erhöht bzw. ihr Anwendungsgebiet erweitert wird.

Abb. 4. Dreifach-Stromzeiger.

Ein Meßinstrument sei hier noch kurz erwähnt, obwohl es mit dem Prinzip der oben beschriebenen nichts zu tun hat, ein Dreifach-Strommesser, der es gestattet, in Drehstromnetzen mit einem Blick die Belastung der drei Phasen zu übersehen (Abb. 4). Dieses Meßinstrument wird in Drehstromanlagen gute Dienste leisten. In einem gemeinsamen Gehäuse sitzen drei Amperemeter, deren Zeiger auf einer gemeinsamen Skala spielen. Sind also die drei Systeme in die drei Phasen eines Drehstromnetzes eingeschaltet, so zeigt ein Blick die Verteilung der Strombelastung in den einzelnen Phasen, ob vielleicht eine Phase überlastet oder stromlos ist. Schaltet man die drei Systeme hintereinander in eine Leitung und gibt den drei Systemen verschiedene Empfindlichkeit, so hat man ein Dreifach-Amperemeter. Durch Kurzschließen von je zwei Systemen kann man sich so verschiedene Meßbereiche herstellen, z. B. 10, 50, 100 A, die man einschalten kann, ohne erst die Leitung zu unterbrechen. So kann man den Anlaufstrom eines Motors, die Betriebstromaufnahme und den Leerlaufstrom auf derselben Skala messen.

Auch die Meßgeräte der Abb. 2, 3 und 4 werden von derselben Firma hergestellt wie dasjenige der Abb. 1.

Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn*.

Von Dr.-Ing. **Walter Reichel**, Berlin.

(Fortsetzung von S. 248.)

IV. Zwischenzeit und Entwicklung des Wechselstrom-Bahnbetriebes.

War nun der Abschnitt der Entwicklung vom Jahre 1879 ... 1902 damit abgeschlossen, daß eine elektrische Stadtschnellbahn den Erwartungen vollkommen entsprechend und betriebsicher ausgeführt war und daß alle Erweiterungen gesichert erschienen, und war im Jahre 1903 in Gestalt der elektrischen Gleichstrom-Vorortbahn Berlin—Groß-Lichterfelde-Ost ein zweiter Träger der Elektrisierung entstanden, so wäre es — wie man heute rückblickend übersehen kann — wohl ein ganz natürlicher Vorgang gewesen, wenn nunmehr in Anlehnung an die Erfahrungen bei der Berliner elektrischen Hoch- und Untergrundbahn und in Weiterentwicklung von deren Ausrüstung auch die Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen elektrisiert worden wären. Um so lohnender stellte sich diese Aufgabe dar, als seit 1882 die Bahnen mit Dampfbetrieb bis 1900 bereits soweit ausgebaut waren, daß zwar jährlich über 100 Mill Fahrgäste auf der 150 km langen Gesamtstrecke befördert werden konnten, daß aber eine Steigerung der Leistungsfähigkeit mit Dampflokomotiven nicht so bequem erschien wie mit elektrischem Betrieb.

Wenn man heute weiter die Einzelheiten der jetzt endgültig ausgeführten elektrischen Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen betrachtet, so kann man erkennen, daß die vorgenommene Elektrisierung in den Grundzügen mit ganz genau denselben Einrichtungen durchgeführt ist wie die der elektrischen Hoch- und Untergrundbahn, mit kleinen Unterschieden und Abwandlungen. Als Fahrleitungssystem ist die dritte Schiene gewählt, die mittlere Spannung an der dritten Schiene beträgt ebenfalls 750 V, in Unterwerken rd. 800 V, die Fahrzeuge sind in gleicher Anzahl zu Block-

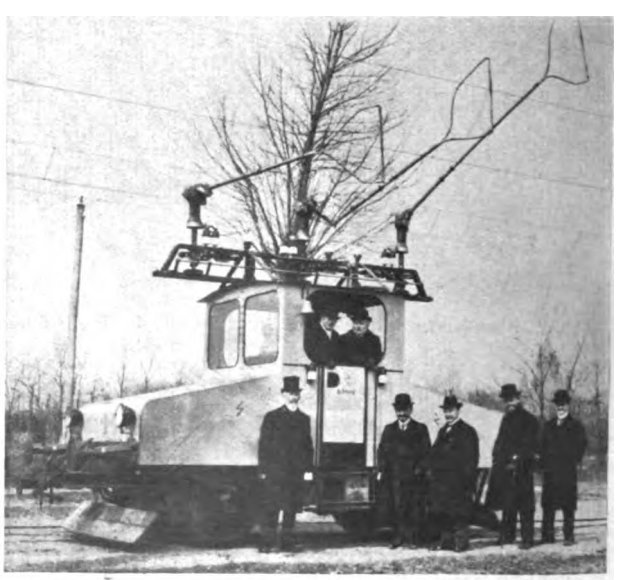


Abb. 51. Probelokomotive von 1898 für 10 kV Drehstrom.

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins.

Digitized by Google

zügen zusammengestellt wie bei der Hochbahn (Motorwagen + zwei Beiwagen + Motorwagen) und mit Vielfachsteuerung ausgerüstet. Die Energieerzeugung erfolgt im Kraftwerk in Gestalt von Drehstrom, der in Unterwerken in Gleichstrom umgeformt wird.

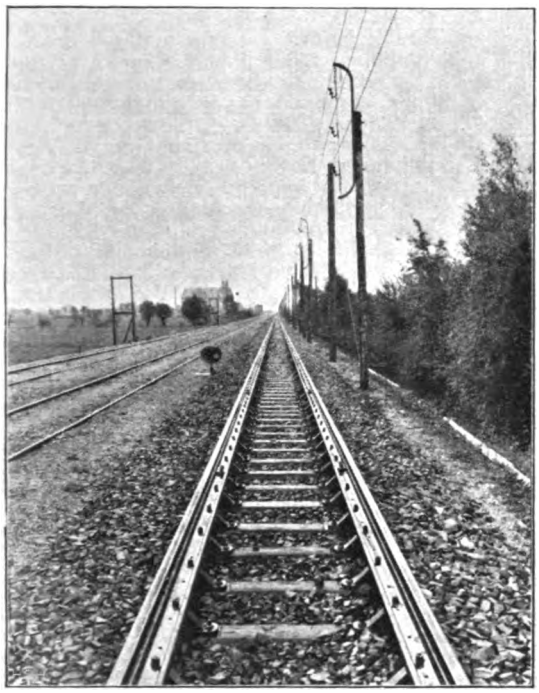


Abb. 52. Versuchsbahn Marienfelde–Zossen, Gleis und Fahrleitung.

Woher kommt es also, daß erst einige 20 Jahre später nach der Inbetriebsetzung der elektrischen Hochbahn für die Elektrisierung das gleiche System für die Stadtbahn endgültig gewählt worden ist? Offenbar ist doch ein neuer Umstand aufgetaucht oder ein Umweg gemacht worden, der die Verzögerung mit sich brachte. Und dieser Umweg ist dadurch begründet, daß zur Jahrhundertwende dem Betriebe mit Gleichstrom ein Konkurrent in Gestalt des hoch-

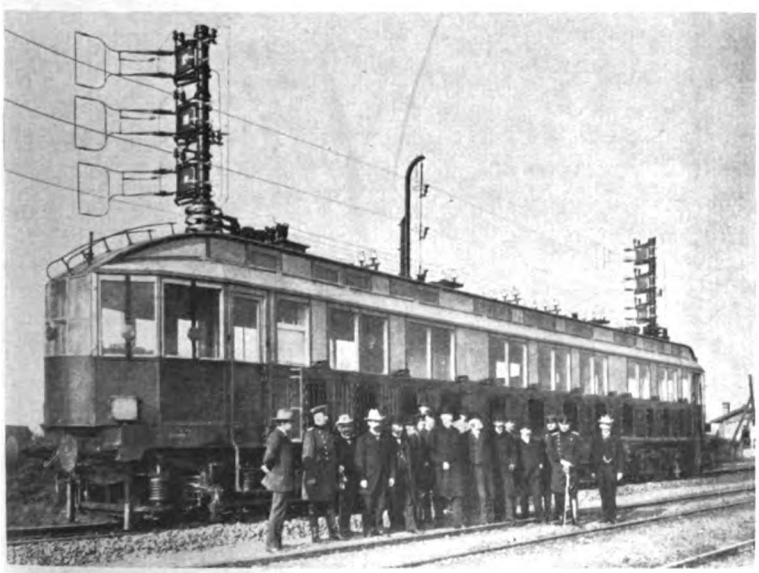


Abb. 53. Schnellbahnwagen von S. & H. nach der Fahrt am 6. X. 1903.

gespannten Wechselstroms entstanden ist. Es ist von besonderem Interesse, die Parallelentwicklung des Wechselstrombetriebes kurz zu verfolgen.

Die ersten Gedanken, Wechselstrom zu verwenden, liegen bis zum Jahre 1886 zurück, wo Wilhelm v. Siemens für die Firma Siemens & Halske am 18. I. 1886 ein Patent nachsuchte: auf elektrischen Fahrzeugen Transformatoren

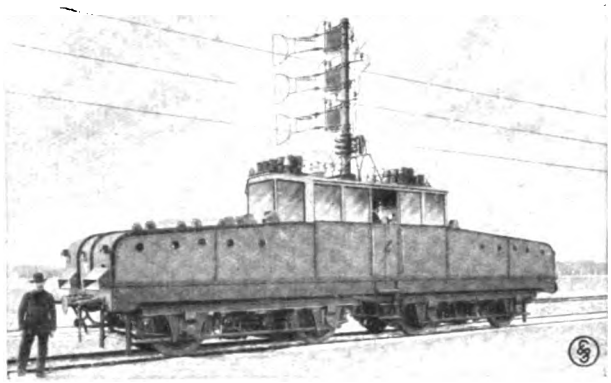


Abb. 54. Elektrische Lokomotive Marienfelde–Zossen, Drehstrom 10000 V in Fahrleitung und Motoren, Höchstgeschwindigkeit 150 km/h.

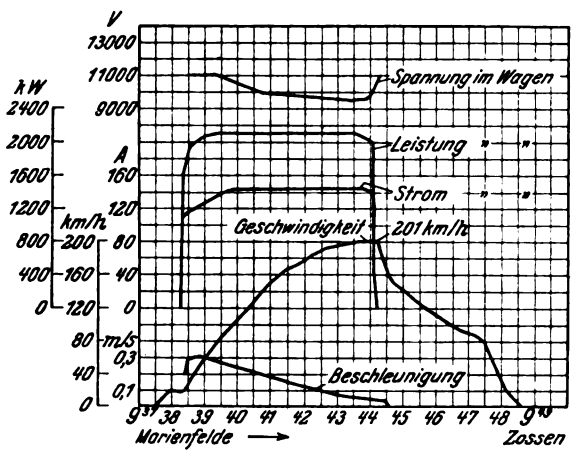


Abb. 55 Fahrschaulinien der Versuchsfahrt am 6. X. 1903.

(damals Voltainduktoren genannt) zu verwenden, welche die hohe zugeführte Fahrdrahtspannung in für die Motoren passende niedrigere Spannung umwandeln sollten. Im Zusammenhang hiermit wurden im Jahre 1892 auf einer kurzen Probebahn im Charlottenburger Werk Betriebsversuche mit einem Drehstrommotor vorgenommen, der 1893 auf der Weltausstellung in Chicago ausgestellt war, und es wurden in den Jahren 1899 und 1900 Versuche angestellt, die von mir auf einer Versuchsbahn[5] in Lichterfelde bei Berlin mit einer Probelokomotive für Spannungen bis 10 000 V (Abb. 51) durchzuführen waren und die damit endigten, daß die Betriebsfähigkeit erwiesen wurde. Abb. 51 gibt eine Darstellung von der Zufriedenheit meines hochverehrten Auftraggebers, des um die Elektrotechnik hochverdienten Geheimrats W. v. Siemens, der gemeinsam mit seinem Bruder Carl Friedrich an einer Versuchsfahrt teilgenommen hatte. Die Erfolge waren so ermutigend, daß daraufhin eine Gesellschaft, genannt Studiengesellschaft für elektrische Schnellbahnen, gegründet wurde, an der außer Siemens & Halske und AEG eine große Zahl deutscher Firmen beteiligt war. Sie unternahm, gestützt auf die erprobten Einzelheiten, Versuche in größerem Maßstabe, die in den Jahren 1901 und 1903 auf der Versuchsbahn von Berlin-Marienfelde nach Zossen vor sich gingen (Abb. 52). Die Probefahrten mit einem viermotorigen Motorwagen[6] der Firma Siemens & Halske (Abb. 53) führten erstmalig[7] am denkwürdigen 6. X. 1903 zur Erreichung der angestrebten Fahrgeschwindigkeit von

[5] Reichel, ETZ 1900, S. 453.
[6] Reichel, ETZ 1901, S. 671, 745, 776, 841; 1902, S. 685.
[7] Reichel, Berliner Woche 1903, H. 42 vom 17. X.

Digitized by Google

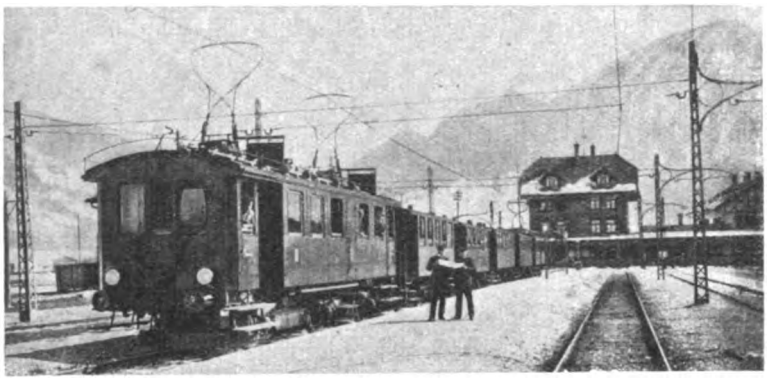


Abb. 56. Triebwagenzug der Einphasen-Wechselstrombahn Murnau - Oberammergau.

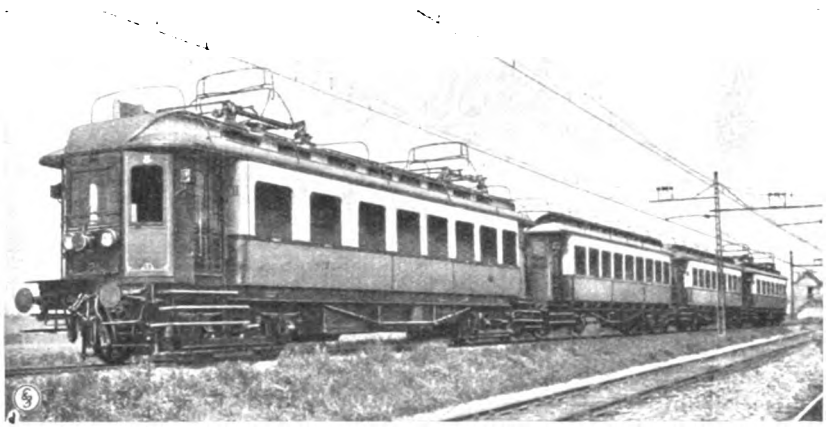


Abb. 57. Blockzug der Einphasen-Wechselstrombahn Rotterdam—Haag - Scheveningen.

faßte, einerseits aus Gründen des Spannungsabfalls, anderseits aus Gründen der Kommutierung am Motor niedrigere Frequenzen von 15, 16⅔ und 25 Hz anzuwenden. Die Folge dieses Entschlusses war die Erstausführung der SSW im Jahre 1904/05 der elektrischen Nebenbahn Murnau — Oberammergau mit 15 Hz, 5000 V (Abb. 56), die Elektrisierung der Stubaitalbahn 1905 und weiter die Erstausführung der Preußischen Staatsbahn in Gestalt der elektrischen Vorortbahnen Hamburg—Blankenese—Ohlsdorf (1906/07), die mit 25 Hz, 6000 V mit Blockzügen, bestehend aus Motorwagen mit Schützensteuerung und Beiwagen, 1908 in Betrieb kam. Zu derselben Zeit wurde auch die elektrische Ausrüstung der holländischen Städtebahn Rotterdam—Haag—Scheveningen mit 25 Hz, 10 000 V durch die SSW vorgenommen (Blockzüge, Abb. 57). Dabei wurde auch die Fahrleitung durch Einführung der Vielfachaufhängung auf einen hohen Stand der Betriebstüchtigkeit gebracht, so daß Fahrgeschwindigkeiten von 100 km/h leicht erreicht werden konnten (Abb. 58). Nach und nach folgte eine ganze Reihe anderer Bahnen in Deutschland, in der Schweiz, in Schweden und in Amerika usw. Bei der Ausbildung der elektrischen Ausrüstung der Fahrzeuge in Gestalt von Motorwagen konnte man sich an die bereits bekannten Gleichstromausführungen anlehnen und hatte nur nötig, die Einzelheiten sozusagen in die Wechselstromart zu übersetzen, die Motoren für 350/500 V zu bauen, die einzelnen Transformator-Niederspannungsabteilungen mit Hilfe von Steuerschützen zu schalten und die ganze Schaltausrüstung als solche für Vielfachsteuerung unter dem Wagenfußboden anzubringen (Abb. 59). Für Lokomotiven war es bequemer, die Schütze in einem Schrank unterzubringen (Abb. 60). Das Neue an dem Fahrzeug

200 km/h und bewiesen, daß der hochgespannte Drehstrom (Wechselstrom) von 10 000 bis 14 000 V Spannung mit besonders gestalteten Bügeln von den Fahrleitungen selbst bei den hohen Geschwindigkeiten der Motorwagen oder Lokomotiven[8] betriebsicher abgenommen werden konnte (Abb. 54). Damit war der volle Beweis der Betriebsfähigkeit der Wechselstrom-Hochspannung erbracht, die trotz großer Energiemengen von 2100 kW mit verhältnismäßig niedrigen Strömen von nicht viel über 140 A auskam (Abb. 55).

Das Bequemste war nun, den Drehstrom weiter zu verfolgen, wie es in der Folgezeit hauptsächlich in Italien geschah (erste elektrische Drehstrombahn am Comer See von Lecco nach Colico und Sondrio, ausgeführt von Ganz & Co. Anfang des neuen Jahrhunderts).

Viele Eisenbahner und mit ihnen viele eisenbahntechnisch denkende Elektroingenieure wie auch ich selbst konnten sich jedoch mit dreipoliger Seitenfahrleitung oder mit der doppelpoligen Drehstrom-Oberleitung nicht abfinden, sondern mußten ihre Gedanken auf eine tunlichste Vereinfachung und einfache Fahrleitung richten, also auf hochgespannten Wechselstrom. Daher war es notwendig, die Entwicklung eines Wechselstrom-Reihenschlußmotors wieder aufzunehmen, der bereits im Jahre 1891 von Görges angegeben war, damals aber fallen gelassen wurde, weil die Kommutierung gewisse Schwierigkeiten machte. Die Entwicklung konnte jetzt wieder aufgenommen werden, weil man zur Stromzuführung am Kommutator erstens die Kohlebürsten auf einen brauchbaren Stand von Betriebsicherheit gebracht hatte, und zweitens weil man den Entschluß

[8] Reichel, ETZ 1904, S. 486.

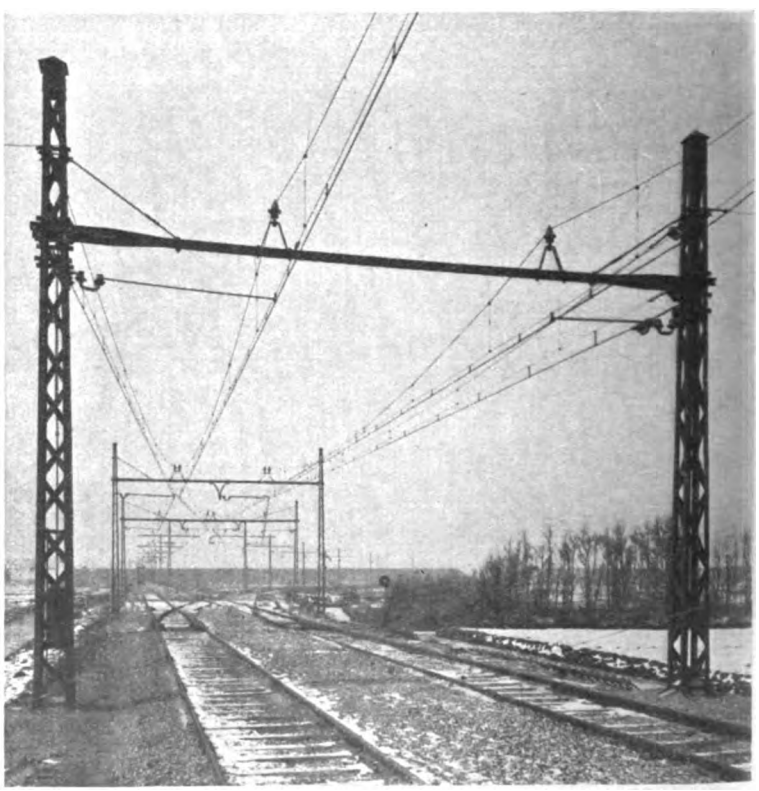
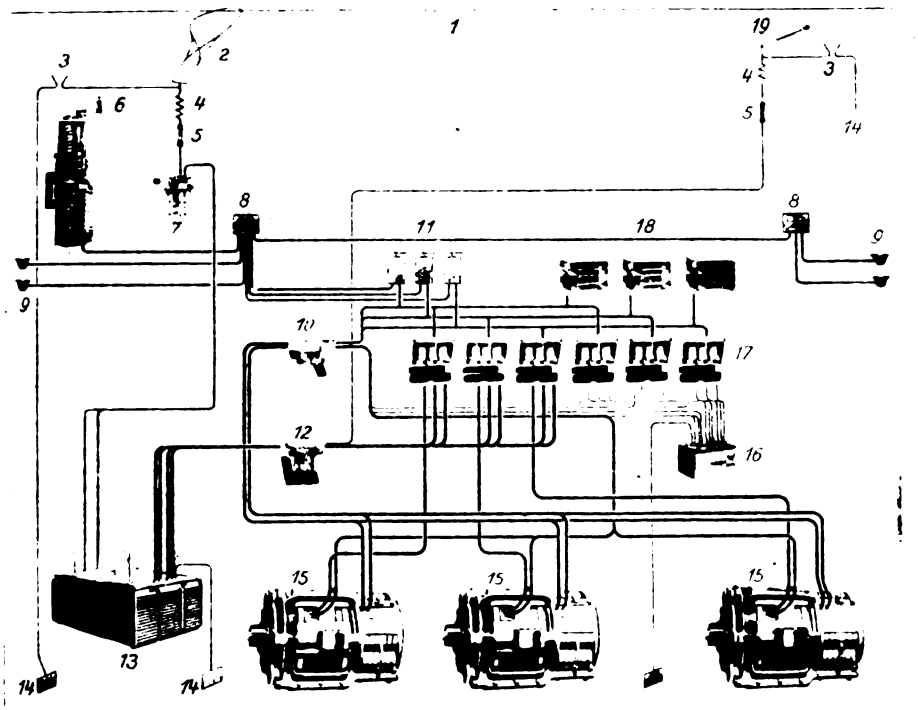


Abb. 58. Fahrleitung mit Vielfachaufhängung, Bauart 1907, 10 kV, Einphasen-Wechselstrombahn Rotterdam—Haag - Scheveningen.

Digitized by Google

war lediglich der Transformator, dessen Durcharbeitung und Unterbringung aber keine besonderen Schwierigkeiten verursachen konnte. Für Verwendung auf Lokomotiven konnte der Transformator durch energische Ölumlaufkühlung zu einem hohen Stand der Ausnutzung gebracht werden; die Schütze sind bei neueren Transformatoren unmittelbar mit den Stromableitungen verbunden auf dem Deckel aufgebaut (Abb. 61). Die Bügelstromabnehmer mußten zwar für die höhere Spannung auf größere Isolatoren gesetzt werden, waren aber für die Zuführung der Energie zum einzelnen Fahrzeug ohne weiteres geeignet, da bei einer Abnahme von nur 200 A bei 15 kV Spannung durch einen Bügel bereits 3000 kVA auf das Fahrzeug übergeleitet werden konnten (Abb. 62).



1 Fahrleitung
2 Hochspannungs-Stromabnehmer
3 Blitzableiter
4 Drosselspulen
5 Hauptsicherungen
6 Führerschalter
7 Höchststrom-Ölschalter
8 Verbindungskasten
9 Steuerstromkupplungen
10 Fahrtwender
11 Motortrennschalter
12 Spannungswähler
13 Haupttransformator
14 Erdung
15 Fahrmotoren, Bauart Winter Eichberg
16 Erregertransformator für 15
17 Steuerschützen
18 Steuerstromwiderstände
19 Niederspannungs-Stromabnehmer für Fahrt im Schuppen

Abb. 59. Vielfachsteuerung für Einphasenwechselstrom (Blankenese—Ohlsdorf, alte Bauart).

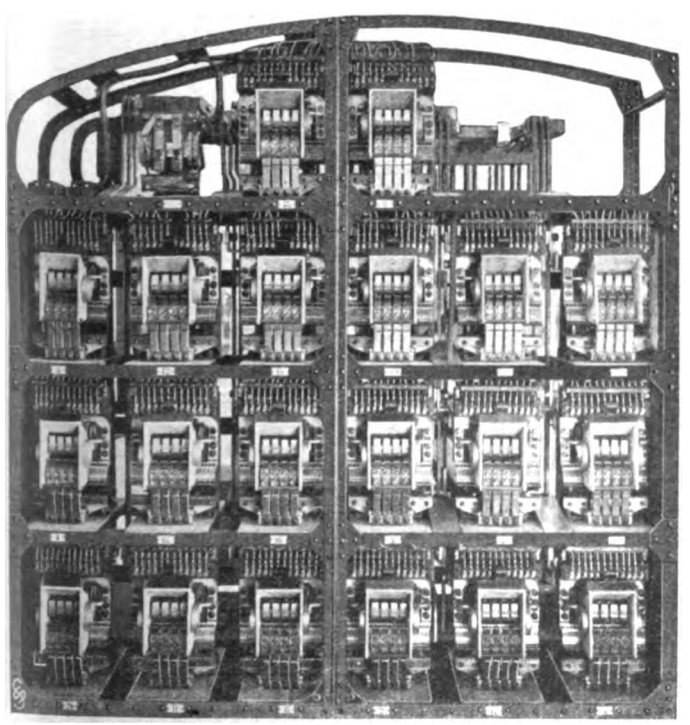


Abb. 60. Schützengerüst der 1 C + C 1 Lokomotive der Riksgränsbahn, Bauart 1913.

Auch für die Ausgestaltung von Lokomotiven waren mit der Entwicklung des Wechselstromsystems weitgehende Aussichten eröffnet, und die Jahre nach 1904 brachten daher auch auf dem Gebiete des Lokomotivbaues recht gute Erfolge und eine ganz außerordentlich starke Entwicklung, die bis in die letzte Zeit reichte und durch eine der neuesten Lokomotiven[9] der letzten Jahre, gebaut 1927/28 von den SSW als Bauform 1 $B_0 + B_0$ 1, gekennzeichnet sind

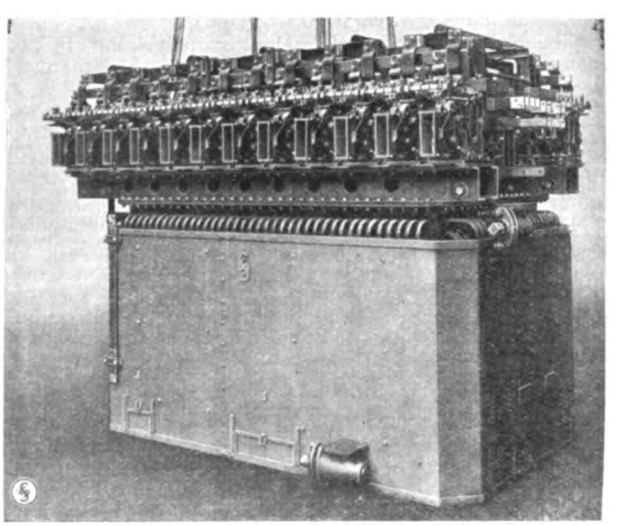


Abb. 61. Öltransformator der 1 $B_0 + B_0$ 1-Lokomotive

(Abb. 63), bei der es gelang, fremdgelüftete Motoren von 500 kW Dauerleistung mit nur 9,1 kg/Dauerkilowatt herzustellen, während der jetzige eigengelüftete Stadtbahnmotor ein Gewicht von 23,5 kg/Dauerkilowatt aufweist.

[9] Zentralbl. el. Zugbetrieb 1928, H. 1.

Digitized by Google

Wie scharf die Konkurrenz des Wechselstroms geworden ist, geht am besten aus Untersuchungen hervor, welche bezüglich der Gewichte elektrischer Lokomotiven aufgestellt worden sind. Hiernach ist das Gewicht von Wechselstromlokomotiven mit 30 kg/kW Stundenleistung zu halten und keinesfalls höher als dasjenige von Gleichstromlokomotiven für 1500 V Spannung, während es sich bei amerikanischen Gleichstromlokomotiven für 3000 V Spannung auf rd. 50 kg/kW Stundenleistung stellt. Auf diese Entwicklung der Wechselstromlokomotiven noch weiter einzugehen, muß ich mir an dieser Stelle versagen. Der Betrieb mit einphasigem Wechselstrom trat aber infolge der offensichtlichen Erfolge der neuen Stromart gegenüber dem Gleichstrom als sehr ernst zu nehmender Konkurrent nicht bloß für Fernstrecken, sondern auch für Vorortbahnen auf. Solche Probleme wie die der Elektrisierung der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen wurden daher auch für Wechselstromausrüstung mit großem Ernst in Frage gezogen, hauptsächlich für Verwendung von Motorwagenbetrieb, anderseits für Verwendung in lokomotivähnlichen Fahrzeugen, d. h. schweren Triebgestellen für Motorwagen.

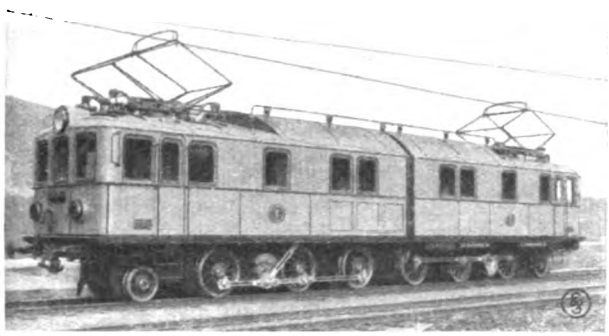


Abb. 62. 1 C + C 1 Lokomotive der Riksgränsbahn, Bauart 1913.

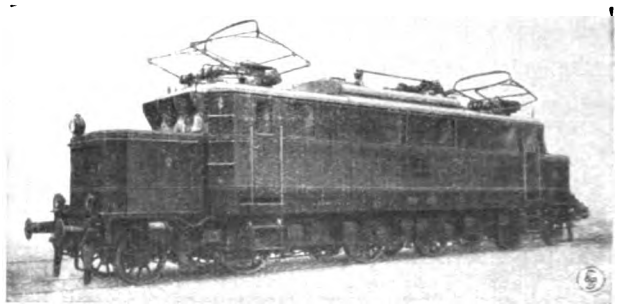


Abb. 63. 1 $B_0 + B_0$ 1-Schnellzuglokomotive.

Eine ganze Reihe von Untersuchungen[10] entstand auf Anregung des verstorbenen Geheimrats Wittfeld in der Richtung der Konzentration[11] von Triebkraft, wobei insbesondere Entwürfe der sog. schweren Stadtbahntriebgestelle auch zu verschiedenen anderen Versuchsbauten führten, zu denen im Frühjahr 1913 vom Preußischen Landtag erhebliche Mittel bewilligt wurden. Diesen Gedankengängen entstammt auch der Entwurf des sog. Stadtbahn-Versuchszuges mit SSW-Ausrüstung für 15 kV, 16⅔ Hz.

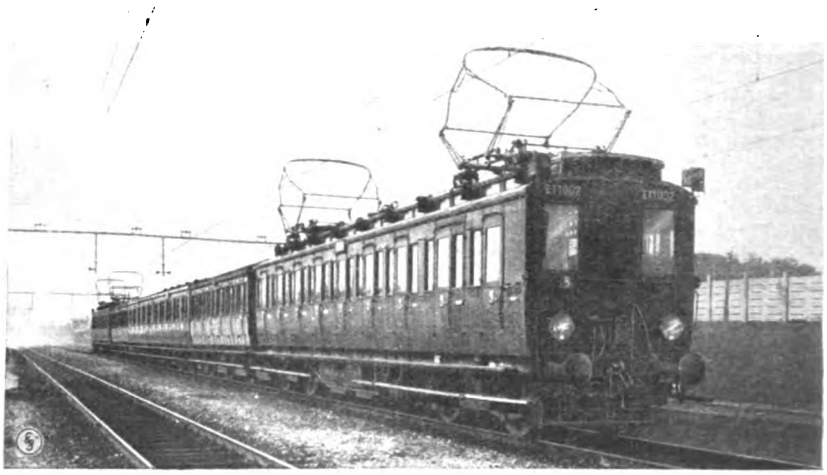


Abb. 64. Der alte 1 A + A 1-Triebwagen der Reichsbahn in Schlesien (Stadtbahn Versuchszug).

der später bei den schlesischen Bahnen in Betrieb kam (Abb. 61).

[10] Reichel, El. Kraftbetr. u. Bahnen 1907, S. 201, 221, 241, 265, 289.

[11] Daß nach Eröffnung der Hochbahn nicht gleich die Stadtbahn folgte, sondern eine längere Zeit verging, die mit Überlegungen über die Eignung von Wechselstrom für die Stadtbahn ausgefüllt war, kann man dem damals maßgebenden Dezernenten, dem verstorbenen Geheimrat Wittfeld, auch heute noch nicht verdenken, nachdem inzwischen der Wechselstrom ebenfalls auf einen sehr hohen Stand der Entwicklung gebracht ist, so daß er zwar auch für Motorwagenbetrieb, aber wesentlich stärker für Lokomotivbetrieb geeignet ist. Hierfür dürfte folgender Vergleich von Interesse sein. Ein Gleichstrom-Stadtbahnzug, bestehend aus 4 Motorwagen und 4 Steuerwagen, wiegt vollbesetzt 344 t und faßt 1208 Plätze, jeder Platz kostet also rd. 285 kg Gewicht.

4 Motorwagen je 37,8 t = 151,20 t
616 Sitz- u. Stehplätze je 0,07 t = 43,12 t
4 Steuerwagen je 27,0 t = 108,00 t
592 Sitz- u. Stehplätze je 0,07 t = 41,44 t
zus. 343,76 t

} Symmetrischer Blockzug, bestehend je zur Hälfte aus Motorwagen und aus Steuerwagen.

Ein ganz ähnlicher Wert ergibt sich übrigens auch für die Hochbahnzüge. Einer dieser Achtwagenzüge wiegt besetzt 210 t und faßt 700 Plätze, so daß jeder Platz 300 kg Gewicht kostet.

4 Motorwagen je 25,0 t = 100,0 t
4 Beiwagen je 15,3 t = 61,2 t
700 Plätze je 0,07 t = 49,0 t
zus. rd. 210,0 t

352 Sitz- u. Stehpl.
348 „ „ „
700 „ „ „

} Symmetrischer Blockzug, bestehend je zur Hälfte aus Motorwagen und aus Beiwagen.

Ein Zug, bestehend aus einer vierachsigen viermotorigen Wechselstromlokomotive und 8 Beiwagen, würde 1280 Plätze fassen und 369,6 t wiegen, so daß jeder Platz rd. 288 kg Gewicht kosten würde.

1 Lok. mit 4 Treibachsen = 80,0 t
8 Beiwagen je 25 t = 200,0 t
1280 Personen je 0,07 t = 89,6 t
zus. rd. 369,6 t

} Wechselstrom-Lokzug mit acht Beiwagen ohne Stromabnehmer und Steuereinrichtungen.

Der Wechselstromlokzug kann mit etwa 0,5 m/s² angefahren werden. Denn bei einem Adhasionskoeffizienten von etwa ¼ bekommt die Lokomotive mit Hilfe der Transformatorstufen von 5 .... 45 km/h Geschwindigkeit mit Sicherheit rd. 20 t Zugkraft, wovon 18,5 t für Beschleunigung verbleiben, so daß bei einem Gewicht von 369,6 t eine Beschleunigung von $\frac{18{,}5}{37{,}6} \approx 0{,}5$ m/s² herauskommt. Dieser Zug hat in der Lokomotive eine Dauerleistung von 4 · 350 = 1400 kW, während der Stadtbahnzug eine solche von 16 · 63 ≈ 1000 kW aufzuweisen hat. Das Verhältnis der Gewichte $\frac{369}{344} \approx 1{,}07$ ist viel kleiner als das Verhältnis der eingebauten Dauerleistung von 1,4.

Das Beispiel soll nur dartun, daß auch bei Verwendung des Wechselstroms viele Möglichkeiten für weiten Vorortverkehr, z. B. Berlin—Jüterbog oder Potsdam—Erkner hätten gegeben sein können, was Wittfeld zu seiner Zeit schon vorausgesehen hat.

(Fortsetzung folgt.)

Digitized by Google

Eigene Krafterzeugung oder Strombezug.

Nicht nur bei der Neueinrichtung industrieller Anlagen, auch bei der laufenden Überprüfung ihrer Wirtschaftlichkeit steht die Frage nach der zweckmäßigsten Betriebskraft an vorderster Stelle. Um sie befriedigend zu beantworten, muß man das Unternehmen zunächst in seinen kleinsten Betriebsteilen, den Arbeitsmaschinen erforschen, die Bedingungen ihrer zweckmäßigen Zusammenfassung feststellen, den zeitlichen Ablauf ihres Kraftbedarfs über ein ganzes Jahr hin beobachten bzw. bei Neueinrichtung durchdenken und in ähnlicher Weise auch den Wärmebedarf untersuchen. Auch die besonderen, von der Regel abweichenden Forderungen, die hinsichtlich Betriebsicherheit zu stellen sind, müssen festgelegt werden. Hat man in dieser Weise die charakteristischen Daten der Anlage gleichsam zu einem Bilde vereinigt, so kann man außerhalb des Betriebes mit dem Rechenschieber eine engere Auswahl unter den Möglichkeiten der Energiebeschaffung treffen. Das Rüstzeug für solche Auswahl sind die Betriebsergebnisse ähnlicher Unternehmungen, um deren Sammlung und bequeme Zusammenfassung sich in jüngster Zeit Dipl.-Ing. Rollwagen, M.-Gladbach, ein Verdienst erworben hat. In einem Vortrag[1], über den nachfolgend berichtet werden soll, hat er die charakteristischen Betriebswerte der für die Versorgung von kleinen und mittelgroßen Kraftbetrieben bis zu einer Leistung von 2000 kW in Betracht kommenden Kraftmaschinen nach dem gegenwärtigen Stande bekanntgegeben, so daß man in der Lage ist, für jede vorhandene Nennleistung und Betriebsbelastung, für ein- und mehrschichtigen Betrieb, für jeden Betriebstoff und für jeden Betriebstoffpreis durch einfache Umrechnung eine Vorentscheidung zu treffen. Der mit dieser Aufgabe betraute Ingenieur wird sich alsdann wieder dem Betriebe bzw. dem Projekt zuwenden, um durch Einholung von Kostenanschlägen, Aufmachung von Betriebskostenberechnungen und Verhandlungen mit der Überlandzentrale schließlich die zweckmäßigste Lösung zu finden.

1. Gewichts- und Energiepreise verschiedener Brennstoffe.

Brennstoff	Heizwert	Preis je 100 kg	Wärmepreis je 860 kcal
	kcal	RM	Pf
Steinkohle	7500	2,2	0,25
Rh. Rohbraunkohle	2000	0,4 ... 0,8	0,17 ... 0,34
Braunkohlenbriketts	4800	1,5	0,27
Benzin	10300	26	2,17
Benzol	9300	36	3,33
Gasöl	10000	12	1,03
Leuchtgas	5000	0,22 RM m³	3,78
Hochofengas	900	0,002 „	0,19
Koksofengas	4000	0,008 „	0,17

Rollwagen setzt für seine Untersuchungen die in Zahlentafel 1 wiedergegebenen Betriebstoffe und Preise voraus und zeigt, daß von vornherein wegen ihres hohen Wärmepreises die Kraftstoffe Benzin, Benzol und Leuchtgas ausgeschieden werden müssen. Indem er auf den Garantieverbrauch der Brennkraftmaschinen in Rücksicht auf Lastschwankungen und Anwärmen 5 ... 7 %, bei Dampfkraftanlagen in Rücksicht auf die Hilfsmaschinen, Lastschwankungen und das Anheizen 16 % (Dauerbetrieb = 7000 h/Jahr) bzw. 41 % (einschichtiger Betrieb = 2700 h je Jahr) aufschlägt, kommt er auf die Betriebswirkungsgrade. Als mittlere Belastung sind dabei drei Viertel der Nennleistung zugrundegelegt. Aus den Wirkungsgraden und dem Wärmepreis des Brennstoffs kann man nun die Brennstoffkosten jeder Betriebsart berechnen. Um auf die Betriebskosten zu kommen, sind noch etwa folgende Zuschläge zu machen:

5 % für Wasserbeschaffung,
5 ... 10 „ für Schmier- und Dichtungstoffe bei Kolbendampfmaschinen,
1 ... 5 „ für Schmier- und Dichtungstoffe bei Turbinen,
10 ... 15 „ für Schmier- und Dichtungstoffe bei Dieselmotoren,
10 ... 10 „ für Löhne bei Dampfkraftanlagen,
5 ... 20 „ für Löhne bei Dieselmotoren.

In einer weiteren Zahlentafel ist den so errechneten Betriebskosten der eigenen Kraftanlage der Strompreis bei einem Hochspannungsanschluß an das RWE. umgerechnet auf Niederspannungsverbrauch, gegenübergestellt.

Die außerordentlich niedrigen Betriebskosten der Großgasmaschine erklären sich aus dem minimalen Gaspreis von 0,8 Pf/m³, mit welchem Rollwagen rechnet, der jedoch offenbar nur für die eigenen Betriebe einer Grube gültig ist. Der niedrigste Vertragspreis, der bei Gasfernversorgung noch innerhalb Rheinland-Westfalens frei Gasbehälter Großverbraucher genannt wurde, war bekanntlich 2,9 Pf/m³. Bei diesem Preise verkehrt sich das Bild in sein Gegenteil. Dies ist auch wohl der Grund, weshalb bei den weiteren Vergleichen die Gasmaschine außer Betracht gelassen wurde, zumal sie auch hinsichtlich ihrer Anlagekosten den anderen Betriebsanlagen unterlegen ist.

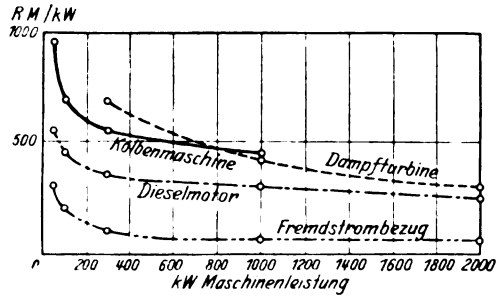


Abb. 1. Anlagekosten bei Fremdstrombezug und eigener Krafterzeugung.

Von besonderer Bedeutung ist Abb. 1, die die Anlagekosten je 1 kW Nennleistung in Abhängigkeit von der Maschinenleistung zeigt, da diese sich nach dem Kriege wesentlich verändert haben und neuere Veröffentlichungen äußerst spärlich sind. Die Kosten sind berechnet für den Fall der Aufstellung nur eines Maschinensatzes. Baulichkeiten sind eingeschlossen. Für die Kosten des Überlandzentralenanschlusses ist eine zugeführte Spannung von 10 kV zugrunde gelegt. Bei der Berechnung der Gesamtkosten (Zahlentafel 2) ist für Kapitaldienst und Unterhaltung mit 18 % bei Maschinen und Kesseln, mit 13 % für Gebäude gerechnet, Sätze, die nicht übertrieben erscheinen, wenn man bedenkt, daß erste Hypotheken heute kaum unter 10 ... 11 % zu erhalten sind. Es zeigt sich, daß bei einschichtigem Betrieb nur der Dieselmotor ernsthaft in Wettbewerb mit dem Strombezug treten kann; die Dampfturbine fängt erst bei Leistungen von 1000 kW an wirtschaftlich zu werden. Beim Dauerbetrieb ist sie schon von 500 kW an überlegen, der Diesel bringt dagegen nur in den kleinsten Einheiten einen gewissen Vorteil.

2. Gesamtkosten der abgegebenen kWh in Pf bei reiner Krafterzeugung.

Generatornennleistung kW	50	100	300	1000	2000
Einschichtiger Betrieb: kWh	101 250	202 500	607 500	2 025 000	4 050 000
Kolbenmaschine mit Kesselanlage	14,9	11,5	9,1	7,4	—
Dampfturbine mit Kesselanlage	—	—	10,0	6,7	5,2
Dieselmotor mit Generator	10,5	9,0	7,6	6,7	5,9
RWE-Strom	11,7	10,5	7,8	5,9	5,4
Dauerbetrieb: kWh	262 500	525 000	1 585 000	5 250 000	10 500 000
Kolbenmaschine mit Kesselanlage	8,6	6,8	5,4	4,4	—
Dampfturbine mit Kesselanlage	—	—	5,9	3,9	3,2
Dieselmotor mit Generator	7,6	6,5	5,6	5,1	4,5
RWE-Strom	8,3	7,1	5,6	4,8	4,7

Schwierig wird der Überlandzentrale ihr Wettbewerb dort, wo eigene Kraftanlagen, wenn auch abgeschrieben, bereits vorhanden sind. Noch nicht abgeschriebene Kapitalien belasten natürlich erst recht jede Betriebsveränderung. Erst wenn der Brennstoffverbrauch oder die Unterhaltungskosten sich gegenüber neuen Anlagen wesentlich verschlechtert haben, kann dann ein Anschluß eine betriebliche Verbilligung mit sich bringen. Ebenso ungünstig liegen die Verhältnisse für den Fremdbezug, wenn die betreffende Industrieanlage einen erheblichen Wärmebedarf besitzt, den sowohl Dampfkraftanlagen als Dieselmotoren durch Abwärmeverwertung decken können. Da jedoch der Wärmebedarf in der Regel noch größeren zeitlichen Schwankungen als der Kraftbedarf unterliegt, hat sich eine dritte Betriebsart, Eigenerzeugung und Strombezug, vielfach eingeführt, wobei die eigene Kraftanlage wegen ihrer stärkeren Belastung mit Kapitallasten die Grundbelastung und die Zeit des stärkeren Wärmebedarfs übernimmt. Dieser kombinierte Betrieb erfüllt gleichzeitig in hohem Maße die Anforderungen hinsichtlich Betriebsicherheit[1].

Dr.-Ing. Schultze, Berlin.

[1] Von dem Vortrag ist ein Sonderdruck erhältlich.

[1] Vgl. auch ETZ 1926, S. 21.

Digitized by Google

Hierzu bemerkt Herr Dipl.-Ing. Rollwagen:

In der ETZ 1911, S. 67. sind die Ergebnisse einer Umfrage bei zahlreichen Kraftwerken von Kleinbahnverwaltungen über Kosten eigener Stromerzeugung wiedergegeben. Da die Zahlentafel s. Z. große Aufmerksamkeit in Fachkreisen gefunden hat, inzwischen aber überholt ist, so verlohnt es sich, sie an Hand heutiger Zahlen neu aufzustellen (Zahlentafel 3), womit sich gleichzeitig ein Vergleich der Verhältnisse vor dem Kriege mit denen nach diesem ergibt. Bei der Neuaufstellung sind die Verhältnisse für einschichtigen Betrieb mit 2700 Betriebstunden im Jahr zugrundegelegt und an Stelle der Sauggasanlagen der heute viel wichtigere Überlandstrombezug betrachtet. Es mußte jedoch hierfür ein einzelner Tarif herangezogen werden, und als solcher wurde der Normaltarif des RWE für Hochspannungsbezug von 10 kV gewählt, wobei sämtliche Kosten auf Niederspannungs-kWh umgerechnet wurden. Bei den Anlagekosten sind wirklich entstandene Auslagen für Zuleitungskabel und Schaltstelle eingesetzt; nicht verschwiegen sei jedoch, daß dieser Teil der Kosten zuweilen viel niedriger gewesen ist. Daher wurde in Klammern unter Stromkosten je Jahr der entsprechende nackte Strompreis je 1 kWh Niederspannungstrom angefügt. Der Kostenvergleich gibt die Erklärung, warum bei Kleinanlagen der so bequeme Überlandstrombezug so große Ausdehnung nehmen konnte, und daß auch der Dieselmotor noch ein ernsthafter Bewerber ist, während bei der hier betrachteten reinen Krafterzeugung in Kleinanlagen die Dampfkraft zurücktritt. Interessant ist der Kostenvergleich mit 1911, wobei noch bemerkt sei, daß beim Überlandstrom nur ein geringer Zuwachs erfolgt ist.

3. Stromkosten für verschiedene Erzeugungsarten, verglichen mit Vorkriegsverhältnissen, wie sie in der ETZ 1911, S. 67, wiedergegeben waren.

Kosten	PSe / kW	Dieselmotor			Dampfmaschine			RWE-Strom 10 kV		
		35 / 23	80 / 53	160 / 106	35 / 23	80 / 53	160 / 106	35 / 23	80 / 53	160 / 106
Grund und Boden, Gebäude, Fundamente, Mauerung .	RM	3 300	5 200	9 000	9 600	14 400	17 200	3 700	5 900	7 000
Maschine, Leitungen, Generator, Ölbehälter, Kondensator, Transformator, Schaltanlage	„	13 000	24 000	39 000	9 600	20 000	35 000	5 500	10 000	14 200
Dampfkessel und Zubehör	„	—	—	—	11 000	16 400	21 000	—	—	—
Gesamte Anlagekosten	RM	16 300	29 200	48 000	30 200	50 800	73 200	9 200	15 900	21 200
(dieselben 1911)	„	(13 900)	(21 500)	(38 320)	(17 000)	(26 600)	(39 520)	(—)	(—)	(—)
Anlagekosten je kW	„	710	550	450	1 310	960	690	400	300	200
Jährliche Ausgaben:										
Kapitalzinsen und Unterhaltung 8%	RM	1 305	2 340	3 840	2 420	4 070	5 860	740	1 270	1 700
Abschreibung:										
Gebäude 5%	„	165	260	450	480	720	860	185	295	350
Maschinen und Kessel 10%	„	1 300	2 400	3 900	2 060	3 640	5 600	550	1 000	1 420
Brennstoff bzw. Strom	„	2 380	4 400	8 370	2 960	4 830	8 580	4 690	9 980	19 100
								(10)	(9,3)	(8,9)
Schmierung, Kühlung usw.	„	300	500	800	300	540	860	—	—	—
Löhne	„	1 500	1 500	1 800	1 800	2 140	3 000	—	—	—
Zusammen	RM	6 950	11 400	19 160	10 020	15 940	24 760	6 165	12 545	22 570
(dasselbe 1911) . . .	„	(4 660)	(6 960)	(11 648)	(6 976)	(11 444)	(17 744)	(—)	(—)	(—)
Jahreskosten je kW	„	302	215	181	436	301	234	268	237	213
(dieselben 1911)	„	(202)	(131)	(110)	(303)	(216)	(167)	(—)	(—)	(—)
Kosten je kWh	Pf	14,9	10,5	9,0	21,5	14,9	11,5	13,2	11,7	10,5
Zugrunde gelegte kWh	„	46 600	107 300	214 500	46 600	107 300	214 500	46 600	107 300	214 500
(für 1911 angegeben je PSe Std)	„	(4,92)	(3,24)	(2,66)	(6,60)	(5,24)	(4,08)	—	—	—
oder je kWh etwa	„	7,4	4,9	4,0	9,9	7,9	6,1	—	—	—

Drahtlose Fernlenkung von Fahrzeugen.

Auf der Seine haben mit drahtloser Fernlenkung unternommene Versuche mit schnellfahrenden Motorbooten stattgefunden, die befriedigend verlaufen sein sollen[1]. Es sind für diese Versuche verschiedene Bootstypen verwendet worden, die eine Länge von 12 ... 16 m, eine Breite von 3 ... 3,5 m und etwa 1 m Tiefgang hatten. Angetrieben wurden die Boote von 2 Motoren zu je etwa 500 bzw. 700 PS, durch die sie eine Geschwindigkeit von 70 km/h erreicht haben sollen.

Bei dem zur Fernlenkung benutzten System wurden die mit den selbsttätigen Fernsprechanlagen gewonnenen Erfahrungen verwendet. Jedes auszuführende Manöver wird durch eine Zahl dargestellt; entsprechend dieser Zahl wird drahtlos eine Anzahl Impulse, beispielsweise eine Reihe von Punkten, ausgesendet. Die Dauer jedes Punktes beträgt $^1/_{10}$ s. Durch solche Steuer-Punktreihen werden die auszuführenden Manöver vorbereitet, indem der für die beabsichtigte Bewegung in Frage kommende Relaisstromkreis geschlossen wird, während erst beim Empfang eines zweiten Zeichens, des Ausführungskommandos, dieser Kreis Strom erhält. Das Ausführungskommando wird durch einen einzigen Punkt dargestellt. Durch Senden eines zweiten Punktes kann der Strom wieder abgeschaltet werden, so daß man es durch beliebige Wiederholung dieses Ausführungs- und Stoppunktes in der Hand hat, seine Anordnungen abzustufen, um eine bestimmte Wirkung zu erzielen.

Die für die Steuerung des Fahrzeuges erforderlichen Zeichen werden durch einen mit Mittelfrequenz modulierten Röhrensender von etwa 100 W Leistung gegeben, während sich an Bord des Fahrzeuges ein auf die Trägerwelle abgestimmter Empfänger befindet mit einer Siebkette, die auf die Modulationswelle abgestimmt ist. Hinter den Empfänger ist eine Relaisanordnung geschaltet, die aus einem Wählersystem und einer Anzahl in Reihe geschalteter Relais besteht, die durch diese Wähler gesteuert werden. Entsprechend dem Empfang einer Vorbereitungs-Punktreihe werden diese Relais nacheinander erregt, wobei jedes Relais einen Kreis steuert, der einer bestimmten Bewegung entspricht. Ferner sind noch zwei Relais vorhanden, die abwechselnd unter Einwirkung des Ausführungs- und Stoppunktes betätigt werden, um den Strom für den vorbereiteten Relaiskreis ein- oder auszuschalten, und schließlich noch ein Relais, das bei Empfang des Nullzeichens anspricht.

Für die Versuche waren folgende Kommandos vorgesehen: Anlassen, Abstellen und Geschwindigkeitsregelung der Antriebsmotoren, Ruderlagen nach Steuerbord und Backbord sowie Ein- und Ausschalten eines Scheinwerfers; außerdem war noch ein Kommando verfügbar für die Entzündung einer Sprengladung. Zum Anlassen der Antriebsmotoren öffnet der Stromkreis eines Elektromagneten das Ventil einer mit kohlensäurehaltiger Preßluft gefüllten Flasche, so daß die Luft über den Vergaser in die Zylinder tritt; ein weiteres Relais setzt die Zündmaschinen in Betrieb, wodurch das Anlassen erfolgt. Zur Steuerung des Fahrzeuges ist die Ruderleitung mit einem Elektromotor gekuppelt, der durch zwei Relais für Links- oder Rechtslauf betätigt wird, je nachdem das Kommando Backbord- oder Steuerbordruder gegeben ist. In gleicher Weise wird der Scheinwerfer durch Schließen des dafür bestimmten Relaisstromkreises eingeschaltet. Die Stromversorgung für die verschiedenen Organe und Stromkreise erfolgt durch eine Akkumulatorenbatterie von 80 V in Pufferschaltung mit einer 500 W-Dynamo, die durch einen der Bootsmotoren angetrieben wird. — In einer Entfernung von 10 km vom Sender sollen diese Fahrzeuge im Verlauf zahlreicher Versuche sich als sehr brauchbar erwiesen und bei voller Belastung und großer Geschwindigkeit die beabsichtigte Richtung sehr genau gesteuert haben.

Fu.

[1] Génie civil Bd. 92, S. 113.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Zusatzisolator für Hochspannungsisolatoren. — Die beim Bau von Hochspannungsleitungen verwendeten Isolatorenstützen werden im allgemeinen direkt auf eiserne Träger geschraubt, welche an den Masten befestigt sind. Bei Steigerung der Spannung wächst aber die Gefahr, daß besonders bei Gewitterentladungen ein Überschlag nach dem Träger erfolgt. M. Briem und W. Stelling, Stade (Hannover), isolieren daher ihrem Deutschen Reichspatent zufolge die Stütze gegen den Träger gemäß Abb. 1

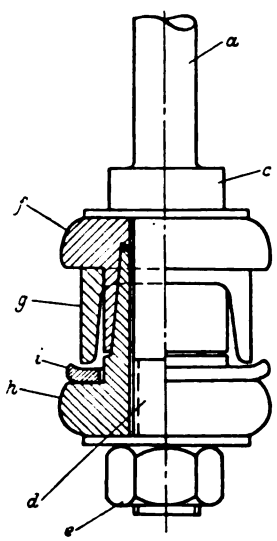


Abb. 1. Zusatzisolator.

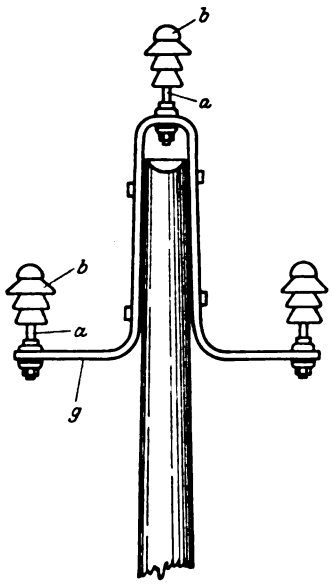


Abb. 2. Anordnung der Zusatzisolatoren am Mast.

Auf das untere Ende der Stütze wird eine isolierende Büchse *f* aufgesetzt, die in eine Bohrung des Trägers *g* eingreift, und in die von unten eine zweite ähnlich geformte Büchse *h* eingeschoben wird. Eine Zwischenlage *i* aus Metall verhindert die Beschädigung der Büchse *h* durch die scharfen Kanten des Trägers. Abb. 2 zeigt die Gesamtanordnung am Leitungsmast.

Der Zusatzisolator ermöglicht eine hochwertige Isolierung wie zwei normal große Hängeteller. Die Kosten betragen nur einen Bruchteil derjenigen für Umbau von Stützen auf Hängisolatoren. Mastverlängerungen sind nicht erforderlich. Der Umbau kann während des Betriebes vorgenommen werden und kleine Ecken und Winkel in der Leitung können bestehen bleiben.

Elektromaschinenbau.

Der Magnetisierungstrom eines asynchronen Drehstrommotors, welcher ein Wechseldrehfeld besitzt. — Es gibt Induktionsmaschinen, bei denen im Gegensatz zu den gewöhnlichen Asynchronmotoren mit kurzgeschlossenem Anker die Amplitude des magnetischen Drehfeldes veränderlich ist; zu solchen Maschinen gehören: der Kaskadenmotor von Hunt[1], der Synchron-Induktionsmotor mit Statorerregung nach dem Schema von Prof. Schenfer[2] und die doppeltgespeisten Asynchronmotoren[3]. Infolge der Veränderlichkeit der Amplitude des magnetischen Drehfeldes wird die Sättigung des Eisens gleichfalls veränderlich sein, und dieser Umstand verhindert es, die übliche Methode zur Berechnung des Magnetisierungstromes von Induktionsmaschinen auf die eingangs erwähnten Maschinen anzuwenden.

Von Hochberg wird ein analytisches Berechnungsverfahren zur Bestimmung des Magnetisierungstromes von Asynchronmaschinen mit doppelter Speisung angegeben. In allen entsprechenden Ausführungen wird vorausgesetzt, daß die Verteilung der Induktion im Eisenluftspalt sinusförmig verläuft und die Magnetisierungskurve des Eisens sich durch folgende Gleichung ausdrücken läßt:

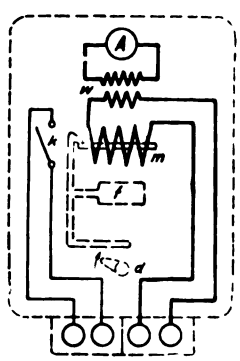
$$AW = A\Phi^5 + B\Phi^3 + C\Phi;$$

es bedeutet hier A W die Amperewindungen, Φ den magnetischen Fluß, *A*, *B* und *C* Konstanten, die von den Abmessungen und der Qualität des Eisens der Maschine abhängen. Anfangs wird der Fall betrachtet, daß das Eisen durch ein rotierendes und ein unbewegliches Feld magnetisiert wird, und die entsprechende Abhängigkeit des Stator- und Rotorstromes von der Größe des unbeweglichen und rotierenden Flusses wird festgestellt. Von diesem Sonderfall geht der Verfasser zu dem allgemeineren Fall über, daß beide Felder mit verschiedenen Geschwindigkeiten rotieren.

In dem Aufsatz wird hervorgehoben, daß bei gleichzeitigem Bestehen des rotierenden und unbeweglichen Feldes die den unbeweglichen Magnetfluß erzeugenden Amperewindungen größer sind als die Amperewindungen, welche denselben unbeweglichen Fluß beim Fehlen des rotierenden erzeugen. Eine analoge Änderung der Amperewindungen, welche den konstanten und pulsierenden Fluß hervorrufen wurde von H. Schnuck[4] vermerkt, welcher ein graphisches und analytisches Verfahren zur Berechnung der Magnetisierungsströme bei der Magnetisierung des Eisens durch einen konstanten und einen pulsierenden Fluß angab. Zum Schluß der Arbeit werden die errechneten Kurven und die Ergebnisse der experimentellen Untersuchung angeführt, welche die Richtigkeit der vorgeschlagenen Berechnungsmethode bestätigen. (S. M. Hochberg, Arch. El. Bd. 22, H. 2, S. 187.)

Apparate.

Überstromrelais mit kurzschlußsicherem Strommesser. — Um auf Schalttafeln eine einfache und übersichtliche Anordnung der Instrumente und Relais zu erhalten, versucht man, die Zahl der erforderlichen Apparate möglichst zu beschränken, denn je weniger Apparate auf eine Schaltafel aufgebaut sind, um so leichter ist es, die erforderlichen Ablesungen vorzunehmen. Der projektierende Ingenieur muß daher versuchen, die unbedingt notwendigen Instrumente und Relais in dem vorhandenen Raum übersichtlich angeordnet unterzubringen. Reicht



m Magnetspule
k Auslösekontakt
f Fallklappe
d Rückstellknopf
w Sättigungswandler
A Strommesser

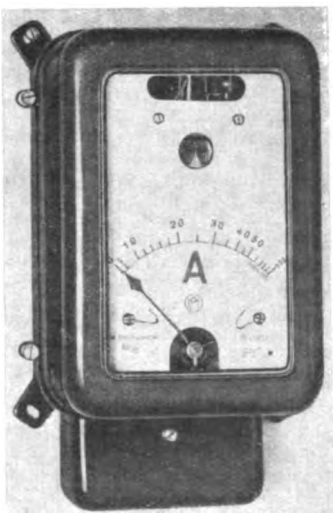
Abb. 3. Schaltung des sofort wirkenden Überstromrelais mit Fallklappe und kurzschlußsicherem Strommesser.

der vorhandene Raum für den Aufbau der erforderlichen Instrumente und Relais nicht aus, so wird allgemein für die Relais eine besondere Schalttafel vorgesehen. Die Anordnung von Instrumenten und Relais auf einer Tafel wird jedoch möglich, wenn man einzelne Apparate in einem gemeinsamen Gehäuse unterbringt. Meist erfordern zwei in einem Gehäuse kombinierte Apparate nur den Platz eines einzigen. Die Leitungsverlegung wird durch eine solche Anordnung auch vereinfacht und verbilligt. Abb. 3 zeigt die Innenschaltung eines Strommessers, der mit einem Überstromrelais in einem Gehäuse untergebracht ist. Das Überstromrelais arbeitet ohne Verzögerung auf einen Arbeitskontakt. Beim Ansprechen des Relais wird eine Fallklappe ausgelöst, die nur von Hand zurückgestellt werden kann. Das Überstromrelais ist normal einstellbar von 6 bis 10 A. Die Einstellskala und der Auslösekontakt

[1] Britische Patente 6224 von 1906, 15711 von 1906 und 16170 von 1909.
[2] C. Schenfer, El. u. Maschinenb. Bd. 44, S. 345.
[3] W. A. Tolwinski und S. M. Hochberg, Arch. El. Bd. 20, S. 162.
[4] H. Schnuck, Arch. El. Bd. 12, S. 128.

Digitized by Google

sind von außen sichtbar (Abb. 4). Als Strommesser ist ein normales Meßgerät der Klasse G verwendet. Die Skala des Strommessers wird mit einem Überlastungsbereich ausgeführt. Um den Strommesser gegen die hohen Stromstöße bei Kurzschlüssen zu schützen, ist ein kleiner Sättigungswandler eingebaut, dessen Sekundärstrom höchstens den dreifachen Nennstrom erreicht. Abb. 5 zeigt das Innere des Relais.



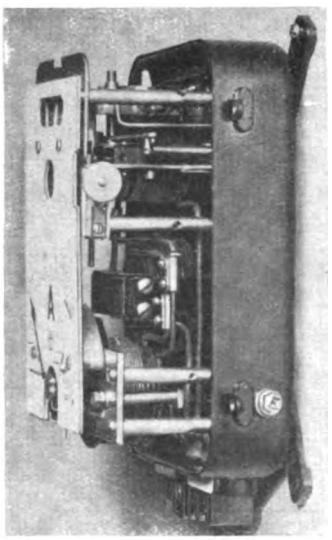


Abb. 4 u. 5. Überstromrelais mit eingebautem Strommesser.

Motoren und Transformatoren können gegen Überlastung durch das vorstehend beschriebene Relais-Amperemeter geschützt werden. Bei Überschreiten des eingestellten Höchststromes zieht der Überstrommagnet seinen Anker an und schließt den Arbeitskontakt. Ist eine sofortige Abschaltung der Motoren oder Transformatoren erwünscht, so wird durch den Kontakt der Stromkreis für den Auslösemagneten der Schalter geschlossen. Soll die Überlastung nur signalisiert werden, so schließt der Arbeitskontakt den Stromkreis einer Signallampe. Ist die Überlastung nur kurzzeitig, so wird der Auslöse- bzw. Signalstromkreis mit dem Zurückgehen des Relaisankers wieder geöffnet. Durch die ausgelöste Fallklappe wird auch nach Fortbleiben der Überlastung ihr Auftreten gekennzeichnet. Mit dem Arbeitskontakt können, wenn eine Verzögerung der Auslösung erforderlich ist, auch getrennte Zeitrelais gesteuert werden. Hergestellt werden die Apparate von der Dr. Paul Meyer A.-G., Berlin. *fi*

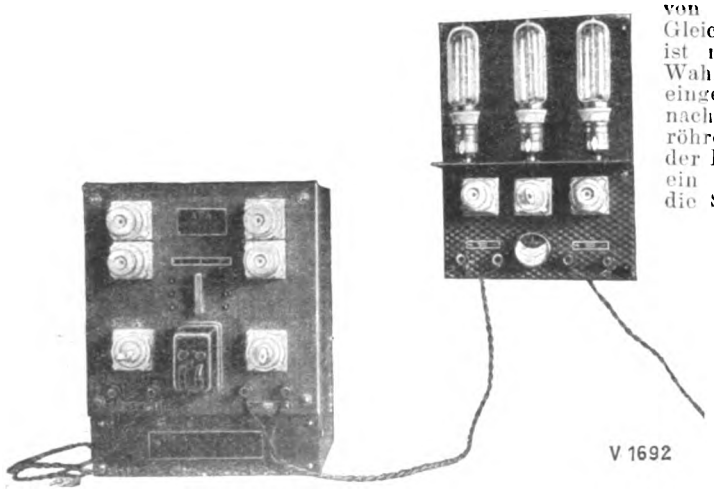
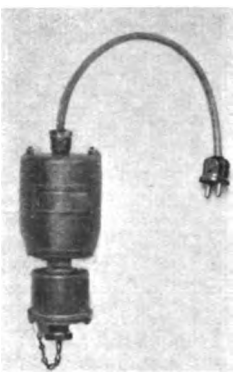


Abb. 8. Gleichrichter Type „Vartrax" 6/30".

Universal-Schutzwandler. — Die verschiedenen Installationsbedürfnisse hatten für Schutzwandler zum Herabsetzen der Netzspannung auf 24 V Typen mit Primäranschluß für Rohr- oder Feuchtraumleitung, für Normalstecker, für Pendelaufhängung usw. entstehen lassen. Auf der 24 V-Seite fand man die mannigfaltigsten Anschlußausführungen für Handlampen- oder Feuchtraumkabel, für Stecker einer mit der Netzseite unverwechselbaren Ausführung, für Rohranschluß usw. Die Primärseite war für die Netzspannungen 110 ... 120 V oder 220 ... 240 V nur in seltenen Fällen umschaltbar, sondern erforderte verschiedene Apparate. Die von der Firma Dipl.-Ing. Haußmann, Frankfurt a. M. 3, zwecks Vereinfachung der Lagerhaltung und Fabrikation hergestellten Transformatoren (Abb. 6 u. 7) können durch Anbau normaler, im allgemeinen Handel erhältlicher Installationsmaterialien in wenigen Minuten von jedem Installateur allen nur denkbaren Installationsverhältnissen angepaßt werden. Die unter Deckel umschaltbare Spule für 220/110/24 V und 30 oder 50 VA Leistung ist in einem stabilen Alumini-



Form Steste Form Doka

Abb. 6 u. 7. „Universal" Schutzwandler.

umgehäuse untergebracht, an das mit Hilfe der vorgesehenen Schrauben, Bohrungen und Gewinde die erforderlichen Armaturen angeschraubt werden, so daß die Netzseite für Rohranschluß mit und ohne Schalter, Kragensteckdose, Normalstecker, Stecker für explosionsgefährliche Räume oder Feuchtraumkabel, die 24 V-Seite für Handlampenkabel, Steckdose, Rohranschluß oder Feuchtraumleitung ausgebildet sein kann. Die Wandler sind zur Aufhängung an einem Nagel oder als Pendel, für Wandbefestigung oder als Wanddurchführung in gleicher Weise vorgesehen. *fi*

Ein neues Ladegerät. — Die in Abb. 8 dargestellte Ladeeinrichtung besteht aus einem Röhren-Gleichrichter mit Transformator und Schalttafel. Gleichstromseitig sind drei Spannungsstufen vorgesehen, welche mittels eines Kurzschluß-Steckers auf der Schalttafel des Gleichrichters wahlweise eingeschaltet werden können. Die zu diesem von der Accumulatoren-Fabrik A.-G., Berlin, gebauten Gleichrichter, Type „Vartax 6/30", gehörige Ladetafel ist mit drei Hahnfassungen versehen, in welche nach Wahl Eisendrahtwiderstände oder auch Glühlampen eingeschraubt werden können. Die Stromstärke kann je nach Einschaltung einer oder mehrerer Widerstandsröhren beliebig eingestellt werden. Auf der Isolierplatte der Ladetafel befinden sich u. a. zwei Buchsen, in welche ein Spezial-Amperemeter eingesteckt werden kann, um die Stromstärke jedes einzelnen Ladekreises kontrollieren zu können. Das Buchsenpaar kann durch Kurzschlußstecker überbrückt werden. Während sich auf der Ladetafel in Abb. 8 nur ein Schalter befindet, gibt es auch eine Ausführung für drei getrennte Stromkreise mit drei Schaltern (Abb. 9 u. 10). Die Ladetafel kann an die Wand gehängt werden, wobei gegen die Wärmeeinwirkung der Eisendrahtwiderstände eine besondere

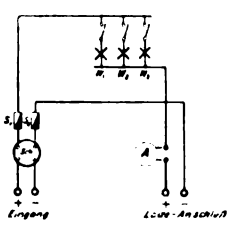


Abb. 9. Ladetafel für einen Stromkreis.

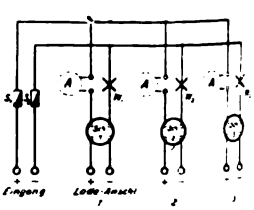


Abb. 10. Ladetafel für getrennte Stromkreise.

Digitized by Google

Schutzwand vorgesehen und auch sonst für eine feste Bauart Sorge getragen ist. Die Gleichstromleistung des Gleichrichters beträgt max. 85 V bei 6 A. Außer der höchsten Spannungsstufe von 85 V sind zwei niedrigere Spannungsstufen von 60 und 30 V vorgesehen. Die gewählten Spannungsstufen sind die wirtschaftlichsten bei der Ladung von 30 bzw. 20 bzw. 12 in Serie geschalteten Akkumulatorenzellen. Man kann also je nach Zellenzahl mit dem höchsten Nutzeffekt laden und braucht nicht einen unnötig hohen Spannungsüberschuß in Vorschaltwiderständen zu vernichten. Gleichartige Ladeeinrichtungen sind auch für Stromstärken von 3 und 10 A entwickelt worden. *fi*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Neue Zähler der Bergmann-Elektricitäts-Werke A.-G. — Wenn in den kleineren Drehstromanlagen bis zu 30 A oft auf kleine Abmessungen und geringes Gewicht des Drehstromzählers Wert gelegt wird, eignet sich der neue Drehstromzähler Form D_3 der Bergmann-Elektricitäts-Werke A.-G. (Abb. 11), der zwei messende Systeme in der

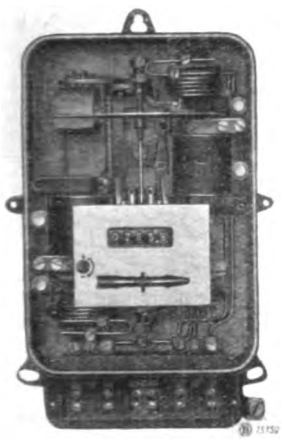


Abb. 11. Drehstromzähler.

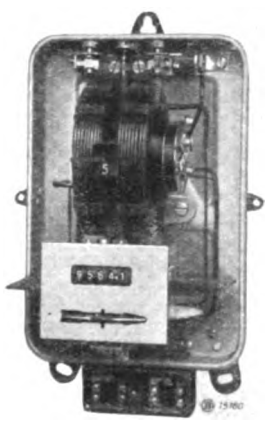


Abb. 12. Gleichstromzähler.

bekannten Zwei-Wattmeter-Schaltung besitzt, die auf einen Zweischeibenanker einwirken. Die beiden Triebsysteme sind genau dieselben, wie sie in dem seit einer Reihe von Jahren auf dem Markt befindlichen Bergmann-Einphasenzähler Form VNE[1] benutzt werden. Für den Aufbau des Zählers kamen die mit dem Einphasenzähler der Firma gemachten Erfahrungen zur Anwendung, so das also ein zuverlässiges Meßgerät entstand. Die beiden Triebsysteme sind auf einem absolut starren Systemträger befestigt, der auch die übrigen Teile des Meßsystems, wie Anker, Zählwerk und Bremsmagnete, trägt. Da sich die beiden Triebsysteme diametral gegenüberstehen, so ist die Symmetrie der magnetischen Streufelder in bezug auf die Mittellinie grundsätzlich gegeben und die Unabhängigkeit von der Phasenfolge in natürlicher Weise herbeigeführt. Der Systemträger ist mit 3 Schrauben auf der Eisenblech-Grundplatte befestigt, und nach Lösen derselben das ganze Meßsystem abnehmbar. Für die Eichung des Zählers sind bequeme Regelvorrichtungen vorgesehen, auch sind alle Teile leicht zugänglich, so daß sie in einfacher Weise ausgewechselt werden können.

Ähnlich wie bei Induktionszählern lassen sich auch beim dynamometrischen Gleichstromzähler durch bessere Raumausnutzung im Zählerinneren die bekannten Vorteile erzielen, die eine Verringerung der Außenabmessungen und des Zählergewichtes mit sich bringen. Abb. 12 zeigt den nach diesen Gesichtspunkten gebauten Zähler Form G, der bei einem verhältnismäßig geringen Ankergewicht von 98 g ein Drehmoment von wenigstens 6 emg hat, ohne einen höheren Ankerstrom als 14 mA in Anspruch zu nehmen. Das Magnetfeld der Stromspulen wurde zwar möglichst stark gewählt, um den Einfluß des erdmagnetischen Feldes, der sich bei kleinen Belastungen bemerkbar macht, möglichst zurücktreten zu lassen, jedoch wurden diese Spulen so bemessen, daß sie bei Nennlast nur etwa 7 W verbrauchen. Außerdem wurde durch die Anordnung für eine besonders gute Ableitung dieser Stromwärme gesorgt, um auch noch dadurch die Belastbarkeit des Zählers zu steigern. Durch die Form und Anordnung des Schirmbleches ist der Bremsmagnet gegen die Streufelder der Hauptstromspulen bei starken Kurzschlüssen geschützt. Auch Kommutator und Bürsten sind so ausgeführt, daß sie bei Kurzschlüssen die in den Ankerspulen induzierten Ausgleichströme, ohne Schaden zu nehmen, aushalten. Die Ankerspulen sind mit geschlossener Schaltung ausgeführt, um die Bürstenspannung und damit die Funkenbildung am Kommutator möglichst zu verringern.

Zur Beseitigung des Temperatureinflusses in bezug auf die Meßgenauigkeit war es bisher allgemein üblich, im Spannungskreis nur Metalle mit hohem Temperaturkoeffizienten zu benutzen, um die Wirkung des Temperaturkoeffizienten von Aluminiumankerscheibe und Bremsmagnet zu kompensieren. Der Strom im Spannungskreis war daher mit der Temperatur stark veränderlich. Das erforderte aber eine längere Anwärmezeit beim Einschalten des Spannungskreises wegen seiner eigenen Stromwärme. Ferner änderte sich die magnetische Wirkung der Reibungs-Kompensationsspule ebenso mit der Temperatur, was durchaus unerwünscht ist, da sich ja die Reibung nicht in Abhängigkeit von der Temperatur ändert. Beide Fehler werden durch einen konstanten Ankerstrom, also durch Vorwiderstände aus Konstantan oder dgl. bekanntlich vermieden. Dafür erhält der Bremsmagnet eine Polverbreiterung aus einer Legierung mit stark temperaturabhängiger Permeabilität. Das hat zur Folge, daß sich gewissermaßen die Polfläche des Magneten in Abhängigkeit von der Temperatur ändert und damit der Widerstand der in der Aluminiumscheibe induzierten Wirbelstromkreise. Durch entsprechende Bemessung dieser Polverbreiterung läßt sich der Temperatureinfluß auf die Angaben des Zählers beseitigen. *fi*

Äußere Einflüsse bei der Messung dielektrischer Verluste von Hartpapierdurchführungen. — Im Laufe der letzten Jahre hat sich immer mehr die Anschauung Bahn gebrochen, daß hauptsächlich der Verlustwinkel ein Charakteristikum für die Güte eines organischen Isolierstoffes bzw. ganzer daraus bestehender Gebilde ist. Die Bestimmung desselben erfolgt in der Hochspannungsmeßbrücke nach Schering. Schon früh wurde aber von verschiedenen Seiten darauf hingewiesen, daß die Verwendung einer so empfindlichen Meßanordnung auch sehr saubere Versuchsverhältnisse bedingt, um wirklich nur die dielektrischen Daten des Isolierstoffes zu ergeben.

Im Hochspannungslaboratorium der T. H. Hannover wurde nun auf Anregung von Prof. Schering untersucht, inwieweit äußere Einflüsse die Messung der dielektrischen Verluste von Hartpapierdurchführungen fälschen können und welche Mittel man zu ihrer Beseitigung zweckmäßig anwendet. Demzufolge wurden Verlustwinkelmessungen bei Durchführungen ohne jede Abschirmung bei verschiedenen Lagen im Raum unter Einfluß der verschiedenen Störfelder, wie Nähe der Hochspannungsleitung, Nähe des Erdbodens u. dgl., ausgeführt. Sodann wurde der Flansch isoliert auf eine 1 m² große Eisenblechplatte, die geerdet war und in einer Ebene senkrecht zur Durchführungsachse lag, aufmontiert und die gleichen Untersuchungen wiederholt. Schließlich wurden noch die an beiden Seiten dieser Blechplatte überstehenden Teile des Flansches bzw. Meßbeläge der Kondensatorklemme durch geerdete Schutzkappen verdeckt, was eigentlich als die ideale Abschirmung angesehen werden sollte.

Die Versuche zeigten, daß sowohl das Schutzblech allein als auch dieses in Verbindung mit Schutzkappen die Streukraftlinien der Durchführungen so weit auffing, daß die Messung in sehr befriedigender Weise vor äußeren Einflüssen geschützt war. Die Anwendung der Schutzkappen zeigte aber darüber hinaus, daß sie zu ganz neuen Fehlerquellen Anlaß geben kann, die den gewollten Zweck illusorisch machen. Es ergab sich nämlich, daß, je weiter die Kappen über den Flansch hinausragten, der Verlustwinkel bei sonst unveränderter Versuchsanordnung kleiner und sogar negativ wurde. Das gleiche wurde bei ringförmigen Kriechstrom-Abschirmungen beobachtet, je weiter man sie vom Flansch anbrachte. Daß der Verlustwinkel negativ wird, was an sich nicht möglich sein kann, ist sicher eine Folge von Feldkonzentrationen durch zu lange Kappen bzw. Kriechstrom-Abschirmungen, die das normale Feldbild verzerren. Man erhält dann Verhältnisse in der Meßanordnung, für die die Abgleichbedingungen der Hochspannungs-Meßbrücke nicht mehr gelten. Damit ergibt sich, daß das geerdete Schutzblech ohne Kappen die zuverlässigere Abschirmung für Hartpapierdurchführungen ist. Außerdem macht es die außerordentliche Einfachheit der Anordnung zu einer leicht im Betriebe einzubauenden Schutzvorrichtung. (P. Rosenlöcher u. E. Rühlemann, Arch. El. Bd. 22, H. 1, S. 21.)

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 100.

Digitized by Google

Beleuchtung.

Lichttechnische Berechnungen für Leuchtturmoptiken[1]. — Die Formeln zur Berechnung der axialen Kerzenstärke von Leuchtturm-Linsenscheinwerfern lassen sich auf die Form bringen:

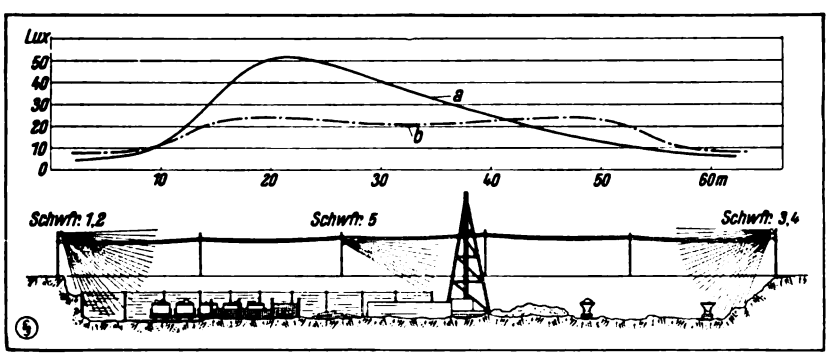
Axiale Kerzenstärke = konst. × ausgeleuchtete Linsenfläche × mittl. Leuchtdichte der Lichtquelle.

Eine experimentelle Untersuchung zur Ermittlung des Wertes der Konstanten in dieser Formel wird für die einzelnen Zonen einer Fresnellinse ausgeführt. Als Lichtquellen dienten:

a) ein Petroleumdampfbrenner mit Glühstrumpf,
b) eine gasgefüllte elektrische Glühlampe von 3 kW,
c) eine elektrische Glühlampe mit Opalkolben.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Konstante für die dioptrischen Teile des Linsensystems vom Mittelpunkt nach dem Rande hin abnimmt, für die drei katadioptrischen Teile ist sie nahezu gleich. Als Mittelwert für die vom Verfasser ausgemessene Linse ergibt sich 0,526. In einem Zusatz berechnet der Verfasser die Mittelwerte der Konstanten für verschiedene Leuchtkörpergrößen und Linsenöffnungen. Er zeigt, daß die maximale Intensität konstant wird, wenn die Größe der Lichtquelle eine gewisse Grenze übersteigt. Bei kleinerer Lichtquelle ist die Intensität geringer und wird gleich Null, wenn die Lichtquelle punktförmig geworden ist. (W. M. Hampton, Druckschrift von Chance Brothers & Co., Ltd., Smethwick, Birmingham.)
F. Bn.

Baustellenbeleuchtung durch Scheinwerfer. — Zur Beleuchtung von Baustellen wird seit einiger Zeit eine neue Beleuchtungsart erfolgreich angewendet, die wichtige wirtschaftliche Vorteile für den Baubetrieb bietet. An Stelle vieler kleiner Lichtquellen verwendet man neuerdings wenige starke in Gestalt von Glühlichtscheinwerfern, die infolge eines großen Wirkungskreises außerhalb der Baustelle aufgestellt werden. Hierdurch fällt die Lichtinstallation auf der Baustelle fort, was von großer Bedeutung ist, wenn man bedenkt, wie hinderlich das Vorhandensein von Lichtmasten oder Überspannungen für eine Baustelle ist, auf der mit Rammen, Kranen und anderen hohen Maschinen zu arbeiten ist, und wie oft bei einem Platzwechsel dieser Maschinen die Beleuchtungsanlage umzubauen ist. Dieser Vorteil spricht viel für die Scheinwerferbeleuchtung, die infolgedessen viel unnütze Arbeit erspart und zu einer besseren Wirtschaftlichkeit der Nachtarbeit beiträgt. Ein weiterer Vorteil und gleichzeitig grundlegender Unterschied der Scheinwerferbeleuchtung gegenüber der bisher üblichen liegt in dem vorwiegend horizontalen Lichteinfall und der damit verbundenen kräftigen Vertikalbeleuchtung, d. h. der Beleuchtung senkrechter Flächen, sowie in der besseren Ausnutzung des Lichtes, da durch das gerichtete Licht der Scheinwerfer eine Beleuchtung unnützer Stellen vermieden werden kann. Die Scheinwerfer werden am Rande der Baustelle auf Masten oder auf vorhandenen Gebäuden aufgestellt. Abb. 13 zeigt als Schema die zweckmäßige Aufstellung von Scheinwerfern. Zur allgemeinen Beleuchtung dienen vier Scheinwerfer von je 1000 W, die an den vier Ecken der Baugrube angebracht sind, für zusätzliche Platzbeleuchtung, z. B. für die Arbeiten an der Ramme, ist ein weiterer Scheinwerfer vorgesehen, mit dem der jeweiligen Arbeitstellung der Ramme gefolgt wird. Die Kurven *a* und *b* geben die Stärke der Allgemeinbeleuchtung durch die vier Scheinwerfer an. Die Vertikalbeleuchtung (*a*) rührt von den Scheinwerfern *1* und *2* her und ist in spiegelbildlicher Form auch durch die Scheinwerfer *3* und *4* vorhanden. Durch das in die Baustelle von allen Seiten hineinflutende Licht werden alle Gegenstände von allen Seiten gut beleuchtet, wodurch eine bessere Übersicht und damit eine schnelle und sichere Abwicklung aller Arbeiten erreicht wird. Es wird nachgewiesen, daß die Lichtverhältnisse bei der Scheinwerferbeleuchtung wesentlich günstiger sind als bei der Verwendung von gewöhnlichen Leuchten, indem bei gleichem Stromverbrauch eine etwa 300 % höhere Vertikalbeleuchtung und mindestens gleich große Horizontalbeleuchtung zu erreichen ist. Als Folgerung hieraus ist durch die Scheinwerferbeleuchtung eine Stromersparnis zu verzeichnen, die bei größeren Beleuchtungsanlagen bis zu 40 % betragen soll. Selbstverständlich ist, daß durch die Einfachheit einer Scheinwerfer-Beleuchtungsanlage bzw. die Konzentration vieler kleiner Lichtpunkte zu einzelnen großen an Anlage- und Unterhaltungskosten gespart wird; bemerkenswert ist auch, daß durch die Verwendung hochkerziger Lampen, für die keine allgemeine Verwendungsmöglichkeit besteht, dem Diebstahl von Glühlampen vorgebeugt wird. Am gebräuchlichsten sind Scheinwerfer mit Glasspiegel und Glühlampen bis zu 1000 oder 1500 W. Eine Blendung durch die Scheinwerfer wird vermieden durch Verwendung von Streugläsern, die anderseits erforderlich sind, um möglichst breite Flächen beleuchten zu können. Es sind verschiedene Scheinwerfertypen der SSW beschrieben, von denen ein Scheinwerfer mit Spezialspiegel besonders zu erwähnen ist, da mit diesem durch bloße Lampenverschiebung beliebige Streuungen bis zu 100 ° zu erreichen sind. Dieser Scheinwerfer zeichnet sich durch große Blendungsfreiheit aus. (W. Tüngethal, Siemens-Z. 1929, S. 482.)
Sb.



a Vertikalbeleuchtung durch Scheinwerfer *1, 2* *b* mittlere Horizontalbeleuchtung

Abb. 13. Baustelle bei Scheinwerferbeleuchtung.

Heizung. Öfen.

Krawattenbügler. — Unter der Marke „Arolac" hat die Calora Fabrik für elektrische Wärmeapparate G. m. b. H., Berlin-Tempelhof, einen elektrischen Krawattenbügler auf den Markt gebracht. Der Bügler hat die Form eines Schwertes und besteht aus einem isolierenden Handgriff und einem unten breit und oben schmal gehaltenen metallischen Teil, der in seinem Innern die Heizvorrichtung birgt. Er kann mittels der an ihm befestigten Anschlußschnur mit Wandstecker an jede beliebige Steckdose angeschlossen werden und ist bereits nach 1 min gebrauchsfertig. Der Stromverbrauch beträgt 140 W, spielt also praktisch keine Rolle. Zum Gebrauch wird die Krawatte über den Bügler, wie Abb. 14 zeigt, straff herübergezogen und ist nach ein paar Augenblicken tadellos geglättet. Der untere breite Teil wird auf einer Unterlage glattgestrichen. Mit dem Apparat können auch faltiggedrückte Kleider und Anzüge, Blusen, Spitzen, Schleifen usw. glattgestrichen und die Bügelfalten von Beinkleidern aufgefrischt werden. *fi*

Abb. 14. Krawattenbügler.

Elektrische Kühlwasser- und Unterstellraum-Heizung für Kraftfahrzeuge. — Der Gedanke, die wasserführenden Teile einer Brennkraftmaschine als elektrisch zu beheizenden Warmwasserheizkörper aufzufassen, und so von anderen Wärmemitteln im Kraftwagenunterstellraum frei zu werden, bereitet den Boden für eine Einrichtung, deren wirtschaftliche Vorzüge bei umfassenderer Geltung über die bisher bekannten Mittel hinausgehen, welche eine mäßige Temperierung des Kühlwassers zwecks Bannung der Einfriergefahr vorsehen.

Die auf dem Markt befindlichen Öfen für Kraftwagenunterstellräume haben eine Wattaufnahme von 900, 1200 W

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 61.

Digitized by Google

und mehr. Dieselbe Wärmemenge läßt sich auch nach F. Beckert, Berlin, Steglitzer Str. 66, mit den Kühlwassereinrichtungen von Brennkraftmaschinen erreichen. Selbst bei kleinen Wagen stellt die vom Kühlwasser bestrichene Fläche eine Heizfläche von mehreren Quadratmetern dar. Die stündliche Wärmeabgabe dieser Heizflächen beträgt bei einer Wassertemperatur von 80 ° etwa 400 ... 500 kcal/m². In Liefer- oder Personenwagen könnten etwa 2000 W untergebracht werden. Der Aufbau der Einrichtung[1] stellt sich etwa wie folgt dar. Der elektrische Heizkörper wird in die untere Verbindungsleitung zwischen Kühler und den wasserumspülten Verbrennungsräumen eingebaut (Abb. 15). Die vom Heizkörper aufzunehmende Leistung beträgt für die beiden Spannungsbereiche 110 ... 130 V und 210 ... 240 V rd. 60 und 1200 W. Die Heizdrähte haben vier Ausführungen. Vom Heizkörper führt kabelähnliche Leitung nach dem Regelschalter mit Gerätestecker, der am Instrumentenbrett des Wagens befestigt ist. Der Regelschalter hat außer der Nullstellung zwei Schaltstellungen. Stellung I, 60 W Aufnahme (mäßige Kühlwasserwärmung). Stellung II, 1200 W Aufnahme (Beheizung des Unterstellraumes). Die Schalter für beide Spannungen liegen untereinander. Die beiden Spannungen 110 und 220 V sind für den Verkauf und die spätere Ortsveränderlichkeit des Wagens nötig.

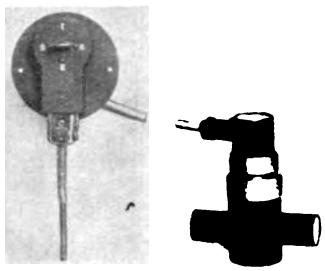


Abb. 15. Elektrische Heizvorrichtung für Kraftwagen.

Der in der Abbildung veranschaulichte Heizkörper hat eine Leistung von 100 bzw. 1200 W. *Sb.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Straßenbahn-Gelenkzug Dresden. — Ein weiterer Gelenkzug außer dem hier schon beschriebenen[2] besteht aus drei gelenkig verbundenen Teilen, u. zw. ist der mittlere Teil mit zwei festen Achsen ausgerüstet, entspricht also in dieser Hinsicht einem normalen zweiachsigen Wagen, während die Endteile nur je eine Achse besitzen und sich deichselgestellartig auf die Enden des mittleren Wagens stützen (Abb. 16). Zum Verschieben in der Werkstatt können die Endteile in einfacher Weise mit einer zweiten Achse versehen werden. Jede der Achsen wird durch einen Motor angetrieben. Die Bremsung erfolgt durch eine Kniehebelbremse, die auf alle vier Achsen wirkt und von jedem Führerstand aus durch Handkurbel betätigt werden kann. Die Kniehebelbremse ist am Motor gelagert, eine Anordnung, die besondere Vorteile bietet und der Waggon- und Maschinenbau A.-G. Görlitz, der Erbauerin, durch Deutsches Reichspatent geschützt ist. Außerdem sind eine Kurzschlußbremsung und Magnet-Schienenbremse vorhanden, die sowohl durch Kurzschlußstrom wie durch Frischstrom betätigt werden können. Zwecks besserer Federung stützen sich die Wagenkasten auf besondere Fahrgestelle.

Der Wagenfußboden, der 700 mm über S.O. liegt, läuft in gleicher Höhe von einem Zugende zum anderen durch. Die drei Wagenteile sind durch Übergang mit Faltenbälgen verbunden. Der Einstieg erfolgt in Wagenmitte. Der Fahrgast gelangt zuerst in die etwa 2 m lange Mittelplattform, die sowohl nach außen als auch nach den Sitzplatzräumen hin durch Doppelschiebetüren abgeschlossen ist. Die Sitzplatzräume sind in geräucherter Eiche gehalten, die Decke besteht aus weißer Hartpappe, die Sitze selbst haben Stahlbandpolsterung und sind mit braunem Leder bezogen. Der mittlere Wagen erhält 20 Längssitze, die Endwagen je 21 Sitze, hauptsächlich in Queranordnung. Der Ausstieg erfolgt über die Endplattformen, die nach außen und nach den Sitzplatzräumen durch Schiebetüren abgeschlossen sind.

Die Beleuchtung erfolgt durch Beleuchtungskörper in Wagendachmitte, die zum Teil mit der Flettner-Lüftung verbunden sind. Außerdem sitzen besondere Leselampen an den Seitenwänden über den Fenstern. Besonders zu erwähnen ist eine Lautsprecheranlage, die es dem Führer gestattet, die Haltestellen im ganzen Zug vernehmbar mitzuteilen.

Der besondere Vorzug des Gelenkzuges gegenüber der bisher üblichen Zugzusammenstellung aus Triebwagen und ein bis zwei Anhängern besteht darin, daß sämtliche Achsen angetrieben sind, wodurch auch bei ungünstigem Wetter, insbesondere im Winter, ein sicheres und schnelles Anfahren erreicht wird, was eine erhebliche Erhöhung der Reisegeschwindigkeit bedeutet. In diesem Sinne wirkt auch die Anordnung des Einsteigens in der Mitte und des Ausstieges am Zugende günstig, indem der Fahrgaststrom in einer Richtung durch den Wagen fließt. Das Ein- und Aussteigen wird hierdurch erheblich beschleunigt. Dadurch, daß der Zug von einem Ende bis zum anderen einen einzigen Raum bildet, wird eine vollkommen gleichmäßige Besetzung und damit eine gute Platzausnutzung erzielt. Bei mäßigem Verkehr kann die Bedienung durch einen Schaffner erfolgen. Der Lauf des Gelenkzuges ist erheblich besser als der zweiachsiger Wagen sowohl in senkrechter als auch in waagerechter Richtung. *fi*

Hebezeuge und Massenförderungen.

Kipperkatzen-Verladeanlagen. — Die üblichen Wagenkipper haben meistens den Nachteil, daß die Wagen immer in der gleichen Höhe entleert werden, so daß beim Umschlag in Schiffe je nach Wasserstand und Höhe der Schiffe meistens infolge erheblicher Freifallhöhe starke Staubentwicklung auftritt. Auch mit Schütttrichtern und Rutsche läßt sich dieser Mangel nicht völlig beheben. Bei den Kipperkatzen-Verladeanlagen hängt die Kippbühne an den Seilen des Hubwerkes einer Katze, so daß sie in beliebiger Höhenlage gekippt werden kann. Es ist also möglich, die Schütthöhe klein zu halten und die Bühne unmittelbar über der vorhandenen Schüttung zu kippen. In Abb. 17 fährt die Kipperkatze auf einer feststehenden Brücke mit einem wasserseitigen Ausleger. Die Hub- und Katzfahrwinde sind in einem Maschinenhaus an der Landseite, das Kippwerk auf der Katze selbst untergebracht. Die Kippbühne wird auf Flur in einer flachen Vertiefung abge-

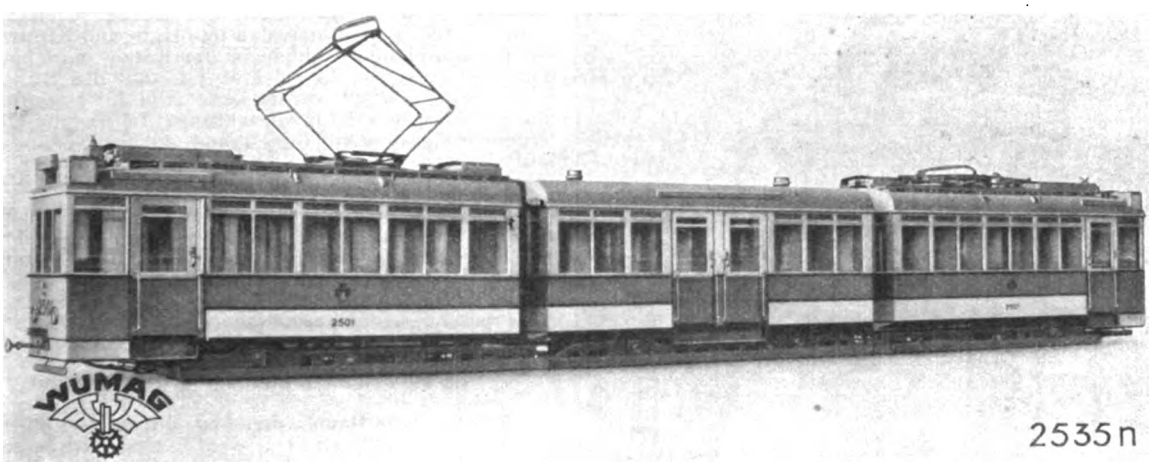
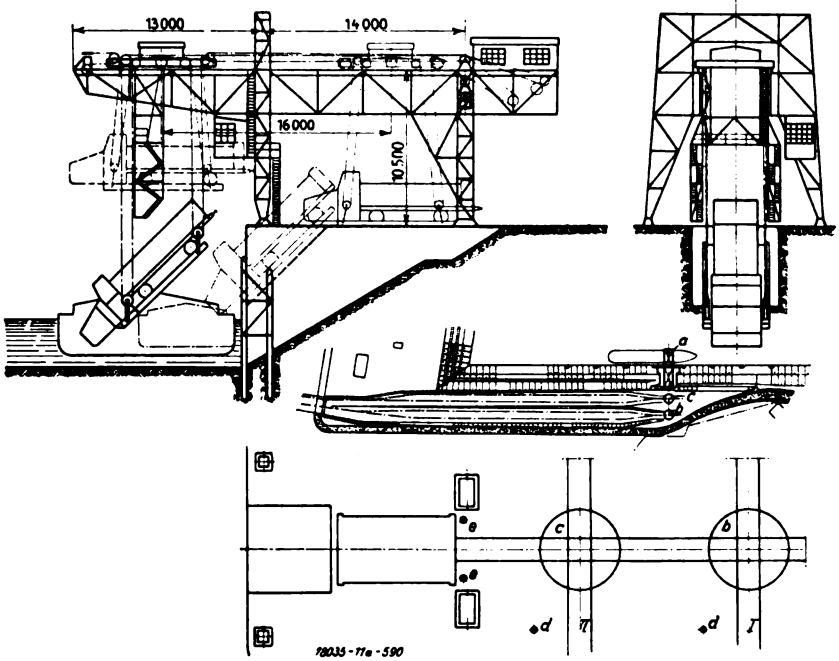


Abb. 16. Straßenbahn-Gelenkzug.

[1] DRGM Nr. 1031 499.
[2] ETZ 1929, S. 1013.

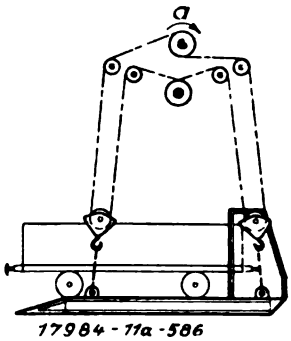
Digitized by Google

setzt und die auf Gleis *I* ankommenden Eisenbahnwagen nach Drehung auf einer Drehscheibe *b* um 90° durch ein Spill auf die Kippbühne gezogen, bis sie sich gegen den am Ende der letzteren angebrachten und mit einer Schutzhaube versehenen Prellbock stützen. Das Rückwärtslaufen des Wagens wird durch Hemmschuhe verhindert, die durch Betätigung eines Hebels hinter die Vorderräder gelegt werden. Nach Lösen der Stirnklappe des Wagens wird die Bühne mit dem Wagen gehoben, nach der Entleerung wieder in horizontale Lage gebracht und auf Flur abgesetzt, worauf der leere Wagen nach Entfernung der Hemmschuhe über die Drehscheibe *c* nach Gleis *II* abgerollt werden kann. — Da in manchen Betrieben die Gleisanlagen längs und senkrecht zur Kaikante sowie die Drehscheiben stören, baut man auch fahrbare Kipperkatzenbrücken (Abb. 18), so daß die Gleise nur in Längsrichtung zum Kai verlegt

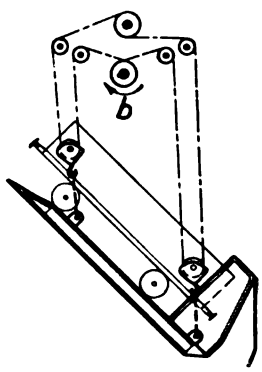


a Verladeanlage *b, c* Drehscheibe des Zufuhrgleises *I (II)* *d* Spille *e* Umlenkrollen

Abb. 17. Feststehende Kipperkatzen-Verladeanlage nebst Gleisplan.



a Hubtrommel



b Kipptrommel

Abb. 19. Schema für Kippen nach zwei Seiten.

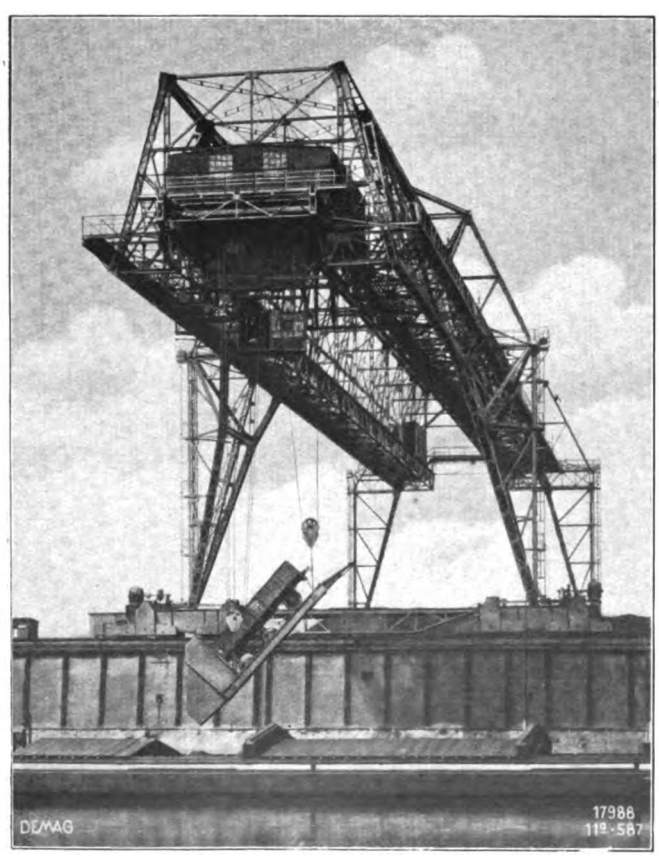


Abb. 18. Fahrbare Wagenkipperbrücke, 70 m Stützweite, 39 m Ausleger, 55 t Tragfähigkeit der Katze.

werden brauchen, was infolge Wegfalls der Drehscheiben eine erhebliche Raumersparnis bedeutet. Die beschriebenen Anlagen wurden von der Demag, Duisburg, ausgeführt.

Eisenbahnwagen, die mit Bremserhäuschen versehen sind, erfordern entweder, daß das Hub- und Kippwerk auf einer Drehscheibe drehbar in die Katze eingebaut oder das Kippwerk so eingerichtet ist, daß die Bühne über beide Enden gekippt werden kann. Abb. 19 zeigt ein Schema dieser Hub- und Kippvorrichtung. Läuft nur die Hubtrommel *a*, so wird die Bühne gehoben oder gesenkt, läuft nur die Drehtrommel *b*, so dreht sie sich um ihre Schwerachse, beide Antriebe sind voneinander unabhängig.

Der wirtschaftliche Wert der Kipperkatzen-Verladeanlagen liegt hauptsächlich in der raschen Abfertigung der ankommenden Kohlenzüge und in der Schonung der Kohle. Hinzu kommt die Einfachheit und Übersichtlichkeit des ganzen Betriebes und Beschränkung des Bedienungspersonals. (Demag-Nachr. Bd. 3, S. 77.) *Ka.*

Bergbau und Hütte.

Ersatz von Dampfantrieben durch elektrische Antriebe von Walzenstraßen. — Die Drahtstraße der Gulf States Steel Co. ist eine Garrettstraße mit sechs 405 mm hintereinander stehenden Vorgerüsten, von denen die letzten vier kontinuierlich arbeiten, und zwölf Feingerüsten, die gegeneinander versetzt angeordnet sind, wie aus Abb. 20 ersichtlich ist. Dieses Walzwerk wurde früher von drei Dampfmaschinen angetrieben, von denen die eine unmittelbar die Antriebswelle der Vorgerüste, eine andere durch verschiedene Seilgetriebe die Gerüste *7 ... 16* und eine dritte Maschine die beiden Gerüste *17* und *18* antrieb. Man entschloß sich, diese Dampfmaschinen durch Elektromotoren zu ersetzen und wählte hierfür fünf Synchronmotoren für Gruppenantriebe. Die Einrichtung ist von besonderem Interesse, weil der eine der Antriebmotoren mit einem Gleichstromumformer verbunden ist, mit dem der Gleichstrom für den Antriebsmotor der letzten zwei Gerüste erzeugt wird. Die Motoren für die ersten sechs Vorgerüste und für das Gerüst *7, 13, 14, 15*

Digitized by Google

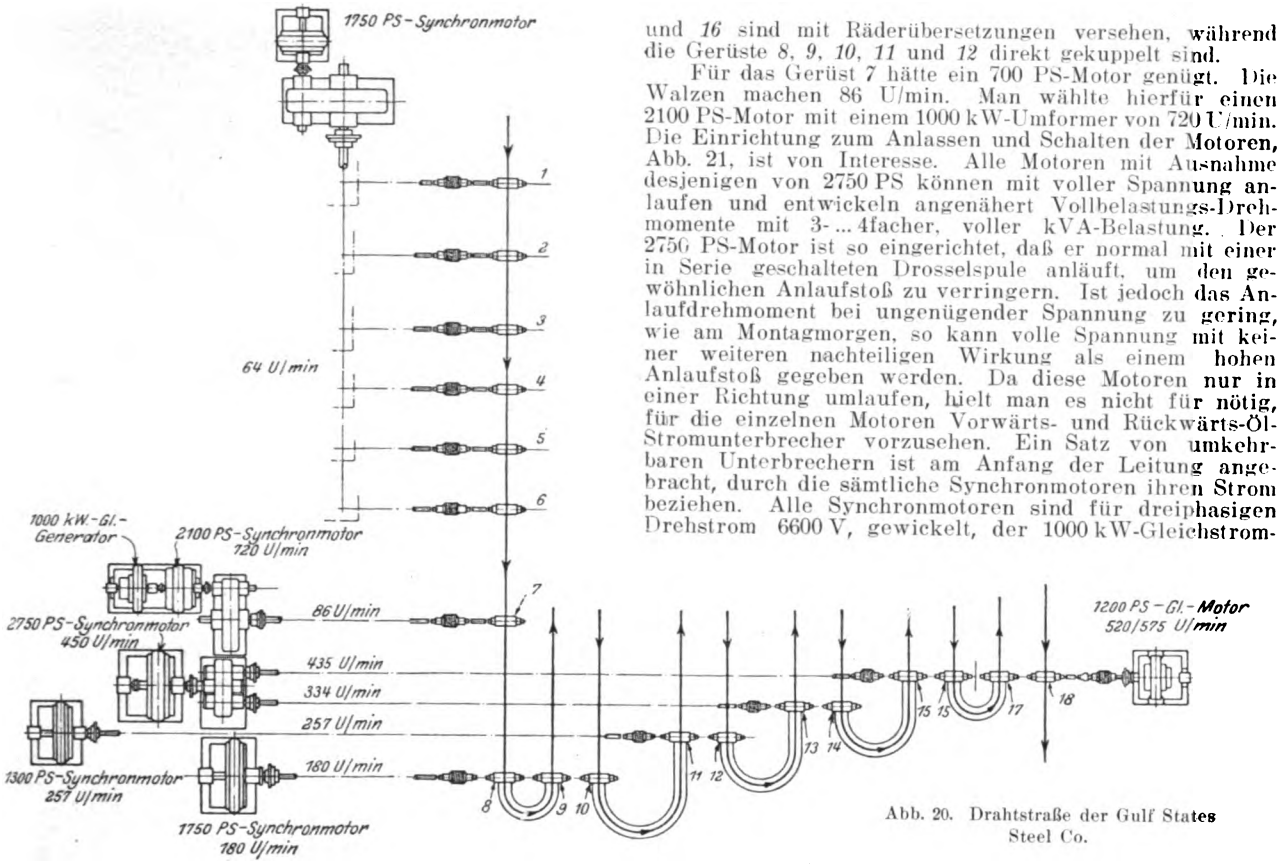


Abb. 20. Drahtstraße der Gulf States Steel Co.

und *16* sind mit Räderübersetzungen versehen, während die Gerüste *8*, *9*, *10*, *11* und *12* direkt gekuppelt sind.

Für das Gerüst *7* hätte ein 700 PS-Motor genügt. Die Walzen machen 86 U/min. Man wählte hierfür einen 2100 PS-Motor mit einem 1000 kW-Umformer von 720 U/min. Die Einrichtung zum Anlassen und Schalten der Motoren, Abb. 21, ist von Interesse. Alle Motoren mit Ausnahme desjenigen von 2750 PS können mit voller Spannung anlaufen und entwickeln angenähert Vollbelastungs-Drehmomente mit 3- ... 4facher, voller kVA-Belastung. Der 2750 PS-Motor ist so eingerichtet, daß er normal mit einer in Serie geschalteten Drosselspule anläuft, um den gewöhnlichen Anlaufstoß zu verringern. Ist jedoch das Anlaufdrehmoment bei ungenügender Spannung zu gering, wie am Montagmorgen, so kann volle Spannung mit keiner weiteren nachteiligen Wirkung als einem hohen Anlaufstoß gegeben werden. Da diese Motoren nur in einer Richtung umlaufen, hielt man es nicht für nötig, für die einzelnen Motoren Vorwärts- und Rückwärts-Öl-Stromunterbrecher vorzusehen. Ein Satz von umkehrbaren Unterbrechern ist am Anfang der Leitung angebracht, durch die sämtliche Synchronmotoren ihren Strom beziehen. Alle Synchronmotoren sind für dreiphasigen Drehstrom 6600 V, gewickelt, der 1000 kW-Gleichstrom-

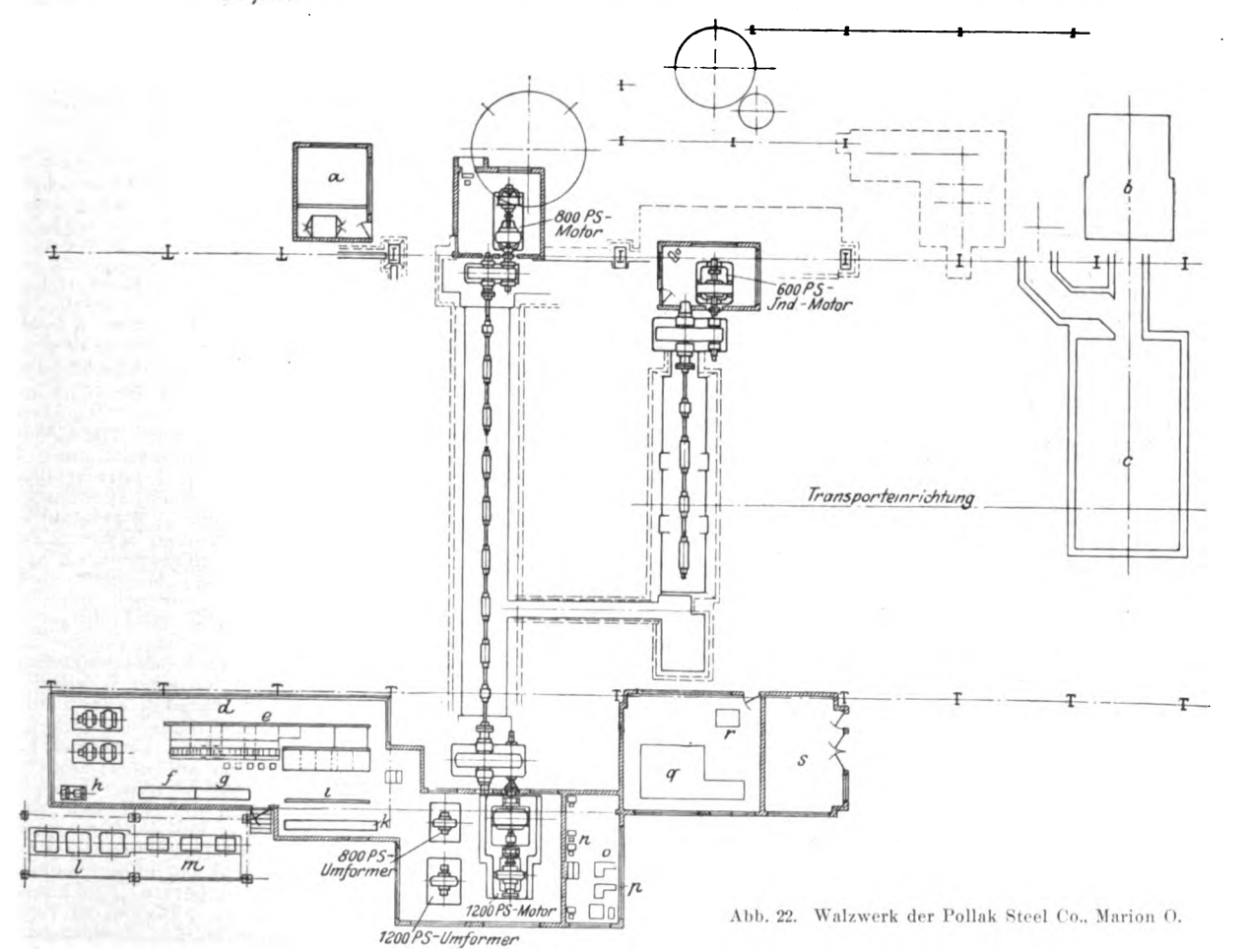


Abb. 22. Walzwerk der Pollak Steel Co., Marion O.

a Pumpenhaus
b Kessel
c Ofen
d Schalthaus
e Schalttafel
f Widerstand für 800 PS-Motor
g Widerstand für 600 PS-Motor
h Erregersatz
i Niederspannung
k Widerstand für 1200 PS-Motor
l 2500 kVA-Transformator
m 750 kVA-Transformator
n Ventilator
o Ölfilter und Pumpen
p Lufteintritt
q, **r** Kompressor
s elektrische Werkstatt

Digitized by Google

umformer und der 1200 PS-Motor zum Antrieb der Gerüste *17* und *18* für 250 V. Die Erreger für die Synchronmotoren können entweder von der 250 V-Gleichstromanlage oder von dem 1000 kW-Umformer mit Strom versorgt werden. Auch kann der 150 PS-Gleichstrommotor für 350/900 U/min zum Antrieb der sieben Drahthaspel von diesen beiden Stellen mit Strom versorgt werden. Mit einer Auslaufgeschwindigkeit von 488 m/min können bei sechs gleichzeitig gewalzten Drähten 350 t in 12 h erzeugt werden. Der Stromverbrauch der Hauptantriebe für 1 t Erzeugnis beträgt ungefähr 200 kWh, während früher hierfür 5900 kg/h Dampf verbraucht wurden. Durch diese Einrichtung sind die Betriebs- und Unterhaltungskosten bedeutend verringert worden.

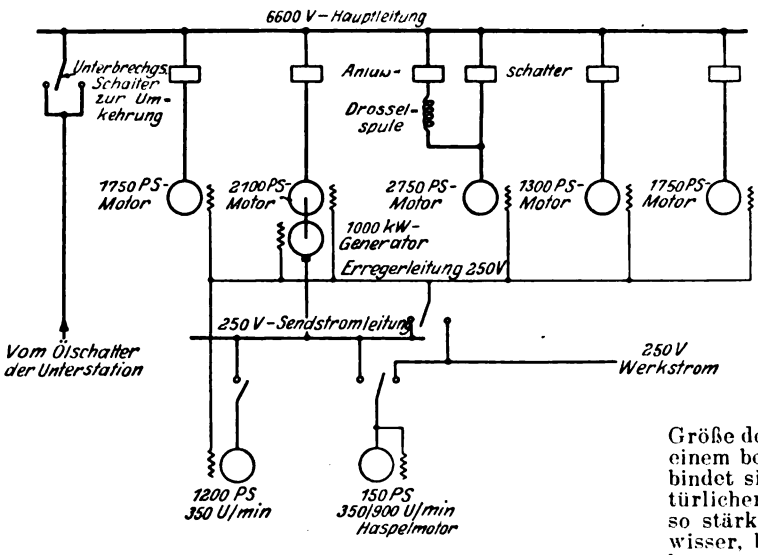


Abb. 21. Schaltungsbild für die Drahtstraße.

Ein weiterer, ähnlicher Umbau wurde für das Walzwerk zum Auswalzen von gebrauchten Schienen der Pollak Steel Co. in Marion, O., ausgeführt. Das Walzwerk, Abb. 22, besteht aus drei nebeneinanderstehenden Gerüsten mit Walzen von 405 mm Dmr., von denen im mittleren die Schienen im Steg geschnitten werden und die beiden anderen zum Walzen des Kopfes und des Schienenfußes dienen. Dahinter stehen sieben Gerüste mit Walzen von 365 mm Dmr. mit zwei Antrieben. Der frühere Antrieb bestand aus zwei Corlißmaschinen mit Kondensation, die die Vorwalzen direkt und die beiden anderen Straßen durch Seile antrieben. Für die Vorgerüste wurde ein 600 PS-Induktionsmotor mit 707 U/min vorgesehen, der durch Zahnradgetriebe der Straße 80 U/min verleiht. Für den Antrieb von fünf Fertiggerüsten wurde ein 1200 PS-Motor mit 590/407 U/min gewählt. Die Straße macht nach Reduktion durch ein Getriebe 188/130 U/min, und für die beiden Gerüste zum Auswalzen der Flanschen dient ein 800 PS-Motor.

Außer diesen Motoren wurden zwei 200 kW-Synchronmotor-Umformer zur Erzeugung von 230 V Gleichstrom für Krane und Hilfsmaschinen und drei Transformatoren aufgestellt, der eine von 2500 kVA Leistung zum Umformen des gelieferten Stromes von 13 000 V auf 2300 V für die Hauptantriebe, der zweite von 750 kVA Leistung zur Lieferung von 440 V Drehstrom für Hilfsmotoren und ein 50 kVA-Umformer für die Beleuchtung. Für den ganzen Umbau war das Walzwerk nur 9 Arbeitstage außer Betrieb, weil der Einbau der Motoren stufenweise geschah. (Freyn Design. 1929, S. 8 u. 17.) *Ill.*

Landwirtschaft.

Pflanzenwachstum und künstliche Beleuchtung. — Die bisherigen Versuche lassen erkennen, daß man mit Hilfe der künstlichen Beleuchtung tatsächlich imstande ist, das Wachstum der Pflanzen zu unterstützen und zu beschleunigen[1]. Um zu erkennen, welchen Einfluß das Licht auf das Wachstum der Pflanze ausübt, muß hier kurz auf die physiologischen Vorgänge eingegangen werden. Die Kohlenstoffassimilation, also der Vorgang, bei dem die in der Luft enthaltene Kohlensäure in den Chlorophyllkörnern in Kohlenstoff und Sauerstoff gespalten wird, ist ein photochemischer Vorgang, der nur dann stattfindet, wenn der Pflanze genügend Lichtenergie zugeführt wird. Bei mangelnder Lichtzufuhr bleibt die Pflanze gelb, man sagt, sie „etioliert". Es findet nämlich dann an Stelle der Chlorophyllbildung die Entwicklung von Etiolin statt, eines gelben, dem Chlorophyll anscheinend nahestehenden Farbkörpers. Es kommt natürlich auf die spektrale Zusammensetzung des für die Bestrahlung verwendeten Kunstlichtes an. Wissenschaftliche Untersuchungen haben ergeben, daß das Maximum der Assimilationskurve in der Nähe von 700 mμ liegt, daß also die roten Strahlen die größte Assimilationswirkung auslösen. Man sieht, der Pflanzenorganismus verhält sich ganz anders als der animalische, dessen photochemische Empfindlichkeit besonders im Gebiet des ultravioletten Lichtes liegt. Es ist jedoch beachtlich, daß Versuche mit monochromatischer Bestrahlung (Neonlicht), die in Schweden ausgeführt worden sind[1], negative Ergebnisse gezeitigt haben. Offenbar sind bei dem Assimilationsvorgang auch Lichtstrahlen der übrigen Wellenlängen nicht zu entbehren. Die elektrische Glühlampe, die bekanntlich einen Überschuß an roten und gelben, also langwelligen Strahlen hat, im übrigen aber alle Wellenlängen des Sonnenlichtes aufweist, erscheint für die Pflanzenbestrahlung als eine sehr gut geeignete Lichtquelle. Hinzu kommen noch als weitere Vorteile die einfache Bedienung und das Fehlen jeder Luftverunreinigung. Endgültige Untersuchungsergebnisse über das Lichtbedürfnis der einzelnen Pflanzen, das natürlich verschieden ist, liegen noch nicht vor. Die Form der Blätter, die ja den eigentlichen Assimilationsherd bilden, und die Größe der Blattoberfläche stehen zu dem Lichtbedürfnis in einem bestimmten Verhältnis. Großes Lichtbedürfnis verbindet sich in der Regel mit ausgiebiger Blatteilung. Natürlicherweise wird die Beeinflussung des Wachstums um so stärker sein, je stärker die Beleuchtung ist. Ein gewisser, bei den einzelnen Pflanzen verschiedener Schwellenwert der Beleuchtungstärke muß natürlich überschritten sein. Versuche, die vom Institut für landwirtschaftliche Bakteriologie und Bodenkunde der Universität Leipzig vorgenommen wurden, haben ergeben, daß schon bei sehr geringen Beleuchtungstärken von 16 ... 30 Lux eine deutliche Einwirkung auf die Pflanzen zu bemerken war. Man hatte bei diesen Versuchen auf freiem Gelände 10 Kandem-Tiefstrahler mit einer Lichtpunkthöhe über dem Boden von 2,60 m aufgehängt und mit je 75 W besteckt, wobei sich die obengenannten Beleuchtungstärken ergaben. Das Versuchsfeld war in verschiedene Beete eingeteilt, u. zw. in solche mit Zuckerrüben, Kohl, Gerste, Kartoffeln und Mais bepflanzte. Besonders die Gerste und der Mais zeigten deutlich, daß die beleuchteten Pflanzen wesentlich weiter entwickelt waren als die nichtbeleuchteten. Die Lichtquellen wurden von 8 bis 12^h abends eingeschaltet.

Andere Versuche, die in Upsala (Schweden) angestellt wurden[2], berücksichtigen nicht nur die Beleuchtungs-, sondern auch die Beheizungsverhältnisse. Ein Gewächshaus nutzte in üblicher Weise das Tageslicht aus. Das andere Gewächshaus wurde mit einer gut wärmeisolierenden Schicht abgedeckt und Tag und Nacht elektrisch beleuchtet. Beheizt wurden beide Räume elektrisch und der Verbrauch an Strom für Beleuchtung und Heizung genau gemessen. Zur Beleuchtung des Strahlungsgewächshauses wurden Tiefstrahler, mit Osramlampen besteckt, verwendet, wobei eine mittlere Beleuchtung von 150 ... 300 Lux erreicht wurde. In dem wärmeisolierten Gewächshaus war es möglich, die Temperatur ziemlich gleichbleibend zu erhalten, während in dem anderen Treibhaus beträchtliche Wärmeschwankungen, parallel mit dem Wechsel der äußeren Temperaturen, nicht zu vermeiden waren. In beiden Häusern wurden Pflanzen und Blumen gleicher Art gezogen. Als Ergebnis der Versuche kann bei guter Wärmeisolation des Gewächshauses und elektrischer Beleuchtung folgendes zusammengefaßt werden: Es ist möglich, ein beschleunigtes Wachstum der Pflanzen zu erreichen und gleichzeitig unabhängig von den äußeren Witterungseinflüssen zu sein. Als vorteilhaft für die Wärmewirtschaft und das Wachstum der Pflanzen kann angesehen werden, daß es möglich ist, die Temperatur fast konstant zu halten, also größere Wärmeschwankungen zu vermeiden. Durch die gute Wärmeisolation des Gewächshauses wird der unerwünschte Wärmeabfluß vermieden, der bei den üblichen Gewächshäusern infolge der verwendeten großflächigen dünnen Glasfenster und vorhandener Un-

[1] Vgl. ETZ 1926, S. 591.

[1] Siehe „Lichttechnik" El. u. Maschinenb. 1929 S. 33, 52, 61.
[2] Vgl. „Licht u. Lampe" 1927, H. 2.

Digitized by Google

dichtigkeiten auftritt. Es ist hierbei möglich, bis zu 70 % an Wärme zu sparen, so daß die Mehrkosten für künstliche Beleuchtung durch die Ersparnisse bei der Heizung ausgeglichen werden.

Wenn auch bei diesem Versuch der Eindruck erweckt werden könnte, als ob die Wärmeisolation als wesentlicher Faktor bei diesen Ergebnissen zu betrachten ist, so hat sich doch bei anderen Versuchen gezeigt, die ohne irgendwelche besondere Vorkehrungen getroffen wurden, daß eine Wärmeisolation durchaus nicht notwendig ist. Man hat bei anderen Versuchen Pflanzen unter gewöhnlichen Verhältnissen in Treibhäusern gezüchtet und das elektrische Licht halbnächtig als Zusatzbeleuchtung verwendet, so daß also das künstliche Licht als Ergänzung, nicht aber als vollständiger Ersatz des Tageslichtes in Frage kommt. Allerdings tritt auch in diesem Fall insofern eine Ersparnis auf, als die von den Glühlampen abgegebene Wärme nutzbringend zur Erwärmung des Gewächshauses verwendet wird und ein Teil der Heizungskosten in Fortfall kommt. Die Erklärung dafür, daß es genügt, die Pflanzen halbnächtig zu beleuchten, ist nach Ansicht neuerer Pflanzenphysiologen darin zu suchen, daß der Assimilationsprozeß durchaus nicht den ganzen Tag stattfindet, sondern daß die Pflanzen die eigentliche Arbeit in den ersten Tagesstunden leisten und daß dann die Assimilation nachläßt. Wird nun gegen Abend die künstliche Beleuchtung eingeschaltet, beginnt die Pflanze noch einmal intensiv zu arbeiten, um dann wiederum nach einigen Stunden nachzulassen.

Bei weiteren Versuchen, die in Amerika und in letzter Zeit in Wien[1] vorgenommen wurden, arbeitete man mit wesentlich höheren Beleuchtungstärken von 6000 Lux und mehr. Über die Wirtschaftlichkeit der Wachstumförderung durch künstliche Beleuchtung wird man erst dann urteilen können, wenn umfangreichere Erfahrungen über die notwendigen Beleuchtungstärken und Belichtungszeiten vorliegen. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß die künstliche Beleuchtung der Pflanzen besonders bei verbilligten Nachtstrompreisen einerseits dem Gärtner erhebliche wirtschaftliche Vorteile bringt, anderseits eine erwünschte nächtliche Belastung der Elektrizitätswerke herbeiführt. *E. We.*

[1] Vgl. El. u. Maschinenb. „Lichttechnik" 1929, S. 33, 52, 61.

Fernmeldetechnik.

Übersicht über die Fernsprechbeziehungen zwischen den Ländern Europas. — Die folgende Tafel 1 gibt Aufschluß über die am 1. IX. 1929 bestehenden und geplanten Fernsprechverbindungen Europas. Ein Jahr früher, am 1. IX. 1928, bestanden 135 Verkehrsbeziehungen; diese Zahl hat sich in einem Jahre um 62 % erhöht und die am 1. IX. 1929 vorhandenen 219 Sprechbeziehungen bilden rd. 50 % aller Verkehrsmöglichkeiten. (Europ. Fernspr. 1929, S. 273.) *Bkm.*

Tafel 1.

Fernsprechverkehr zwischen ↓ und →	1 Albanien	2 Belgien	3 Bulgarien	4 Dänemark	5 Danzig	6 Deutschland	7 Estland	8 Finnland	9 Frankreich	10 Griechenland	11 Großbritannien	12 Irland (Freistaat)	13 Italien	14 Jugoslawien	15 Lettland	16 Litauen	17 Luxemburg	18 Niederlande	19 Norwegen	20 Österreich	21 Polen	22 Portugal	23 Rumänien	24 Rußland	25 Schweden	26 Schweiz	27 Spanien	28 Tschechoslowakei	29 Türkei	30 Ungarn	Summe der ⊙	Summe der •	Summe der +
1 Albanien																															—	—	—
2 Belgien				⊙	⊙	+		⊙	⊙		⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙			⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	21	—	—
3 Bulgarien						+														+			⊙							+	1	—	3
4 Dänemark		⊙			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙			⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	22	—	—
5 Danzig		⊙		⊙		⊙	+	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	+			⊙	⊙	+	⊙		⊙	19	—	3
6 Deutschland		⊙	+	⊙	⊙		•	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	+	•	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	22	2	2
7 Estland				⊙	+	•		⊙				⊙			⊙	⊙			⊙					⊙	⊙	+					8	1	2
8 Finnland		⊙		⊙	⊙	⊙	⊙		⊙		⊙	⊙			⊙	•	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙			⊙	⊙		⊙		⊙	19	1	—
9 Frankreich		⊙		⊙	⊙	⊙		⊙			⊙	⊙	⊙	⊙	+	+	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙			⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	20	—	2
10 Griechenland																															—	—	—
11 Großbritannien		⊙		⊙	⊙	⊙		⊙	⊙			⊙	⊙		+	+	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙			⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	19	—	2
12 Irland (Freistaat)		⊙		⊙	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙		⊙		+	+	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙			⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	19	—	2
13 Italien		⊙		⊙		⊙		⊙	⊙		⊙	⊙		⊙			⊙	⊙	⊙	⊙	⊙				⊙	⊙	⊙	⊙		•	15	1	—
14 Jugoslawien					⊙	⊙			⊙				⊙					⊙	⊙	⊙			⊙			⊙		⊙		⊙	10	—	—
15 Lettland		⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	+		+	+				⊙		⊙	⊙	+	⊙				⊙	+		⊙			12	—	5
16 Litauen		⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	•	+		+	+			⊙			⊙	•	•	⊙				⊙	⊙		⊙			11	3	3
17 Luxemburg		⊙		⊙	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙	⊙	⊙					⊙	⊙	⊙		⊙			⊙	⊙	⊙	⊙			17	—	—
18 Niederlande		⊙		⊙	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	+		⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	22	—	1
19 Norwegen		⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙		⊙	•	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙			⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	21	1	—
20 Österreich		⊙	+	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	+	•	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	+	•	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	20	2	3
21 Polen		⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙	⊙	⊙			⊙	⊙	⊙	⊙		⊙		⊙	21	—	—
22 Portugal		⊙		⊙	+	⊙		⊙			⊙	⊙			⊙		⊙	⊙	⊙	⊙					⊙	⊙	⊙	⊙			14	—	1
23 Rumänien			⊙			+								⊙				+		+	⊙							⊙		⊙	5	—	3
24 Rußland						•	⊙	⊙												•	⊙				•						3	3	—
25 Schweden		⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		•		⊙	⊙	⊙		⊙	22	1	—
26 Schweiz		⊙		⊙	⊙	⊙	+	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	+	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙			⊙		⊙	⊙		⊙	21	—	2
27 Spanien		⊙		⊙	+	⊙		⊙			⊙	⊙				⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙			⊙	⊙		⊙			14	—	1
28 Tschechoslowakei		⊙		⊙	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙	⊙			⊙	23	—	—
29 Türkei																															—	—	—
30 Ungarn		⊙	+	⊙	⊙	⊙		⊙	⊙		⊙	⊙	•	⊙				⊙	⊙	⊙	⊙		⊙		⊙	⊙		⊙			17	1	2
Summe der ⊙	—	21	1	22	19	22	8	19	20		19	19	15	10	12	11	17	22	21	20	21	14	5	3	22	21	14	23	—	17	438	—	—
Summe der •	—	—	—	—	—	2	1	1	—		—	—	1	—	—	3	—	—	1	2	—	—	—	3	1	—	—	—	—	1	—	16	—
Summe der +	—	—	3	—	3	2	2	—	2		2	2	—	—	5	3	—	1	—	3	—	1	3	—	—	2	1	—	—	1	—	—	36
																																	490

Zeichenerklärung: ⊙ Der Fernsprechverkehr ist bereits aufgenommen. • Der Fernsprechverkehr steht in Aussicht.
+ Ermittlungen über die Aufnahme des Fernsprechverkehrs sind aufgenommen.

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Ein Lösungsverfahren für Potentialprobleme. — Die Dirichletsche Aufgabe, bei gegebener Potentialverteilung mehrerer geladener Flächen die Flächendichte der Ladung zu berechnen, wird durch Behandlung der einfachen Integralgleichung erster Art

$$P = \iint \frac{u}{d}\, \mathrm{d}f$$

bzw. im zweidimensionalen Fall $P = \int u \ln d \, \mathrm{d}s$ gelöst. Es bedeuten dabei u die Ladungsdichte, P das Potential, d den Abstand zweier betrachteter Punkte. Man kann den Kern K ($1/d$ bzw. $\ln d$) in eine Doppelreihe nach orthogonalen Funktionen entwickeln, als welche bei den durchgeführten Beispielen trigonometrische Funktionen dienen:

$$K = \sum_n \sum_m A_{nm}\, \varphi_n(x)\, \varphi_m(\xi).$$

Digitized by Google

Die Ladungsdichte selber denke man sich ebenfalls in eine Reihe nach den Orthogonalfunktionen entwickelt:

$$u = \sum_i a_i \varphi_i(\xi).$$

Die Integralgleichung ist dann, da die Koeffizienten sämtlicher $\varphi_i(x)$ nach der Integration verschwinden sollen, während das konstante Glied gleich dem vorgeschriebenen konstanten Potential wird, äquivalent mit unendlich vielen Gleichungen für die unbekannten Koeffizienten α_i. Diese Gleichungen lassen sich näherungsweise dadurch lösen, daß man sich mit einer gewissen Anzahl der α_i begnügt, die angenähert aus den so entstandenen endlich vielen Gleichungen hervorgehen. Das Verfahren wird auf folgende zweidimensionale Probleme angewandt: 1. m Kreiszylinder in den Ecken eines regelmäßigen Polygons; 2. Anordnung wie bei 1. mit einem Kreiszylinder im Polygonzentrum; 3. Anordnung wie bei 1. mit einem das Polygon umhüllenden Kreiszylinder; 4. unendlich viele Kreiszylinder in zwei parallelen Ebenen. Die Probleme 1., 2. und 4. haben auch Bedeutung für hochfrequente elektromagnetische Aufgaben; das Problem 4. tritt auf bei der hochfrequenten Stromverteilung in einer Spule, das Problem 3. in Wärmeleitungs- und Potentialaufgaben der Kabeltheorie, eine Kombination von 2. und 3. beim elektrischen Feld einer Glühkathodenröhre. Wegen der Reihenentwicklung selbst muß auf die Originalarbeit verwiesen werden. (M. J. O. Strutt, Ann. Phys. Bd. 87, S. 153.) *Br.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Wahl von Zähnezahl und Eingriffswinkel von Evolventen-Zahnrädern. — Bei der Auswahl der grundlegenden Größen: Eingriffswinkel und Zähnezahl von Zahnradgetrieben steht der Konstrukteur vor schwierigen Entschlüssen, weil sehr viele verschiedenartige Einflüsse dabei zu berücksichtigen sind, die sich häufig in geradezu

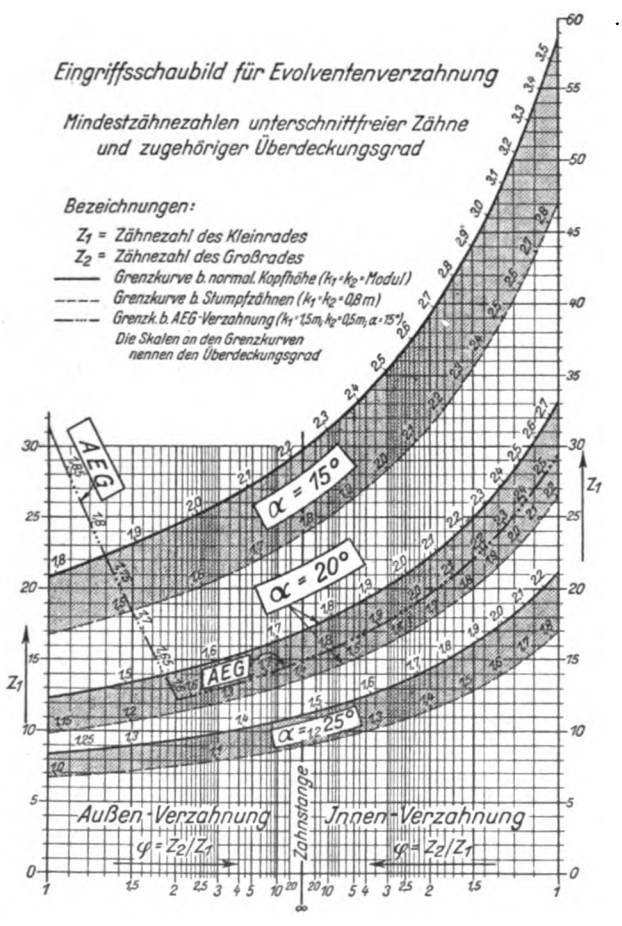


Abb. 23.

entgegengesetzter Weise auswirken. Kleine Gehäuse und Getriebeabmessungen (Gewicht) zwingen uns, geringe Zähnezahlen anzustreben. Die Unterschnittfreiheit normaler Zähne führt aber bei kleiner Zähnezahl auf großen Eingriffswinkel, der mit Rücksicht auf den Zahndruck tunlichst gering zu halten ist. Mindestüberdeckungsgrad (vielfach auch „Eingriffsdauer" genannt): $\varepsilon > 1$ ist erforderlich, damit überhaupt ein störungsfreier Getriebeeingriff möglich ist, ausreichender Überdeckungsgrad: $\varepsilon > 1{,}2$ aber wird häufig gefordert mit Rücksicht auf ruhigen Gang des Getriebes. Alle diese Forderungen stehen untereinander in nicht einfachem mathematischem Zusammenhang, sind aber überdies außerordentlich abhängig vom Übersetzungsverhältnis. Weil aber das Betriebs-Übersetzungsverhältnis meist ein anderes ist als das Herstellungs-Übersetzungsverhältnis (z. B. Zahnstangenwerkzeug bzw. Stoßrad), muß der Konstrukteur auch die Herstellungsart der Zahnräder in den Kreis seiner Überlegungen miteinbeziehen (Rücksicht auf vorhandene Maschinen und Werkzeuge). Die heute im Automobilbau vielfach angewandte Verkleinerung der Zahnkopfhöhe (Stumpfzähne) beeinflußt die geschilderten Zusammenhänge in ihrer zahlenmäßigen Auswirkung außerordentlich stark, und will man auch die AEG-Verzahnung in seine Erwägungen miteinbeziehen, so wachsen die Schwierigkeiten noch.

So vielen verschiedenartigen Forderungen stand der Anfänger und der nur gelegentlich mit Zahntriebentwürfen beauftragte Konstrukteur bisher völlig hilflos gegenüber. Denn auch durch das meist sehr umfangreiche und nicht lückenlose Schrifttum der Hand- und Lehrbücher konnte er nur die Einflüsse einzeln kennen lernen, aber keinerlei Übersicht darüber gewinnen, wie das gleichzeitige Auftreten aller dieser Einflüsse sich zahlenmäßig auswirkt. Um diesem offensichtlichen Übelstande abzuhelfen, wurde ein neues Hilfsmittel geschaffen: das Eingriffschaubild (Abb. 23). Es gestattet Ablesung der Mindestzähnezahlen und des zugehörigen Überdeckungsgrades für die in der Inhaltsangabe genannten Verzahnungsarten. Einzelheiten gehen aus Abb. 23 und den beigedruckten Bezeichnungen hervor. Das Eingriffschaubild gibt in einfachster Weise mit vollauf genügender Genauigkeit zahlenmäßigen Aufschluß über all die oben geschilderten schwierigen Fragen und Zusammenhänge. Zwecks Kleinhaltung der spezifischen Gleitgeschwindigkeit empfiehlt es sich, dem Kleinrad stets mindestens 1 ... 2 Zähne mehr zu geben, als die Grenzkurven erfordern. Auch die Art der Zahnherstellung kann berücksichtigt werden, indem als Abszisse statt des Betriebs-Übersetzungsverhältnisses das Herstellungs-Übersetzungsverhältnis (z. B. bei Zahnstangenwerkzeug $\varphi = \infty$) eingesetzt wird. (W. Vogel, Werkstattstechn. Bd. 23, S. 418.) *Sb.*

Verschiedenes.

Zweite Überseewoche in Hannover. — In der Zeit vom 11. bis 14. III. veranstaltet die Hannoversche Hochschulgemeinschaft gemeinsam mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Hannover und unter Mitwirkung der Fachgruppe für Vertriebsingenieure des Vereines deutscher Ingenieure einen viertägigen Kursus (zweite Überseewoche) in Hannover für Ingenieure und Kaufleute, um ihnen Erfahrungen und gewisse für das Ausfuhrgeschäft wertvolle Kenntnisse durch Vorträge von Wissenschaftlern und Praktikern zu vermitteln.

In einer Vortragsreihe über Exportförderung werden behandeln die Herren Klein, Berlin, vom Deutschen Industrie- und Handelstag die „amtliche Exportförderung", Dr. Herrle, Berlin, vom Reichsverband der Deutschen Industrie die „industrielle Exportförderung", Hildebrandt, Berlin, vom Reichsverband des Deutschen Groß- und Überseehandels die „Exportförderung durch den Überseehandel" und Voss, Leipzig, Direktor des Leipziger Meßamtes, „die Leipziger Messe als Mittel zur Förderung des Auslandabsatzes". In einer zweiten Vortragsreihe über Statistik, Marktbeobachtung und Konjunkturforschung werden sprechen Dipl.-Ing. Fr. Froelich und Direktor Dr. Bramstedt, Berlin, vom Institut für Konjunkturforschung. Ferner wird sprechen Baurat Dr.-Ing. E. h. Metzeltin, Hannover, über die „Bedeutung der Fremdsprachen für das technische Auslandsgeschäft". Mit besonderer Berücksichtigung der mechanischen Industrie sind angesetzt Vorträge über Verpackungswesen von Dr.-Ing. C. Weicken, Berlin, und über Auslandlieferbedingungen von Landgerichtsrat Dr. Halberstadt, Berlin. Außerdem werden behandeln Dr. techn. Stritzl, Berlin, „die technische Akquisition im Auslande" und Prof. Dr. Göbel, Hannover, „Deutschland im Wettkampf auf dem Weltmarkt".

Die Teilnehmergebühr beträgt 30 RM.

Die Vorträge der ersten Überseewoche (März 1929) erscheinen als Broschüre „Der Ingenieur im Exportgeschäft"

Digitized by Google

(Vorbestellungspreis 12 RM); die Vorträge der zweiten Überseewoche werden nicht veröffentlicht werden.

Nähere Auskunft über die bevorstehende Veranstaltung gibt der Schriftführer der Hannoverschen Hochschulgemeinschaft Dipl.-Ing. Fr. Froelich, Berlin NW 7, Ingenieurhaus.

Feuerschutz-Woche. — Wie wir an anderer Stelle schon kurz mitgeteilt haben, wird vom 27. IV. bis 4. V. von der Arbeits- und Interessengemeinschaft deutscher Feuerwehrorgane mit Unterstützung der Behörden des Reichs und der Länder eine Feuerschutz-Woche durchgeführt, um den Gedanken von der Notwendigkeit und Möglichkeit der Feuerverhütung mit besonders großer Stoßkraft einheitlich in die Volkskreise aller deutschen Gaue zu tragen. Verlieren doch jährlich in Deutschland 1400 Menschen durch Brände ihr Leben; fast ½ Mrd RM wird an Sachwerten vernichtet. Die genannte Arbeits- und Interessengemeinschaft läßt zur Aufklärung durch die Feuerwehren eine illustrierte Schrift „Feuerverhütung! Das Büchlein für alle" verteilen, in der sich auf knappem Raum ein Schatz von Tatsachen, Erfahrungen und Ratschlägen findet und u. a. auch auf die Wichtigkeit fachmännisch hergestellter und sorgfältig unterhaltener elektrischer Anlagen hingewiesen wird. Das in Berlin SW 11, Schöneberger Str. 20 (Fernruf B 2 Lützow 4391), eingerichtete Organisationsbüro steht unter der Leitung des Baurats Dipl.-Ing. Noack.

Isolierung gegen Schall und Erschütterungen. — Ein Stoff, der die Fortleitung von Erschütterungen verhindern soll, muß eine hohe Volumenelastizität besitzen. Beim Gummi ist das beispielsweise nicht der Fall, wohl aber verfügt über diese Eigenschaft in hohem Maße der Kork vermöge der zahllosen in ihm hermetisch abgeschlossenen Luftbläschen. Kork ist außerdem einer der schallweichsten Körper, d. h. an der Berührungsfläche mit schallharten Körpern, wie Beton, Eisen, Holz, wird der Schall stark reflektiert, und es findet nur ein schwacher Durchgang durch den Kork statt. Die Firma Emil Zorn A. G., Berlin S 19, verwendet daher neben Spiralfedern zur Aufnahme von Erschütterungen in ausgiebigem Maße den Kork für die Herstellung von Platten, die gleichzeitig Erschütterungen und Schall dämpfen. Am wertvollsten ist die Korfundplatte, Hochkantstreifen aus Naturkork, die in einem schmalen Rahmen zusammengehalten werden. Korsil ist ein Kunstprodukt, das aus reinem Korkschrot ohne erhärtende Bindemittel bei starker Wärmezufuhr hydraulisch zusammengepreßt wird. Diese Platten werden vorwiegend für unbelastete Seitenisolierungen verwandt. Wenn Verkehrsvibrationen und Körperschall im aufgehenden Mauerwerk zu dämpfen sind, ist Asphaltkorsil am Platze, das aus Korsil mit beiderseitigem Asphalt-Filzbelag besteht. Antivibrit ist ein Isolierstoff zum gleichen Zweck für sehr hohe Drucke, der aus mehreren durch und durch imprägnierten elastischen Gewebelagen besteht. Zur Herstellung schallsicherer Decken und Wände wird Antiphon bzw. Absorbit auf den Markt gebracht. *Ka.*

Besucherzahlen der deutschen Technischen Hochschulen. — Die nachstehend veröffentlichte Übersicht gilt für das Sommersemester 1929; wie auch in unseren früheren Berichten[1] sind die beurlaubten Studierenden nicht mitgezählt. Irgendeine grundsätzliche Änderung des Hochschulbesuchs ist nicht erkennbar; ein gewisser Rückgang gegenüber dem Sommersemester 1928 ist zwar vorhanden, beträgt jedoch nur rd. 2,5 %. Vergleichshalber seien die Gesamtzahlen der Studierenden in den letzten Sommersemestern genannt:

Sommersemester	1926	1927	1928	1929
Studierende. . .	22,9	22,7	24,1	23,6 Tausend.

Hochschule	Allgem. Wissenschaften	Architektur	Bauingenieurwesen	Bergbau	Hüttenkunde	Chemie und Pharmazie	Elektrotechnik	Maschinenbau	Schiff- und Schiffsmaschb.	Summe der Studierenden I	Hörer und Gäste II	Ausländer in I u. II III
Aachen	73	85	148	82	222	52	100	188	—	950	402	89
Berlin	318	400	831	179	98	288	1196	1422*	146	4878	459	667
Braunschweig	243	78	129	—	—	191	143	233	—	1017	134	68
Breslau	40	—	68	26	70	27	86	198	—	545	47	43
Clausthal	10	—	—	146	110	—	—	—	—	266	17	4
Danzig	187	128	274	—	—	157	257	432	191	1626	101	346
Darmstadt	594	234	302	—	—	225**	493	667†	—	2515	244	188
Dresden	1576	209	272	—	—	256	804	—	—	3117	283	320
Freiberg	—	—	—	162	81	—	—	—	—	243	8	75
Hannover	108	180	334	—	—	102	366	653	—	1743	110	59
Karlsruhe	83	212	170	—	—	107	230	416	—	1218	180	114
München	800††	333	607	8	—	305	718	981	—	3752	180	345
Stuttgart	212	336	296	—	4	173	203	411	—	1725	342	85
Summe:										23 595	2 507	2 403

* Darunter 172 Stud. für Luftfahrzeugbau. † Darunter 8 Gasingenieure.
** „ 77 Papieringenieure. †† „ 145 Stud. der Landwirtsch. und 400 Stud. der Wirtschaftswissenschaften.

[1] Wintersemester 1928/29: ETZ 1929, S. 1244. Sommersemester 1928: ETZ 1928, S. 1724.

Energiewirtschaft.

Die Wirtschaftlichkeit von Hochdruck-Kraftwerken in den V. S. Amerika. — In den letzten fünf Jahren sind in den V. S. Amerika 41 Kraftwerke für hohe Drücke gebaut worden, wovon 25 in die 28 at-Klasse gehören, neun in die 42 at-Klasse und sieben in die 84 at-Klasse. Es wird erwartet, daß von 1929 ab Kraftwerke für niedrigere Drücke als 28 at überhaupt nicht mehr errichtet werden. Die Dampftemperatur hat viel weniger geschwankt und betrug zwischen 345 ... 400 ° mit einer ausgesprochenen Vorliebe für 372 und 386 °. Das Committee on Power Generation der Association of Edison Illuminating Companies hat daher vor zwei Jahren eine Rundfrage über die wirtschaftlichen Ergebnisse dieser Kraftwerke und den wirtschaftlichsten Dampfdruck veranstaltet, deren Ergebnis jetzt vorliegt. Die Ansichten, die von den Kraftwerksbesitzern geäußert worden sind, weichen allerdings vielfach so weit voneinander ab, daß das Komitee es für ratsam hielt, die Aufstellung eines abschließenden Berichtes zu vertagen und seine Feststellungen auf Tatsachen zu beschränken, für die Übereinstimmung erzielt werden konnte.

Allgemein feststehend ist jedenfalls das Ergebnis, daß die Kosten für Höchstdruck-Kraftwerke überschätzt worden sind. Der Preis eines Kraftwerkes für 84 oder 91 at braucht nicht um mehr als 6 ... 10 $ (= 6 ... 10 %) höher zu sein als der eines Kraftwerkes für 25 at. Ein 40 at-Kraftwerk mit Zwischenüberhitzung ist weniger wirtschaftlich als ein entsprechendes 28 at-Werk ohne letztere, weil die Wärmeersparnis durch den gesteigerten Kapitaldienst überkompensiert wurde. Die 40 at-Anlage ist auch gegenüber einem 84 at-Kraftwerk teurer. Es geht daraus die Alternative hervor, das Kraftwerk entweder für 28 oder 84 at zu bauen. Die 28 at-Anlage empfiehlt sich ihrer Einfachheit, Betriebsicherheit und der geringen Anschaffungskosten wegen. Sollte man später dazu kommen, 84 oder 100 at für weitere Ausbauten zu wählen, so fügen sich 28 at in die Gesamtanlage gut ein, während das 42 at nicht tun.

Hat man die Wahl zwischen hohem Druck und hoher Temperatur, so ist die hohe Temperatur empfehlenswerter, weil sie keine besondere Kesselkonstruktion, keine besonderen Kesselspeisepumpen oder ein besonderes Rohrleitungssystem für das Speisewasser verlangt, außerdem der überaus hohe Kraftverbrauch der Speisepumpen bei hohem Druck wegfällt. Ein außerordentlicher Vorteil der hohen Temperatur bei mäßigem Druck ist, daß weder ein Zwischenüberhitzerkessel noch ein Frischdampf-Zwischenüberhitzer notwendig werden. Wenn man den Wärmeverbrauch je Kilowattstunde senkt, indem man die Dampftemperatur über 400 ° erhöht, so werden Kessel und Kondensatoreinheiten kleiner und daher billiger, während die einzige Kostensteigerung durch die Teile veranlaßt wird, mit denen der hochüberhitzte Dampf in Berührung kommt. Diese Teile bilden nur einen kleinen Teil der gesamten Anlage, und die auf sie entfallenden Kosten sind nicht groß. Könnten solche Teile zu vernünftigen Preisen hergestellt werden, so ist anzunehmen, daß ein Kraftwerk mit hoher Temperatur und geringem Druck weniger kosten würde als eine Hochdruckanlage mit gleichem Wärmeverbrauch. Mit steigender Dampftemperatur wird ein immer größerer Teil der Expansion in der Turbine in das überhitzte Gebiet fallen als bei Hochdruckanlagen, was in einer wirtschaftlicheren Turbine zum Ausdruck kommt.

Digitized by Google

Die Entwicklung zu hohen Temperaturen hin ist vorläufig noch durch die vorhandenen Materialien begrenzt. Die Überhitzer lassen sich etwa für eine Übergangstemperatur von maximal 540 ° bauen, wobei man einen Druck von annähernd 60 at zulassen kann. Hierbei ist es noch nicht notwendig, besondere Legierungen zu verwenden. Geht man zum Gebrauch von Legierungen über, so kann man den Druck wohl auf 100 at steigern; sehr viel Gewinn in der Temperatur dagegen bringen die Legierungen nicht, weil bei höherer Temperatur ihre Festigkeit doch annähernd auf die normalen Kohlenstoffstahles sinkt. Schwierigkeiten sind auch von den Turbinenschaufeln des Hochdruckteils zu erwarten. Der in letzter Zeit häufig verwendete rostfreie Stahl hat wenig befriedigt und eine außerordentliche Vorliebe für Schwingungen gezeigt. Es sind deshalb auch hier Nickel-Chromlegierungen vorgeschlagen worden, die aber den Nachteil haben, daß sie sich nicht hart löten lassen. Die Rohrleitung macht kaum Schwierigkeiten. Man geht mehr und mehr dazu über, sie zu einem einheitlichen Stück zusammenzuschweißen, und es ist schon eine Anzahl Kraftwerke gebaut worden, bei denen praktisch alle Rohrleitungen geschweißt sind. Eine besondere Schwierigkeit bei der hohen Temperatur bilden vorläufig die Federn der Sicherheitsventile, die zwar normalerweise nur durch Leitung Wärme erhalten, aber beim Abblasen der vollen Dampftemperatur ausgesetzt sind. Ein geeignetes Material, das der hohen Temperatur standzuhalten vermag und genügende Festigkeit bewahrt, ist bisher noch nicht bekannt. Trotz dieser Schwierigkeiten hat die Detroit Edison Co. als erste die Folgerung aus den vorstehend wiedergegebenen Feststellungen gezogen und sich zur Anwendung einer Temperatur von 540 ° entschlossen. Es ist aber bezeichnend, daß sie eine Maschine für eine derartige Temperatur nicht im Inlande erhalten konnte. Sie hat sie infolgedessen der British Thomson-Houston Co. in Auftrag gegeben. Es handelt sich um eine 10 000 kW-Turbine mit zwei Zylindern und einer Welle. Der Eintrittsdruck beträgt nur 26 at. Die Temperatur ist so gewählt, daß Zwischenüberhitzung nicht notwendig ist und die Feuchtigkeit im Turbinenabdampf 10 % nicht überschreitet. Die Erfahrung hat gezeigt, daß andernfalls schnelle Abnutzung der Schaufeln in den Niederdruckstufen eintritt und man besser tut, die Feuchtigkeit noch erheblich unter dieser Grenze zu halten. Die Anlage ist so gedacht, daß Dampf der Hauptdampfleitung mit 28 at und 370 ° entnommen und durch einen ölgefeuerten Überhitzer geleitet wird, der eine Höchstleistung von annähernd 40 t Dampf stündlich bewältigt und unmittelbar an die Turbine abgibt. Überhitzer und Turbine sind unmittelbar nebeneinander aufgestellt.

Der teuerste Teil eines Höchstdruck-Kraftwerkes ist der Kessel. Um hier mit niedrigen Kosten auszukommen, hat es sich bewährt, die Heizfläche möglichst klein zu halten und möglichst hoch zu belasten, dafür die andere wärmeabgebende Fläche zu vergrößern. Eine bewährte Verteilung ist folgende: Heizfläche 11 ... 12 %, Überhitzer 6,9 %, Gaszwischenüberhitzer 17,2 %, Speisewasservorwärmer 17,6 %, Luftvorwärmer 46,3 %. Gegenwärtig stellen die Einrichtungen für Kraftwerke für 80 bis 100 at noch Spezialanfertigungen dar und sind daher teuer. Werden Anlagen mit solchen Drücken häufiger gebaut, so können die Anlageteile verbilligt werden, so daß in Zukunft die Differenz zwischen 84 und 28 at sich wahrscheinlich noch verringern wird. Für industrielle Kraftwerke ergeben sich etwas andere Gesichtspunkte. Der verringerte Wärmeverbrauch bei höchsten Drücken spielt bei ihnen keine große Rolle. Bei einem öffentlichen Kraftwerk äußert er sich in Verbilligung von Kondensatoren, Kondensatorhilfsmaschine, Speisewassereinrichtungen usw. Bei einem industriellen Kraftwerk, das sowohl Arbeitsdampf wie Kraft abgeben muß, trifft das nicht mehr zu. (Power, Bd. 69, 1929, Nr. 22.) *Ha.*

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die Erzeugung der bekannten 122 Elektrizitätswerke war im Dezember 1929 um 10,8 Mill kWh größer als im Vormonat und übertraf um 190,9 Mill kWh (14 %) die Gewinnung im Parallelmonat von 1928. Arbeitstäglich betrugen diese Zunahmen bzw. 3,074 (5 %) und 7,953 Mill kWh (14 %). Insgesamt ergibt sich für das ganze Jahr 1929 eine Produktion obiger Werke von rd. 16,905 Mrd kWh, d. s. 2,535 Mrd kWh (fast 18 %) mehr als im Vorjahr (14,370 Mrd kWh). Da es sich, wie das Statistische Reichsamt hierzu bemerkt, bei den erfaßten Werken um die Hälfte der deutschen Gesamtstromerzeugung handelt, kann diese für 1929 zu etwa 32 ... 33 Mrd kWh angenommen werden. Der Anschlußwert der von 103 Werken unmittelbar belieferten gewerblichen Abnehmer ist im November 1929 um 7000 kW unter den Betrag des Vormonats gesunken, im Vergleich zum November 1928 aber um 0,182 Mill kW gestiegen. Für den Verbrauch dieser Konsumenten ergibt sich gegen den Oktober 1929 eine Abnahme um 20,2 Mill kWh (rd. 4 %), im Vergleich mit dem Parallelmonat des Vorjahres aber eine Erhöhung um 80,1 Mill kWh (17 %). Arbeitstäglich sind Zunahmen von bzw. 0,848 und 3,202 Mill kWh festzustellen. Das starke Anwachsen des Verbrauchs gegenüber dem November 1928 erklärt das Statistische Reichsamt hauptsächlich damit, daß der Konsum damals infolge der Aussperrung in der nordwestdeutschen Eisenindustrie ungewöhnlich gering war.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928
I.	26	26	1443,6	1234,4	55,5	47,5	4,3	4,0	540,0	475,7	20,8	18,3	4,8	4,6
II.	24	25	1282,0	1128,8	53,4	45,2	4,3	4,1	499,3	458,1	20,8	18,3	4,8	4,5
III.	25	27	1306,9	1172,7	52,3	43,4	4,3	4,1	510,2	483,7	20,4	17,9	4,7	4,4
IV.	25	23	1299,1	1048,9	52,0	45,6	4,3	4,1	511,6	436,5	20,5	19,0	4,7	4,6
V.	25	25	1302,3	1083,6	52,1	43,3	4,3	4,1	510,4	444,1	20,4	17,8	4,7	4,3
VI.	25	26	1297,4	1084,0	51,9	41,7	4,4	4,1	531,3	458,8	21,3	17,6	4,9	4,3
VII.	27	26	1370,5	1123,5	50,8	43,2	4,4	4,1	542,4	478,8	20,1	18,4	4,6	4,4
VIII.	27	27	1437,0	1215,4	53,2	45,0	4,4	4,2	556,1	497,0	20,6	18,4	4,7	4,4
IX.	25	25	1420,5	1226,6	57,2	49,1	4,4	4,2	549,0	491,3	22,0	19,7	5,0	4,7
X.	27	27	1584,9	1352,8	58,7	50,1	4,5	4,2	558,6	513,6	20,7	19,0	4,7	4,5
XI.	25	25	1574,8	1304,9	63,0	52,2	4,4	4,3	538,4	458,3	21,5	18,3	4,8	4,3
XII.	24	24	1585,6	1394,7	66,1	58,1	.	4,3	.	501,4	.	20,9	.	4,9

[1] Wirtsch. u. Stat. Bd. 10, 1930, S. 85. Vgl. ETZ 1930, S. 185.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zum Vortrags- und Diskussionsabend für jüngere Fachgenossen am Montag, dem 10. März 1930, abends 7½ Uhr, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. Kautter über das Thema: „Hochfrequenzmeßtechnik in ihrer besonderen Anwendung auf dem Rundfunkgebiet."

Inhaltsangabe:

A. Die besonderen Aufgaben der Hochfrequenzmeßtechnik und die dabei auftretenden Schwierigkeiten.

B. Messung von Einzelheiten: Zweck, Richtlinien.
   1. Küpfmüller-Brücke,
   2. Dynatron,
   3. Differentialbrücke.

C. Messungen an fertigen Geräten.
   1. Verstärkung,
   2. Trennschärfe,
   3. Klirrfaktor.

2. Besprechung des Vortrags.

Recht zahlreiche Beteiligung seitens der jüngeren Fachgenossen ist erwünscht.

Elektrotechnischer Verein
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Digitized by Google

Einladung

zur Fachsitzung für Installationstechnik (EVI) am Dienstag, dem 11. März 1930, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. Thiemens über das Thema: „Anwendungen der Elektrizität im Haushalt".

Gäste willkommen.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß für Installationstechnik

Der Vorsitzende:

Baumann.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betr.: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

Nach den der VDE-Prüfstelle vorliegenden Unterlagen bringt die Firma Wilhelm Buckenmaier, Stetten-Hechingen, Sicherungspatronen mit dem VDE-Zeichen ohne Ursprungszeichen in den Handel. Die Firma hat eine Genehmigung zur Führung des Verbandszeichens nicht erhalten. Außerdem müssen ja auch alle Erzeugnisse, für die die Prüfzeichengenehmigung von der VDE-Prüfstelle ausgesprochen worden ist, neben dem VDE-Zeichen das Ursprungszeichen der Herstellerfirma tragen.

Bei den von der obenerwähnten Firma in den Verkehr gebrachten Erzeugnissen liegt also ein Mißbrauch des Verbandszeichens vor. Vor dem Ankauf wird daher gewarnt.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Zimmermann.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Einbanddecken ETZ.

Einbanddecken für den Jahrgang 1929 der ETZ können wiederum bezogen werden, u. zw. zum Preise von 2,20 RM für den Halbjahrband, einschl. Versandkosten.

Bestellungen sind durch Einzahlung auf Postscheckkonto des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Berlin 213 12 (genaue Adresse nicht vergessen), oder bei gewünschter Nachnahmesendung direkt an den Verband Deutscher Elektrotechniker, Verlagsabt. Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Der Generalsekretär:

P. Schirp.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst 9697.

Der AEF hat die folgenden Druckschriften und Tafeln herausgegeben, auf die er hiermit hinweist:

1. Die „Verhandlungen des AEF in den Jahren 1907 bis 1927" sind im Verlage von Julius Springer erschienen und durch den Buchhandel zu beziehen. 49 S. im Format A4, Preis 5 RM.

2. 3 Wandtafeln Formelzeichen und 2 Wandtafeln Einheitszeichen auf Steifpapier im Format A1: 59,4 × 84,1 cm² und mit Ösen zum Aufhängen. Sie sind zu beziehen von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, zum Preise von je 35 Pf. Für Verpackung und Versand sind für 1 bis 5 Tafeln 55 Pf beizufügen.

3. Taschenheftchen, 15 S. im Format A 6. Es enthält allgemeine Angaben über den AEF, alle Zeichenlisten und 4 Sätze (ohne Erläuterungen). Es ist ebenfalls von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins zu beziehen. Preis (Versand inbegriffen) 1 Stück 25 Pf, 2 Stück 40 Pf, 3 Stück 50 Pf, 4 und mehr Stück 15 Pf das Stück.

4. Die meisten Listen und Sätze des AEF sind auch in Form von Normblättern erschienen. Diese sind zu beziehen vom Beuth-Verlag G. m. b. H. in Berlin SW 19.

Strecker.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrot. Verein Chemnitz. 13. III. 1930, abds. 7½h, Hörsaal 199 der Staatl. Akademie für Technik: Vortrag Obering. Graef, „Wärmewirtschaftliches Meßwesen im Kraftwerk und Industriebezirk".

Elektrot. Gesellschaft Cöln. 10. III. 1930, abds. 8h, Vortragsaal der Lese-Gesellschaft, Langgasse 6: Vortrag Dir. R. Zaudy, „Die neuen Vorschriften des VDE für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V".

Elektrot. Verein des rhein.-westf. Industriebezirks, Dortmund. 12. III. 1930, abds. 7½h, Parkhotel Haus Rechen AG., Königsallee 21: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Stern, „Fernmeßanlagen zur Lastverteilung und Betriebsüberwachung von Stadt- und Überlandzentralen".

Elektrot. Gesellschaft Hannover. 11. III. 1930, abds. 8h, Hörsaal 151 der T. H.: Filmvortrag Dipl.-Ing. Königswerther, „Elektrizitätstarife und Zählertechnik".

Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft, Berlin. 13. III. 1930, nachm. 5½h, Osram-Lichthaus, Warschauer Pl. 11-12: a) Vortrag R. Tischer, „Das Haus der Technik in Bielefeld"; b) Vortrag L. Schneider, „Der Einfluß der Beleuchtung auf die Leistungsfähigkeit des Auges" in Demonstrationen.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

O. Nußbaumer †. Am 5. Januar d. J. starb an einem hartnäckigen Leiden der Ing. Otto Nußbaumer, Hofrat der Landesregierung in Salzburg. Mit ihm schied ein auf dem Radiogebiet verdienstvoller österreichischer Forscher aus dem Leben. 1876 in Innsbruck geboren, besuchte er nach Absolvierung der Landes-Oberrealschule in Graz die Technische Hochschule daselbst, die er 1900 absolvierte. In seine sechsjährige Tätigkeit als Konstrukteur bei seinem Lehrer Prof. v. Ettinghausen fielen die Versuche Nußbaumers mit drahtloser Telegraphie und seine erstmalige Musikübertragung auf drahtlosem Wege. Die Technische Hochschule Graz ehrte diese Verdienste, indem sie am 7. Januar 1930 an dem Gebäude der Technischen Hochschule eine Gedenktafel anbrachte mit der Inschrift

O. Nußbaumer †.

„Hier übertrug zum ersten Male Musik auf drahtlosem Wege Otto Nußbaumer. Assistent bei Professor A. v. Ettinghausen. am 15. Juni 1904."

Digitized by Google

1907 trat Nußbaumer als Maschinen- und elektrotechnischer Sachverständiger zur Statthalterei Graz und 1908 zur Landesregierung Salzburg über, wo er die Leitung der Abteilung Maschinenbau und Elektrotechnik übernahm.

A. Ensbrunner. Wien.

J. Kremenezky. — Einer der Pioniere der österreichischen Elektrotechnik, Kommerzialrat Johann Kremenezky, konnte am 15. II. in voller körperlicher und geistiger Frische seinen 80. Geburtstag begehen. In Odessa geboren, kam er, noch ganz jung, beim Bau einer russischen Telegraphenlinie mit der Schwachstromtechnik in Berührung, studierte in Berlin Maschinenbau, während er praktisch bei S & H arbeitete und ging dann nach Paris zur Société Générale d'Electricité (Jablochkoffkerzen). 1880 stellte er die erste große Beleuchtungsanlage im Wiener Volksgarten her, machte sich in der österreichischen Hauptstadt selbständig und baute, bald mit B. Egger gemeinsam, hauptsächlich Dynamos usw. Die von ihm konstruierte Bogenlampe ohne Mechanismus (Lampe Soleil) fand große Verbreitung im In- und Ausland. Nach dem Ausscheiden Eggers und dem Beitritt von M. Mayer nahm die Firma den Namen Kremenezky, Mayer & Co. an und schloß sich mit der Wiener Zweigstelle der englischen Brush Electrical Engineering Co. zusammen. 1889 erbaute Kremenezky ein neues Werk und befaßte sich in großem Umfang auch mit der Herstellung von Licht- und Kraftübertragungsanlagen in Österreich-Ungarn. Als Schuckert & Co. seine Fabrik übernahm und in die Österreichischen Schuckertwerke AG. umwandelte, wurde er mit der Leitung betraut, nach dem Entstehen der Österreichischen Siemens-Schuckertwerke AG. aber wieder mit großem Erfolg Inhaber eines eigenen Unternehmens, der Joh. Kremenezky, Fabrik für elektrische Glühlampen. Er erwarb das Kolloidverfahren von Dr. Kužel (Wolframfäden) und konnte sein Werk bald für eine Jahresleistung von 7,5 Mill Lampen und bedeutende Erweiterungsfähigkeit einrichten, das während des Krieges auch die Erzeugung von Batterien, Transformatoren, Heiz- und Kochapparaten usw. aufnahm. Heute werden von Kremenezky 1000 Arbeiter sowie rd. 200 Beamte beschäftigt. Die großen Verdienste des außerordentlich beliebten Jubilars sind überall und durch zahlreiche Ehrungen — er ist u. a. Ehrenbürger der T. H. Wien und Ehrenmitglied des dortigen Elektrotechnischen Vereins — anerkannt worden. *Hgn.*

Auszeichnungen. — Die Edison-Medaille für 1930 wurde vom American Institute of Electrical Engineers dem Professor der Yale-Universität C. F. Scott verliehen. Prof. Scott erhielt die Auszeichnung in Anerkennung seiner wissenschaftlichen und technischen Leistungen auf dem Gebiete der Mehrphasenstrom-Kraftübertragung. —

Die Lamme-Medaille des gleichen Instituts wurde in diesem Jahre dem aus Deutschland gebürtigen Chefelektriker der Westinghouse Co. R. E. Hellmund zuerkannt, u. zw. für seine Arbeiten an der Schaffung und Vervollkommnung rotierender elektrischer Maschinen. Herr Hellmund war nach kurzer Praxis in Deutschland bei verschiedenen amerikanischen Firmen tätig, bis er 1907 bei der Westinghouse Co. als Konstrukteur für Induktionsmotoren eintrat. Er schuf neue Ventilationssysteme und Statorkonstruktionen, neue Schutz- und Wicklungssysteme für elektrische Maschinen und arbeitete erfolgreich an der Frage der Stromrückgewinnung bei Bahnen sowie der Phasenumformer-Lokomotive. 1926 ernannte ihn die Westinghouse Co. zum Chefelektriker. —

Der Verlagsbuchhändler Dr. med. h. c. Ferdinand Springer ist von der Universität Göttingen in Anerkennung seiner für die Erhaltung und Entwicklung der deutschen mathematischen Literatur entscheidenden Tätigkeit zum Ehrendoktor der Philosophie ernannt worden.

LITERATUR.

Besprechungen.

Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik. Von Prof. Dr. A. Thomälen. 10. stark umgearb. Aufl. Mit 581 Textbildern, VIII u. 359 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 14,50 RM.

Von dem bekannten „Kurzen Lehrbuch der Elektrotechnik" von A. Thomälen erscheint die 10. Auflage, ein nochmaliger Beweis dafür, daß das Buch gut ist und einen treuen Leserkreis hat. Auf knapp 350 Seiten werden in kurzer, klarer, wissenschaftlich einwandfreier Form die Grundgesetze des Gleich- und Wechselstromes, die Grundlagen für die Berechnung von Leitungen, die Theorie der Transformatoren und elektrischen Maschinen, die Ausgleichsvorgänge auf Leitungen und die Gleichrichter behandelt. 27 Jahre lang wird dieses Werk von den Studierenden der Technischen Hoch- und Mittelschulen als Lehrbuch benutzt, und viele sind dem Verfasser dafür zu Dank verpflichtet, daß er sie auf kürzestem Wege, aus dem alle Hindernisse weggeräumt sind, in die Starkstromtechnik eingeführt hat. Es ist sehr wünschenswert, daß dies vortreffliche Buch noch in vielen weiteren Auflagen erscheint. Für diese sei der Wunsch ausgesprochen, daß der Verfasser von seinem ursprünglichen Ziel, ein Buch zu schaffen, das „in der Mitte zwischen den allgemein verständlichen Darstellungen und den Spezialwerken" steht, nicht abweicht. Das wissenschaftliche Niveau des Buches ist in den letzten Auflagen gegenüber den älteren wesentlich gehoben, u. zw. hinsichtlich der mathematischen Hilfsmittel wie hinsichtlich des behandelten Stoffes. Bei weiterem Fortschreiten auf diesem Wege läuft der Verfasser Gefahr, daß das Buch für den Leserkreis, für den es bestimmt ist, zu schwer wird. Dies trifft bis zu einem gewissen Grade auch für vorliegende Auflage zu: so wäre z. B. die mathematische Behandlung des Doppelkäfigankermotors am besten weggeblieben, weil sie für den Nichteingeweihten nicht ausreichend, für den Eingeweihten zu knapp gehalten ist. Der dafür verwendete Raum wäre zweckmäßiger für eine kurze Beschreibung der ständererregten Kommutatorhintermaschinen (Abschnitt „Drehstrom-Regelsätze"), die ganz übergangen worden sind, zu verwenden. Ein kurz gefaßtes Lehrbuch wie das vorliegende müßte ein ausführliches Literaturverzeichnis haben. Diese Wünsche für die weiteren Auflagen sollen keinesfalls die Qualität des Thomälenschen Buches, das jedem Studierenden auf das wärmste empfohlen werden kann, herabsetzen. M. Liwschitz

Costruzioni elettromeccaniche. Von Ettore Morelli. III. Band. Applicazioni elettromeccaniche. In 8 Lieferungen (14....21 des Gesamtwerks). 1614 S. mit 1636 Abbildungen und 109 Tafeln. Turin 1921/1927. Unione tipografico-editrice Torinese. 230 Lire.

Von dem groß angelegten Werk über elektromechanische Konstruktionen, dessen zwei ersten Bände über Dynamobau schon in dritter Auflage erschienen sind[1], liegt nun auch der 3. umfangreiche Band über elektromechanische Anwendungen vor. Er besteht aus drei Hauptteilen. Der erste Teil, dessen beide ersten Lieferungen schon früher besprochen sind[2], umfaßt die zum Betrieb elektrischer Maschinen erforderlichen Zubehörteile, Schaltgeräte, Regler, Schutzeinrichtungen, Widerstände, Meß- und Kontrolleinrichtungen, Antriebe, Kupplungen, Riemen- und Zahnradantriebe und die Regel- und Parallelschaltungs-Einrichtungen gewöhnlicher und selbsttätiger Zentralen. Der zweite und dritte Hauptteil behandeln die elektromotorischen Antriebe und umfassen in sieben Abschnitten Hebe- und Transporteinrichtungen, Pumpen und Gebläse, elektrische Schiffsantriebe, elektrische Bahnen, Maschinen und Geräte für Landwirtschaft und Bergbau, Holz- und Metallbearbeitung, Textilindustrie, Papierindustrie und Druckerei und Verschiedenes, als keramische, Leder- und andere Industrien, Elektrofilter, Haushaltungsgeräte und Uhren. An Hand eines überaus reichhaltigen Materials an Abbildungen, Tafeln und Tabellen über europäische und amerikanische Konstruktionen versteht der Verfasser es, das Wesentliche jeder Konstruktion bis in alle Einzelheiten klar zu begründen und die jedem Betrieb eigentümlichen Hilfseinrichtungen zu erläutern. So kann jedes einzelne Kapitel als vorzügliche Einführung in das betreffende Sondergebiet dienen, deren Wert freilich noch gewinnen würde, wenn die Literaturquellen reichlicher angeführt wären. Bei der Bearbeitung eines so umfassenden Gebietes durch einen Verfasser, die zwar die Einheitlichkeit der Darstellung gewährleistet, ist es anderseits unvermeidlich, daß manches während der Bearbeitung veraltet, wie z. B. manche Schutzeinrichtungen, und daß nachträglich eingefügte Ergänzungen nicht mehr dort Platz finden, wo sie hingehören. Gleichwohl ist es dem Verfasser gelungen, ein wohl einzig dastehendes Werk über die konstruktive Durchbildung der Einrichtungen der Starkstromtechnik zu schaffen, das jeder Elektro- oder Maschineningenieur mit großem Nutzen in die Hand nehmen wird. Fraenckel.

[1] ETZ 1926, S. 1149.
[2] ETZ 1924, S. 917.

Digitized by Google

Was muß der Maschineningenieur von der Eisengießerei wissen? (Schriften d. Arbeitsgemeinsch. Dt. Betriebsing. Bd. 6.) Herausg. von Dr.-Ing. A. Lischka †, bearb. v. zahlr. Fachgen. Mit 243 Abb. i. Text u. auf 8 Taf. sowie 38 Tab. VI u. 272 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 25,50 RM.

Nach dem allzufrühen Tod des talentvollen Herausgebers hat der Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, Düsseldorf, das Werk zu Ende geführt. Das Buch verdient, was die einzelnen Aufsätze anbelangt, alles Lob, und ich möchte es als Gießereifachmann in meiner Bücherei nicht missen. Es wendet sich an den Maschineningenieur als Konstrukteur und Abnehmer, es wird aber ebenso dem Elektroingenieur ein wertvolles Hilfsbuch sein.

Wenn der Herausgeber im Vorwort behauptet, daß der Umfang des Buches zu groß geworden wäre, wenn er sich nicht aufs Eisen beschränkt hätte, so kann ich ihm nicht beipflichten. Die Roh- und Hilfstoffe, die Konstruktionsregeln, Modellbau und Formtechnik, Formmaschinen und sogar die Selbstkostenrechnung sind für alle Metalle nahezu dieselben. Auf 40 Seiten hätten sich die Legierungen wie Leichtmetall, Silumin, Lautal, Elektron usw. und ihre Schmelz- und Gießtechnik eingehend erläutern lassen. Wenn dafür der Abschnitt Kupolofen um die Hälfte und vieles andere beträchtlich kürzer gehalten worden wäre — die in Betracht kommenden Leser haben doch schon einmal Vorlesungen über mechanische Technologie gehört! —, so wäre der nötige Raum geschaffen worden. Es besteht leider kein Buch, das die genannte Lücke auszufüllen vermag, und hier wäre die beste Gelegenheit geboten gewesen, Versäumtes gutzumachen.

M. Escher.

Die Heizerschule. Vorträge über d. Bedienung u. d. Einrichtung v. Dampfkesselanlagen. Ein Lehrb. zur Ablegung d. staatl. Heizerprüfung nach den vom Reichswirtschaftsmin. aufgest. Richtlinien. Von Gewerberat F. O. Morgner. 5. umgearb. u. vervollst. Aufl. Mit 169 Textabb., IX u. 171 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis kart. 5,10 RM.

Die vorliegende Neuauflage der Heizerschule ist den großen Fortschritten der Wärmetechnik und des Dampfkesselbaues der letzten Jahre gerecht geworden. Der Zweck des Buches ist in erster Linie eine bessere wärmewirtschaftliche Ausbildung und hiermit zugleich eine allgemeine Hebung des Standes der Maschinisten und Heizer. Nicht nur, daß der Heizer mit allen Einzelheiten seiner Kesselanlage genau vertraut sein muß, soll er auch verstehen, die Kesselanlage so wirtschaftlich wie möglich zu betreiben. Wohl kein Buch bietet dem Heizer einen gründlicheren und umfassenderen Unterricht über alle einschlägigen Fragen wie das Buch „Die Heizerschule".

Aus dem reichhaltigen Inhalt erwähne ich die folgenden Abschnitte: Verbrennungsvorgänge, die Zusammensetzung und Untersuchung der Heizgase, die einzelnen Brennstoffarten, die Bedienung des Kesselfeuers, Feuerungsanlagen, Verhütung und Beseitigung des Kesselsteines, Verdampfung des Wassers, die Ausrüstung des Dampfkessels, die Speisewasservorwärmer und Lufterhitzer, Wärmewirtschaft und die Zentralheizungsanlagen. Man ersieht hieraus, daß das Gebiet mit äußerster Gründlichkeit behandelt ist.

Neu eingefügt sind die Abschnitte über die Rippenrohr-Ekonomiser der Firma Heinrich Föge, Hannover, die seit der Einführung von hohen Dampfdrücken viel Verbreitung gefunden und zum großen Teil die Glattrohr-Ekonomiser verdrängt haben.

Das Buch ist nicht nur für angehende Heizer und Maschinisten von großem Wert, sondern kann auch allen Dampfkesselbesitzern und Fabrikanten bestens empfohlen werden.

Illies.

Eingegangene Doktordissertationen.

Gustav Barth, Einfluß der Entgasung der Kathode auf den Kathodenfall. T. H. Dresden 1929. Sonderdr. aus Ann. Phys. Bd. 3, H. 2, 1929.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft[1]. — Nach dem Bericht des Vorstands war die elektrotechnische Industrie im Geschäftsjahr 1928/29 zufriedenstellend beschäftigt. Der Umsatz der AEG einschl. der Tochtergesellschaften, deren Kapital sie vollständig besitzt, d. h. die Summe der an die Kunden ausgestellten Rechnungen, ist gegenüber dem Vorjahr um mehr als 15% auf über 580 Mill RM gestiegen. Auch die Geschäftstätigkeit im laufenden Jahr befriedigt zur Zeit, doch ist der Auftragseingang im deutschen Inland in den Erzeugnissen rückläufig, deren Abnehmer besonders staatliche und kommunale Organisationen und Betriebe der Elektrizitätswirtschaft sind. Die weitere Entwicklung des Absatzes wird wesentlich von der Gestaltung der außenpolitischen und innerwirtschaftlichen Situation Deutschlands bestimmt werden. An diese Prognose knüpft der Vorstand folgende kritischen Bemerkungen: „Der Verlauf der im Frühjahr 1929 aufgenommenen Verhandlungen über eine Revision des Dawes-Planes hat einen tiefgreifenden wirtschaftlichen Pessimismus in weiten Kreisen des deutschen Volkes erzeugt. Es ringt sich in der Allgemeinheit immer mehr die Erkenntnis durch, daß wir einerseits den Forderungen unserer Gläubiger aus der Abwicklung des Krieges gegenüber machtlos sind und die deutsche Leistungsfähigkeit von diesen zu hoch eingeschätzt wird. Andererseits treten die Fehler der in den Jahren seit der Stabilisierung der Mark betriebenen Finanz- und Sozialpolitik immer deutlicher in die Erscheinung. Sie bilden eine große Gefahr für unser Volk. Wir anerkennen die Notwendigkeit und den Segen einer vernünftigen Sozialpolitik. Werden die sozialen Lasten aber übertrieben, so werden sie zum Verderb für alle Beteiligten, denn sie können dann nicht aus den Überschüssen der Volkswirtschaft bestritten, sondern müssen aus der Substanz gezahlt werden. Werden durch die Höhe des im Produkt enthaltenen Anteils für Löhne und soziale Abgaben unsere Erzeugnisse konkurrenzunfähig, so muß jeder volkswirtschaftlich zu viel an Arbeiter oder Angestellte gezahlte Lohn mit der Arbeitslosigkeit anderer Arbeiter oder Angestellten bezahlt werden. Jeder über das volkswirtschaftlich vertretbare Maß hinaus gezahlte Lohn zwingt die Unternehmungen zu einem höheren Maße der Rationalisierung, d. h. zum Ersatz der menschlichen Arbeitskraft durch Maschinen, d. h. durch Kapital, als es der Kapitalkraft Deutschlands entspricht. Gleichzeitig verringert jede zu viel gezahlte Steuer die Bildung von für Investitionen verfügbarem Eigenkapital. Die Masse des Volkes wird bei diesem System nicht kaufkräftiger, da zwar der Nominallohn der Beschäftigten steigt, infolge der großen Arbeitslosigkeit nicht aber der Reallohn des Durchschnitts der Bevölkerung. Deshalb steigt die Kaufkraft nicht; deshalb sinkt auch das Preisniveau nicht. Das Sinken des Preisniveaus wäre aber die Voraussetzung für eine allgemeine Steigerung des Reallohnes. Dies ist das große Dilemma der deutschen Wirtschaft: Einer infolge falscher Sozial- und Finanzwirtschaft fortschreitend verringerten Kapitalbildungsmöglichkeit steht ein wachsender Kapitalbedarf der Unternehmungen gegenüber, die ihrerseits sich bemühen müssen, trotz der Ungunst der Verhältnisse rentabel zu bleiben. Eine Änderung dieses Zustandes kann nur durch eine von Parteidoktrinen freie, verantwortliche politische Führung Deutschlands erfolgen. Die Zukunft der deutschen Wirtschaft hängt wesentlich von den Fortschritten ab, die in dieser Richtung gemacht werden. Das einzelne Unternehmen ist dem bestehenden Zustande gegenüber machtlos. Solange hier Fortschritte nicht erzielt werden, hat es seinen Lebensnotwendigkeiten nach den sich bietenden Möglichkeiten Rechnung zu tragen. Auch in der Frage der Kapitalbeschaffung. Die sachlich nicht bedingte, aber durch die Finanz- und Wirtschaftspolitik herbeigeführte mangelnde Möglichkeit, deutsches Kapital zu erlangen, macht die deutsche Wirtschaft blutleer und zwingt sie, sich ausländischen Kapitals zu bedienen." Über die Form seiner Inanspruchnahme könne, wie der Vorstand sagt, nur von Fall zu Fall auf Grund eingehender Prüfung der Unterlagen entschieden werden. Das mit der General Electric Co. getroffene Abkommen[2] halte er für volkswirtschaftlich richtig, und privatwirtschaftlich sei es von großem Nutzen für die Berichterstatterin. Es habe die Möglichkeiten kommerzieller Vorteile auf den internationalen Märkten und

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 255.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1220, 1355.

VDE-Vorschriftenbuch 17. Aufl. 1930
erschienen. Zu beziehen durch Verlag des VDE, Berlin W57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

damit der Ausfuhr verbessert, gestatte die Umwandlung der Vorzugsaktien in Stammaktien und habe der Gesellschaft die in der gegenwärtigen allgemeinen Geldknappheit notwendigen eigenen Mittel zugeführt. Die Lage der Schwachstromindustrie, an der die AEG nach dem Krieg durch Übernahme eines maßgeblichen Aktienpakets der Mix & Genest AG. Interesse genommen hat, ist, soweit mittlere und kleinere Unternehmungen in Frage kommen, in den letzten Jahren schlechter geworden. Die deshalb seit längerer Zeit von der Berichterstatterin eingeleiteten Bestrebungen zur Konsolidierung dieser Unternehmungen haben zu Verhandlungen mit der International Standard Electric Corp. und zur Gründung der Standard Elektrizitäts-Gesellschaft AG. geführt, einer Holdinggesellschaft mit 25 Mill RM Kapital, die die Aktienmajorität der Telephonfabriken Ferdinand Schuchhardt und Mix & Genest besitzt.

Im technischen Teil — auch diesmal ist ein Sonderbericht erschienen — werden als besondere Kennzeichen des augenblicklichen Ausbaus der Elektrowirtschaft einerseits der fortschreitende Zusammenschluß großer Netze mittels 110- und 220 kV-Leitungen, anderseits die Ausdehnung und Verstärkung der Niederspannungsnetze angeführt. Infolge dieser Entwicklung hat die AEG u. a. die Zentrale der Mitteldeutschen Kraftwerke Magdeburg AG. (120 000 kW im ersten Ausbau) und das in der Errichtung befindliche Dampfkraftwerk „Elsc" der Bayernwerk AG. bei Schwandorf (etwa 120 000 kW nach vollem Ausbau) bearbeitet. Erwähnt werden weiter die Schaltanlage für das Rheinkraftwerk Ryburg-Schwörstadt, Wasserkraftgeneratoren von 40 000 kVA bei 300 U/min für das Speicherkraftwerk Herdecke des RWE nebst Transformatoren und Schaltanlagen (220 kV), ein großer Teil der 220 kV-Leitungen des RWE und die Lieferung von mehr als der Hälfte der für die 220 kV-Leitung Lehrte-Borken benötigten Hohlseile. Die Gesellschaft hat auch das gesamte 220 kV-Netz und die 110 kV-Leitungen des RWE mit Petersenspulen ihres Systems ausgerüstet. Große Beachtung verdient die Entwicklung des Druckgasschalters. Als besondere technische Leistung nennt der Vorstand sodann zwei Turbosätze von je 12 000 kW für 100 at; außerdem kamen eine einwellige 85 000 kW-Turbine für 1500 U/min und zwei Turbosätze von je 50 000 kW (Goldenbergwerk des RWE) in Betrieb. Auf dem Gebiet der Vollbahnelektrisierung war die Gesellschaft mit der Fertigstellung schon früher von der Reichsbahn bestellter Lokomotiven und Triebwagen beschäftigt. Von Kleinbahnen sei hier auf die neu angelegte Thüringerwaldbahn und die vor ihrer Vollendung stehende bayerische Zugspitzbahn hingewiesen, bei welch letzterer erstmalig Hochspannungs-Glasgleichrichter für 1650 V Gleichstrom zur Anwendung kamen. Von der Reichsbahn sind Ausrüstungen für vier weitere Kohlenstaublokomotiven, von der rumänischen Staatsbahn 100 Dampflokomotiven der Reichsbahn-Bauart P 8 und G 10 bestellt worden. Auf Reparationskonto hat die AEG 145 km des Rhein-Rhone-Kanals für den Treidelbetrieb mit 50 elektrischen Lokomotiven versehen. Unter den belangreicheren Aufträgen der Industrie findet man Gebläse, Walzenstraßen, Schweißmaschinen großer Leistung, Hochfrequenzofenanlagen, Hauptschacht- und Nebenförderwerke, Spezialausrüstungen für Ketten- und Löffelbagger des Braunkohlenbergbaus, eine Abraumförderbrücke mit 3500 kW an Motoren verschiedenster Größe, Sonderausführungen für Elektromotoren und Apparate zur Anwendung in der chemischen Industrie, Mehrmotorenantriebe von Papiermaschinen usw. Die Abteilung Theater erhielt u. a. vom Ausland Bestellungen auf zwei der größten Bühneneinrichtungen. Die in Gemeinschaft mit S & H und unter Mitwirkung der Polyphonwerke AG. zur kommerziellen Bearbeitung des Tonfilms gegründete Klangfilm G. m. b. H. (3 Mill RM) hat im Berichtsjahr die Ausrüstung einiger hundert Kinotheater übernommen und sehr gute Aufnahme- und Wiedergabeapparaturen herausgebracht. Einen besonderen Erfolg im Schiffbau bedeuteten die außergewöhnlich günstigen Fahrtergebnisse des vierten Motorschiffs mit AEG-Hesselman-Ölmaschinen. Nach Übernahme der elektrotechnischen Fabrik Cannstatt der Maschinenfabrik Eßlingen ist das Fabrikationsprogramm der nunmehrigen AEG-Fabrik Stuttgart den besonderen Verhältnissen des Cannstatter Werks angepaßt worden. Infolge Fertigstellung der neuen Werkstätten des Transformatorenbaus konnte im laufenden Jahr eine Anzahl Transformatoren mit Einheiten von 60 000 kVA bei 220 kV und etwa 200 t Versandgewichten geliefert werden. Ihr Forschungsinstitut hat die Gesellschaft durch ein chemisches und ein metallurgisches Laboratorium erweitert. Seine Ergebnisse sollen in einem eigenen Jahrbuch veröffentlicht werden.

Im Berichtsjahr wurden an Steuern 12 113 744 RM (9 780 526 i. V.) und an sozialen Lasten 11 543 748 RM (10 107 844 i. V.) gezahlt. Der Geschäftsgewinn betrug 39 682 925 RM (34 934 667 i. V.), der Reingewinn 19 172 708 RM (16 502 976 i. V.). Hieraus hat die AEG bei nunmehr 178,750 Mill RM Stammaktienkapital 9 % Dividende zur Verteilung gebracht (8 % i. V.).

Die Kohlengewinnung Deutschlands im Jahr 1929[1]. — Nach den vorläufigen Angaben des Statistischen Reichsamts stellte sich die Kohlengewinnung des Deutschen Reichs ohne das Saargebiet 1929 wie folgt:

Jahr	Steinkohlen	Braunkohlen	Koks	Preßkohlen aus Steinkohlen	Preßkohlen aus Braunkohlen
	Mill t				
1913	140,753	87,228	31,668	6,490	21,977
1928	150,876	166,260	33,863	4,913	40,169
1929	163,437	175,178	38,552	5,554	42,269

Verglichen mit dem Vorjahr ist danach die Förderung von Steinkohlen um 12,561 Mill t oder 8 % und die von Braunkohlen um 8,918 Mill t bzw. 5 % gewachsen. Stellt man dieser Gewinnung die des Jahres 1913 (gegenwärtiges Reichsgebiet) gegenüber, so ergibt sich bei Steinkohlen eine Zunahme um 22,684 Mill t oder 16 % und für Braunkohlen eine solche um 87,950 oder 101 %. An der Gesamtförderung von Steinkohlen waren Preußen (ohne Saar) mit 159,128 Mill t (146,710 i. V.) und Sachsen mit 4,176 Mill t (4,043 i. V.) beteiligt. Von der Braunkohlengewinnung entfielen in Mill t 148,957 auf Preußen (140,450 i. V.), 12,969 auf Sachsen (11,936 i. V.), 5,456 auf Thüringen, 3,957 auf Braunschweig und 2,211 auf Bayern (ohne Saar). Die Verteilung der Steinkohlen- und Braunkohlenförderung auf die verschiedenen Gebiete zeigt Abb. 1[2]

Abb. 1.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 239.
[2] Aus Wirtsch. u. Stat. Bd. 10, 1930, S. 85.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Branchenregister.

Dem Messeheft der ETZ (Heft 9 vom 27. Februar) war ein aus seinen Anzeigen zusammengestelltes Branchenregister beigefügt, das eine Übersicht über das Fabrikationsprogramm der elektrotechnischen Industrie und ihrer Zulieferanten bietet; dieses kann von der Anzeigenabteilung der ETZ, Berlin W 9, bezogen werden.

Abschluß des Heftes: 1. März 1930

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

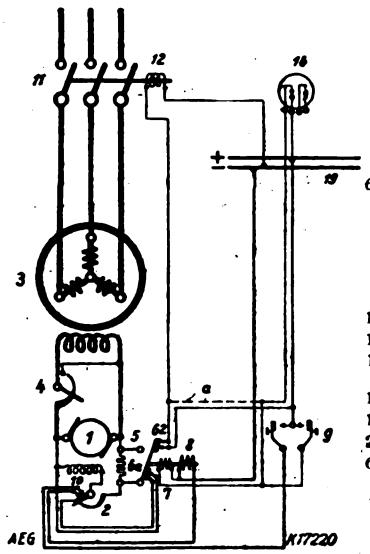
Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Feldschwächungs-Einrichtung für elektrische Maschinen.

Mitteilung der AEG.

Ein wichtiges Schutzmittel zur Verhinderung von größeren Schäden bei elektrischen Maschinen stellt die Verwendung von Feldschwächungs-Einrichtungen dar. Sie bilden in Verbindung mit anderen Schutzeinrichtungen, wie Generator-, Erdschluß-, Wicklungs-,

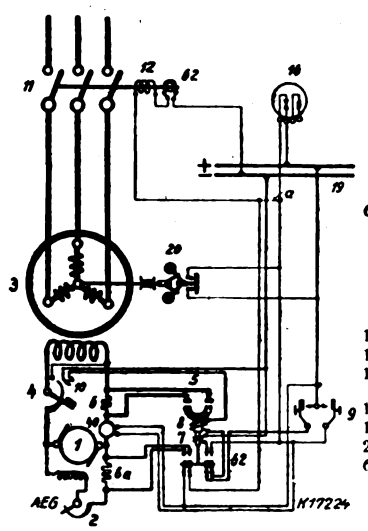


1 = Erreger,
2 = Nebenschlußregler,
3 = Generator,
4 = Magnetregler,
5 = Feldschwächungs-Automat,
6a = Feldschwächungs-Widerstand im Nebenschlußkreis,
7 = Ausschaltspule,
8 = Einschaltspule,
9 = Betätigungsdruckknöpfe,
10 = Sperrkontakt,
11 = Oelschalter,
12 = Ausschaltspule für den Oelschalter,
16 = Relais,
19 = Betätigungsstromquelle,
20 = Zentrifugalschalter,
62 = Hilfskontakte,
a = Parallel-Betätigungsleitung.

Abb. 1. Allgemeines (Prinzip-) Schaltbild für kleine Maschinen. Feldschwächung nur im Nebenschlußkreis.

Differentialschutz usw. einen besonders wichtigen Bestandteil der Anlage, dem deshalb bei der Projektierung einer Maschinen- bzw. Generatorschutzanlage von vornherein größte Aufmerksamkeit zuzuwenden ist.

Die örtliche Lage, die Anschaffungskosten, Größe der Maschinen und ihre Schaltart sind für die Gestaltung der Schutzeinrichtung ausschlaggebend (Abb. 1 und 2).



1 = Erreger,
2 = Nebenschlußregler,
3 = Generator,
4 = Magnetregler,
5 = Feldschwächungs-Automat,
6 = Feldschwächungs-Widerstand im Induktorkreis,
6a = Feldschwächungs-Widerstand im Nebenschlußkreis,
7 = Ausschaltspule,
8 = Einschaltspule,
9 = Betätigungsdruckknöpfe,
10 = Sperrkontakt,
11 = Oelschalter,
12 = Ausschaltspule für den Oelschalter,
16 = Relais,
19 = Betätigungsstromquelle,
20 = Zentrifugalschalter,
62 = Hilfskontakte,
a = Parallel-Betätigungsleitung.

Abb. 2. Schaltbild der erweiterten Feldschwächungs-Einrichtung für größere Maschinen. Feldschwächung im Nebenschluß- und Induktorkreis.

Bei einem Wicklungsschaden oder bei Erdschluß einer elektrischen Maschine besteht bekanntlich stets die Gefahr eines Eisenbrandes. Entstehende oder bestehende kleinere Fehler und Schäden können durch zweckentsprechende Relais erfaßt werden. Diesen fällt die Aufgabe zu, nicht nur ein Signal, sondern auch die Feldschwächungs-Einrichtung in Tätigkeit zu setzen. Die Feldschwächungs-Einrichtung bewirkt die schnellste Aberregung der elektrischen Maschinen und deren Abtrennung vom Netz bzw. Betrieb.

Gleichzeitig können auch Brandlösch-Einrichtungen z.B. vermittels CO_2 automatisch in Tätigkeit gesetzt werden.

Die Feldschwächungs-Automaten haben mehrere Hilfskontakte, die für die Tätigkeit weiterer Hilfskontakte elektrisch gesteuerter Ventile, Signale usw. benutzt werden können (Abb. 3 und 4).

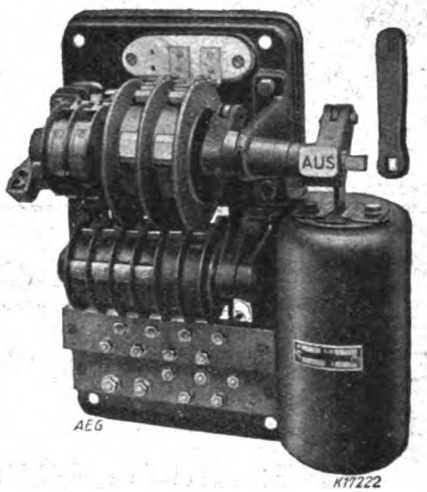


Abb. 3. Feldschwächungs-Automat zur Schaltart Abb. 1.

Durch diese Maßnahmen, die einzeln oder gemeinsam angewendet werden können, wird die Beschädigung der Maschine auf ein Mindestmaß beschränkt. Daraus ergibt sich eine Verringerung der Instandsetzungskosten und ganz wesentliche Einschränkung einer längeren Betriebs-Unterbrechung einer Maschinen-Einheit.

Der zeitgemäße Bau großer Generatoren forderte eine Entwicklung der Feldschwächungs-Einrichtungen auf breiter Basis. Die AEG liefert daher für Sonderfälle entsprechend neue durchgebildete Schnellentregungs-Einrichtungen*).

Die genannten Einrichtungen fordern für eine restlos umfassende Wirkungsweise eine besondere, unabhängige Gleichstrom-Betätigungsstromquelle. In Anlagen mit großen Maschinen-Einheiten ist eine solche meistens vorhanden. Für kleinste Anlagen kann durch Spezialschaltung und Apparatur diese Forderung eingeschränkt werden.

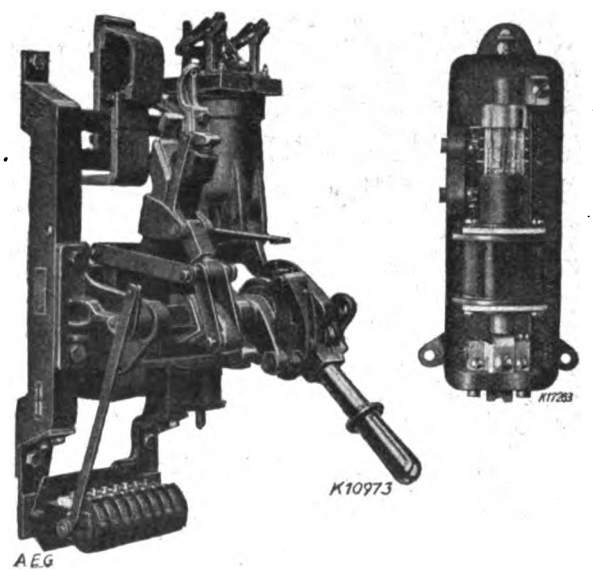
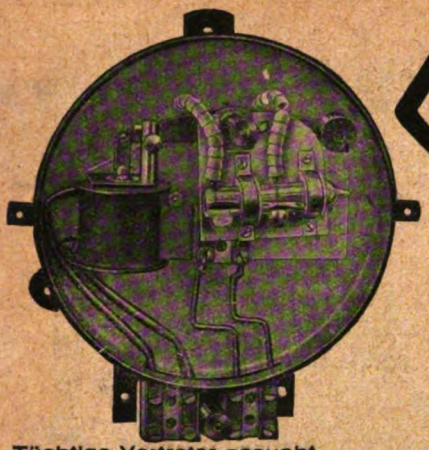


Abb. 4. Feldschwächungs-Automat bzw. Entregungsschalter, wahlweise in Verbindung mit Schaltschütz, für große Maschineneinheiten.

*) AEG-Mitteilungen 1929, Heft 11, S. 701.

Digitized by Google



Tüchtige Vertreter gesucht.

BERPA

Berliner Patent - Treppenautomaten- und Schaltuhrenfabrik

Buttermann & Schmidt

Berlin - Neukölln, Steinmetzstraße 45 a

Wir fabrizieren als Spezialität:

RELAIS

für alle technischen Zwecke

automatische Wasser- und Gasdruckschalter, Temperaturregler aller Art für direkte und indirekte Steuerungen, Zeitschalter, Fernschalter, Motorschalter, Schaltuhren für alle Schaltmöglichkeiten, wie Straßenbeleuchtung, Treppenbeleuchtung und Hausnummernbeleuchtung für Reklamezwecke

Spezialuhren für Geflügelfarmen

WESTER, EBBINGHAUS & CO.

ELECTROTECHNISCHE FABRIK HANAU/M.

ZEIGT ZUR FRÜHJAHRSMESSE

NEUHEITEN

IN SCHALTTAFELKLEMMEN

NEUHEITEN

IN ABZWEIGMATERIAL

IM HAUSE ELEKTROTECHNIK STAND 264A

LIEFERUNG MIT NEUEM VDE UND Ⓢ ZEICHEN

Registrier-Rollen

STREIFEN SCHEIBEN

FÜR ALLE MESS- INSTRUMENTE

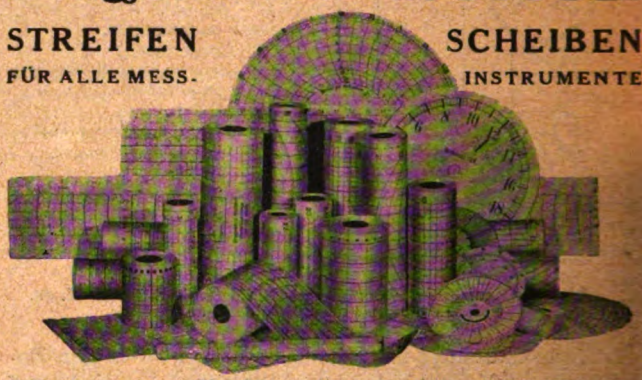


Diagramm-Halbach / Dortmund-Hörde

Bei der Schriftleitung der „ETZ" eingegangen:

Bücher.

Elfde Jaarverslag 1928. Herausg. v. Dienst voor Waterkracht en Electriciteit in Nederlandsch-Indië, Bandoeng. Mit 3 Abb., 2 Karten, 43 Beilagen, V u. 95 S. in 4°.

Le vingt-cinquième anniversaire de la fondation de la Société des Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi 1904 bis 1929. Herausg. v. A.C.E.C. (Nr. 123, Juli—September 1929.) Mit zahlr. Abb. u. 117 S. in 4°.

Estatística das instalações eléctricas em Portugal. Referida a 1 de Janeiro de 1929. Herausg. v. República portuguesa. Administração geral dos serviços hidráulicos. Repartição dos serviços eléctricos, Lissabon, 1929. Mit 139 S. in 4°.

Normblattverzeichnis. Stand der Normung Dezember 1929. Herausgegeben vom Deutschen Normenausschuß, Berlin. 264 S. in A 5. Beuth-Verlag, Berlin. Preis 3 RM.

[Für alle diejenigen, welche Normteile liefern oder verwenden, und welche sich einen Überblick über die deutschen Normungsarbeiten verschaffen wollen, ist die Beschaffung dieses neuesten Verzeichnisses, das über 2900 endgültige Normen für etwa 50 verschiedene Gebiete enthält, von großem Wert. Das Stichwortverzeichnis am Schluß erleichtert die Orientierung.]

Metallkeramik. Die Herstellung v. Metallkörpern aus Metallpulvern. Von Dr. F. Skaupy. Mit 18 Abb., X u. 60 S. in gr. 8°. Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin 1930. Preis kart. 6 RM.

Was ist Gewicht? Von Prof. Dr. M. Grübler. Mit 32 S. in 8°. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1930. Preis geh. 1,60 RM.

Dr. E. Bardeys arythmetische Aufgaben nebst Lehrbuch der Arithmetik für technische Lehranstalten. Bearb. v. Prof. Dr. Dipl.-Ing. S. Jakobi u. Oberl. A. Schlie. 10. neubearb. Aufl. Mit 86 Abb. i. Text, V u. 243 S. in 8°. Verlag B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1929. Preis geb. 4,40 RM.

Handbuch der Experimentalphysik. Unter Mitwirk. v. zahlr. Fachgen. herausg. v. W. Wien u. F. Harms unt. Mitarb. v. H. Lenz. Bd. 8, 1. Teil: Energie- und Wärmeinhalt. Von Prof. A. Eucken. Mit 235 Abb., XV u. 736 S. in gr. 8°. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1929 Preis geh. 63 RM, geb. 65 RM.

Normformate. Dinbuch 1. Im Auftrag des Dt. Normenausschusses herausg. von Dr. Porstmann. Mit zahlr. Abb. u. 168 S. in 8°. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis kart. 3,50 RM.

Materialien zur Finanzreform. Von E. Mosich. Mit 143 S. in gr. 8°. H. 2 d. neuen Folge d. Druckschriften d. Hansa-Bundes f. Gewerbe, Handel u. Industrie. Berlin 1929. Preis kart. 3 RM.

Unfallverhütungskalender 1930. Herausg. v. der Unfallverhütungsbild G. m. b. H. beim Verband der Dt. Berufsgenossenschaften, Berlin. Mit zahlr. Abb. u. 64 S. in kl. 8°. Verlag H. A. Braun & Co., Berlin-Tempelhof. Einzelpreis geh. 0,15 RM (bei 100 Stück je 0,12 RM; bei 500 Stück je 0,11 RM).

Die wirtschaftlichen Kräfte der Welt. Herausg. v. d. Dresdner Bank, Berlin. 3. erw. u. verb. Aufl. Mit 3 Tab. u. 176 S. in 2°. Preis kart. 4 RM.

Listen und Drucksachen.

Voigt & Haeffner AG., Frankfurt a. M. Sonderliste über Kleinölschalter VHT, Nov. 1929. Preisblatt: Versenkte Einheitschalter u. -steckdosen.

Zeiß Ikon AG., Goerz-Werk, Berlin-Zehlendorf. Spiegellichtblätter Nr. 3, Nov. 1929; Druckschr. Bel. 16: Kirchenbeleuchtung.

De Te We Deutsche Telephonwerke und Kabelindustrie AG., Berlin SO 36. Die Entwicklung u. d. heutige Stand d. Stadtrohrpost-Technik. 1929.

Dr. Paul Meyer AG., Berlin N 20. Fernsteuerung u. Fernüberwachung el. Beleuchtungsanlagen. Ausg. Okt. 1929.

Digitized by Google

MAR 29 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Über die Einzelverluste und den Wirkungsgrad elektr. Heißwasserspeicher. Von K. Backhaus. 377

Transformatorenberechnung mittels Nomogramms. Von E. Bihari und G. Stein. 382

Das Torfkraftwerk Schatura bei Moskau. Von K. P. Lowin. 386

Hochspannungs-Kabelprüfanlagen mit Induktionsregler. Von L. Tschiassny. 392

Über Steinkohlenschwelkraftwerke. Von C. Körfer. 397

Mitt. d. P. T. R. Nr. 277. 400

Rundschau:

Erweiter. d. Murg-Schwarzenbach-Werkes. 400
Beitrag z. Nutenstreuung in el. Maschinen. 401
Demag-Doppelwinde. 401
El. Ausrüst. des Drehstrom-Lichtbogenofens. 402
Zweibandfernsprechen im 3. deutsch-schwed. Fernsprech-Seekabel. 402
Vorgänge am System Halbleiter—Leiter. 403
Der chem. Vorgang im Bleiakkumulator. 403
6. Jahresbericht der Chemisch-Technischen Reichsanstalt. 403
Isolieröle f. Hochspannungskabel. 404
Jahresversamml., Kongresse, Ausstellungen. 405
Energiewirtschaft. 406
Rechtspflege. 407
Gewerblicher Rechtsschutz. 407
Vereinsnachrichten. 408
Sitzungskalender. 414
Persönliches. Hochschulnachrichten. 414
Literatur. R. Illersperger, H. W. Droste, E. Schulz, J. A. Pérez del Pulgar, Bergmann, W. Vollbrecht u. R. Sternberg-Raasch, Eingegang. Doktordissertationen. 414
Geschäftliche Mitteilungen. 415
Berichtigung. 416

11. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(377-416) 13. MÄRZ 1930

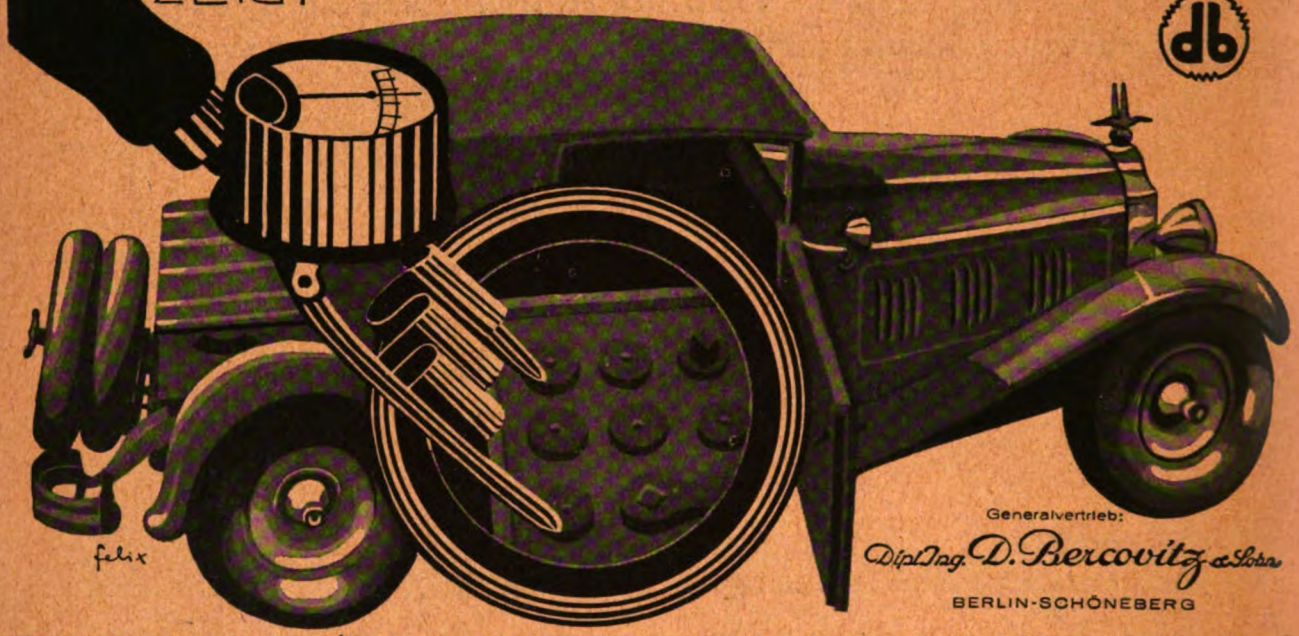
VDE-Vorschriftenbuch 17. Auflage (1930) ist erschienen
Zu beziehen durch Verlag des »VDE«, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

WESTON AKKU-PRÜFER

MIT EINGEBAUTEM BELASTUNGSWIDERSTAND

ZEIGT



Generalvertrieb:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

DEN WIRKLICHEN ZUSTAND

IHRER BATTERIE

Porzellanfabrik zu Kloster Veilsdorf

Veilsdorf (Werra)

Gegründet 1765, Aktiengesellschaft seit 1884

Werke in Kloster Veilsdorf, Eisfeld, Brattendorf, Meuselwitz u. Kronach i. Bay.

Freileitungsisolatoren, Montage- und Installations-Porzellan für Hoch- und Niederspannung, technische Porzellane aller Art

Prüfanlagen bis 500 000 Volt, eigene Versuchslaboratorien, neuzeitlich eingerichtete Matrizen-Werkstätten

Wir führen alle vom VDE genormten Porzellanteile

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 13. März 1930 | Heft 11

Über die Einzelverluste und den Wirkungsgrad elektrischer Heißwasserspeicher*.

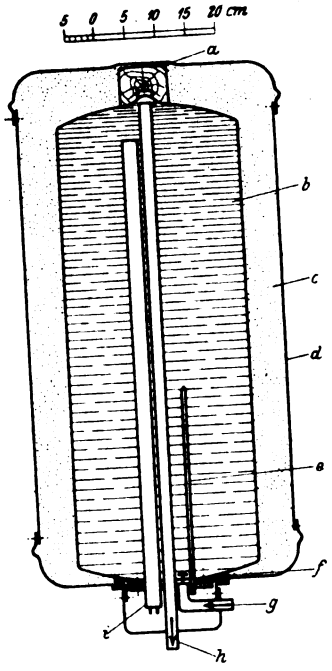
Von Dipl.-Ing. **Karl Backhaus**, Hannover.

Übersicht. Es wird bei zwei Speichern abweichender Konstruktion auf Grund von Versuchsresultaten die Temperaturverteilung im Wasser für die Anheiz-, Abkühl- und Überlaufperiode erörtert. Dadurch wird eine kritische Betrachtung über die Messung der mittleren Wassertemperatur ermöglicht, die bei der Bestimmung des Wirkungsgrades und der Verluste eine bedeutende Rolle spielt. Dann werden die verschiedenen Methoden zur Ermittlung des Wirkungsgrades und der Verluste auch hinsichtlich der anderen Fehlerquellen geprüft und die einzelnen Verluste und der Wirkungsgrad der beiden Versuchspeicher z. T. nach neuen, genaueren Verfahren untersucht.

Eine Nutzarbeit im physikalischen Sinne wird bei einem Heißwasserspeicher nur in der Anheizperiode geleistet, wenn das Speicherwasser erwärmt wird. Man kann daher von dem Wirkungsgrad eines Speichers in bezug auf diese Periode sprechen. Haben zu Beginn des Anheizens Speicherkörper und Speicherwasser etwa die gleiche Temperatur, so treten in der genannten Periode Verluste auf durch das Tropfwasser infolge der Wasserausdehnung, durch die Wärmeabgabe (Strahlung und Konvektion) des Speichers an den umgebenden Raum und durch Miterwärmung der Konstruktionsteile des Speichers. Für den praktischen Betrieb ist allerdings der letztgenannte Verlust nur in vollem Betrag als Verlust zu betrachten, wenn das erwärmte Wasser dem Speicher unmittelbar nach dem Anheizen entnommen wird und der Speicher dann längere Zeit unbenutzt stehen bleibt. In allen anderen Betriebsfällen wird die vom Speicherkörper aufgenommene Wärme mehr oder weniger wieder ausgenutzt. Wenn nach dem Anheizen der Speicher sich selbst überlassen bleibt, d. h. ohne daß ihm elektrische Energie zugeführt und Wasser entnommen wird, finden nur Abkühlungsverluste durch Strahlung und Konvektion statt. Die Verdampfungsverluste bei offenen Speichern fallen wie beim Anheizen nicht ins Gewicht.

Im praktischen Betrieb wird bekanntlich das angeheizte Speicherwasser auf zwei Arten dem Speicher entnommen. Entweder läßt man es beim Ablaufspeicher unten aus dem Speicher herausfließen, so daß sich der Wasserbehälter allmählich entleert, oder es wird beim Überlaufspeicher unten in den Speicher Wasser aus dem öffentlichen Wasserrohrnetz geleitet, damit das Speicherwasser durch das Überlaufrohr aus dem Wasserbehälter gedrängt wird. Beim Ablaufspeicher kann der Fall eintreten, daß infolge der Konstruktion eine gewisse Wassermenge (Restwasser) im Speicher zurückbleiben muß. Die im Restwasser aufgespeicherte Wärme ist aber nur dann in vollem Betrage als verloren anzusehen, wenn unmittelbar nach dem Anheizen das Wasser dem Speicher entnommen wird und der Speicher wieder vollständig abkühlt. Dagegen zeigt sich beim Überlaufspeicher eine Mischung des Speicher- und Leitungswassers infolge der sich im Wasserbehälter ausbildenden Wirbel. Dieses Verhalten des Überlaufspeichers ist natürlich nicht erwünscht, wenn Wasser von möglichst hoher Temperatur verlangt wird. Hinsichtlich des Verlustes durch die infolge der Mischung im Speicher zurückgebliebene Wärme gilt dasselbe wie für den bereits erwähnten Verlust durch die Miterwärmung der Konstruktionsteile des Speichers.

Die Wassertemperatur spielt bei der Ermittlung der Verluste und des Wirkungsgrades eine wesentliche Rolle. Um die bisher angewendeten Methoden zur Bestimmung der Wassertemperatur kritisch betrachten zu können, wurde daher die Temperaturverteilung in der Anheiz-, Abkühl- und Überlaufperiode mit Thermoelementen unter-



a Distanzstück
b Wasserbehälter
c Isolierschicht
d Außenmantel
e Temperaturregler
f Distanzring
g Zuflußrohr
h Überlaufrohr
i Heizelement

Abb. 1. 50 l-Speicher.

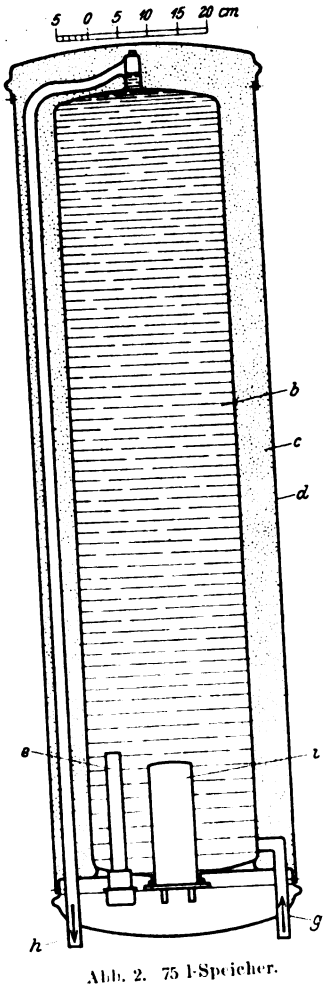


Abb. 2. 75 l-Speicher.

sucht. Für die Versuche wurden zwei Speicher (Abb. 1 und 2) gewählt, die infolge ihrer abweichenden Konstruktion unterschiedliche Verhältnisse zeigen mußten. Während beim Anheizen des 50 l-Speichers (Abb. 3) sich im Wasser beträchtliche Temperaturdifferenzen ausbildeten, die durch den langen Heizkörper bedingt wurden, bewirkte der kurze Heizkörper des 75 l-Speichers (Abb. 4) eine nahezu gleichmäßige Temperatur in der Anheizperiode. Dies erklärt sich durch die verschiedene Konvektionsströmung, da der kurze Heizkörper im Gegensatz zu dem langen eine turbulente Strömung hervorruft. In der Abkühlperiode bildete sich bei den Speichern auch

* Auszug aus Heft 2 der Mitt. d. Forschungsinst. f. Elektrowärmetechnik an der T. H. Hannover, Leiter Prof. Dr.-Ing. E. h. G. Dettmar.

Digitized by Google

eine verschiedene Temperaturverteilung aus, die aus den Abb. 5 und 6 zu ersehen ist und im wesentlichen durch die Temperaturverhältnisse zu Beginn des Abkühlens bzw. am Ende des Anheizens bedingt wurde.

Die Überlaufversuche wurden bei konstanter Ausflußmenge und konstanter Kaltwassertemperatur in Abhängigkeit von der Ausflußmenge durchgeführt. Diese Versuche fanden im unmittelbaren Anschluß an das Anheizen statt. Da zu Beginn der Überlaufversuche die mittlere Wasser-

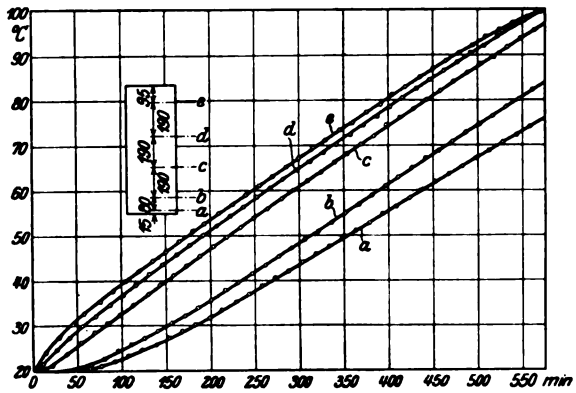


Abb. 3. Anheizversuch am 50 l-Speicher.

temperatur mit einem in jeden Speicher eingebauten Widerstandsthermometer gemessen wurde und während des Versuchs die Temperatur des ausfließenden Wassers mit einem Thermoelement in Abhängigkeit vom Gewicht der ausgeflossenen Wassermenge, konnte auf die Mischung im Speicher geschlossen werden. Würde keine Mischung im Speicher eintreten, so müßte die mittlere Temperatur der ausgeflossenen Wassermenge, deren Gewicht gleich dem der zu Beginn des Überlaufversuchs im Speicher vorhandenen Wassermenge ist, mit der durch das Widerstandsthermometer gemessenen übereinstimmen. Als ein Maß für die in Wirklichkeit stets auftretende Mischung kann daher das Verhältnis (Mischungsverhältnis) der Mitteltemperatur des ausgeflossenen Wassers zu der mittleren Temperatur des Speicherwassers am Anfang des Überlaufversuches dienen. Voraussetzung ist allerdings, daß nicht etwaige Abkühlungsverluste durch das nachströmende kältere Wasser ins Gewicht fallen. Beim 75 l-Speicher besteht keine Befürchtung, dagegen wird sich beim 50 l-Speicher eine geringe Beeinflussung des Mischungsverhältnisses ergeben, weil das Überlaufrohr dieses Speichers den Wasserbehälter durchzieht. In der Zahlentafel 1 ist dieser Quotient für beide Speicher bei verschiedenen Ausflußmengen angegeben. Er fällt also beim 50 l-Speicher von 0,947 auf 0,929, wenn die Ausflußmenge von 7 auf 10 kg/min steigt, und beim 75 l-Speicher von 0,988 auf 0,966 bei einem Wachsen der Ausflußmenge von 5 auf 11,5 kg/min. In den Abb. 7 und 8 ist für jeden Speicher eines der aufgenommenen Diagramme dargestellt.

Zahlentafel 1.

Speicher	mittlere Wassertemperatur bei Versuchsbeginn °C	Kaltwassertemperatur °C	Ausflußmenge kg/min	Mitteltemperatur des ausgeflossenen Wassers °C	Mischungsverhältnis
50 l	85,4	20,8	7,02	80,9	0,947
	85,4	20,8	10,1	79,3	0,929
75 l	85,0	20,5	5,15	84,0	0,988
	85,0	20,5	8,16	83,4	0,981
	85,0	20,5	11,5	82,1	0,966

Da beim Anheizen und Abkühlen beträchtliche Temperaturdifferenzen von oben nach unten im Speicherwasser auftreten können (die in den Horizontalebenen sind zu vernachlässigen), ist die Temperaturmessung an einer beliebigen Stelle im Wasser mit einem Quecksilberthermometer oder einem Thermoelement je nach der Wahl der Meßstelle mehr oder weniger falsch, wenn die mittlere Wassertemperatur gesucht wird. Ist der Wasserquerschnitt in den verschiedenen Höhen des Wasserbehälters gleich, so erfolgt bei ungleichmäßiger Temperaturverteilung die genaueste Bestimmung der Mitteltemperatur mit einem Widerstandsthermometer, das in einer Vertikalen des Wasserbehälters eingebaut ist. Im anderen Falle muß mit Hilfe mehrerer im Speicher eingebauter Thermoelemente die Temperaturverteilung festgestellt werden, um dann die Mitteltemperatur unter Berücksichtigung des verschiedenen Wasserquerschnitts zu finden.

Das Verfahren mit dem Widerstandsthermometer oder der größeren Anzahl Thermoelemente innerhalb des Speichers ist aber weniger für die Praxis geeignet, da in den meisten Fällen nicht ohne weiteres die Einführung der genannten Thermometer in den Wasserbehälter möglich sein wird. Daher wurde das in der Fachliteratur verschiedentlich erwähnte Auslaufverfahren näher untersucht. Bei

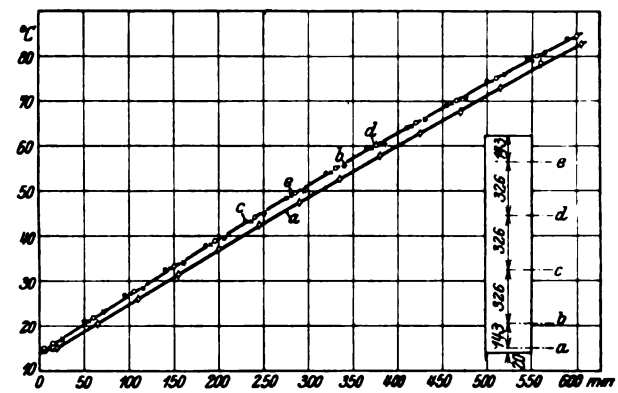


Abb. 4. Anheizversuch am 75 l-Speicher.

diesem ist die Wassertemperatur des durch den Zulaufstutzen sich entleerenden Speichers in Abhängigkeit vom Wassergewicht zu beobachten. Die mittlere Wassertemperatur läßt sich dann graphisch aus dem Diagramm ermitteln. Um ein Urteil über die Genauigkeit dieser Methode zu gewinnen, wurde bei etwa 85° mittlerer

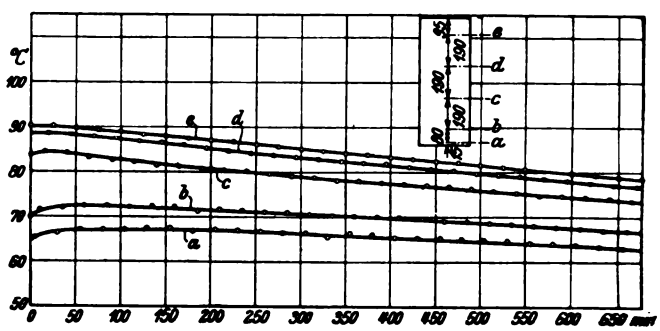


Abb. 5. Abkühlversuch am 50 l-Speicher.

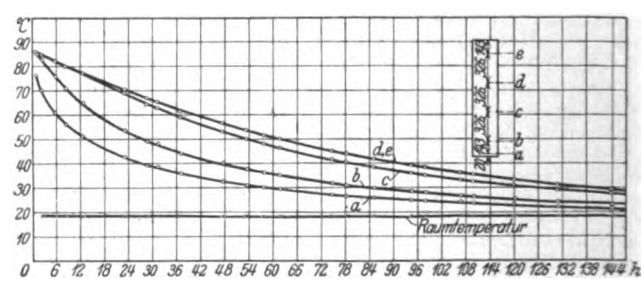


Abb. 6. Abkühlversuch am 75 l-Speicher.

Wassertemperatur mit dem 50- und 75 l-Speicher je ein Auslaufversuch durchgeführt, zu dessen Beginn die Mitteltemperatur des im Speicher befindlichen Wassers mit dem im Wasserbehälter eingebauten Widerstandsthermometer gemessen wurde. Die Temperatur des ausfließenden Wassers wurde mit einem Thermoelement an der Mündung des Zulaufrohres und das Gewicht mittels Waage bestimmt. Der Auslaufversuch beider Speicher ergab eine etwa 1° tiefere Temperatur als das Widerstandsthermometer. Dies erklärt sich durch die Abkühlungsverluste des Wassers während des Auslaufversuchs. Wenngleich das Auslaufverfahren den Vorteil hat, keine Veränderungen am Speicher zu erfordern, so hat es den Nachteil, daß die Genauigkeit geringer ist als beim Verfahren mit dem Widerstandsthermometer. Immerhin wird seine Genauigkeit in vielen Fällen der Praxis ausreichend sein.

Digitized by Google

Zur Ermittlung der mittleren Wassertemperatur am Ende der Anheizperiode schlägt Hommel[1] einen anderen Weg ein. Wenn beim Anheizen die Wassertemperatur den Wert erreicht hat, bei welchem der Temperaturregler die Heizung selbsttätig ausschaltet, wird ein Überlaufversuch ausgeführt, indem kaltes Wasser durch das Zuflußrohr in den Speicher geschickt wird. Die Temperatur des aus dem Speicher fließenden Wassers wird an der Mündung des Überlaufrohres mit einem Quecksilberthermometer und die Wassermenge mit einem Wassermesser ermittelt, um zunächst das Mischungsverhältnis festzustellen. Er berechnet es als das Verhältnis des Durchschnittswertes der Temperatur, mit welcher der gesamte Speicherinhalt ausgeflossen ist, zu der bei Beginn des Überlaufversuchs am Überlaufrohr gemessenen Temperatur. Ergibt sich das Verhältnis nicht kleiner als 0,90, so setzt er die am Überlaufrohr gemessene Temperatur gleich der Mitteltemperatur des Wassers im Speicher am Ende der Anheizperiode bzw. am Anfang des Überlaufversuches. Im anderen Falle verlangt Hommel eine Bestimmung der mittleren Wassertemperatur durch einen Auslaufversuch, bei welchem die Wassertemperatur des durch den Zulaufstutzen sich entleerenden Speichers als Funktion der ausgeflossenen Wassermenge beobachtet wird.

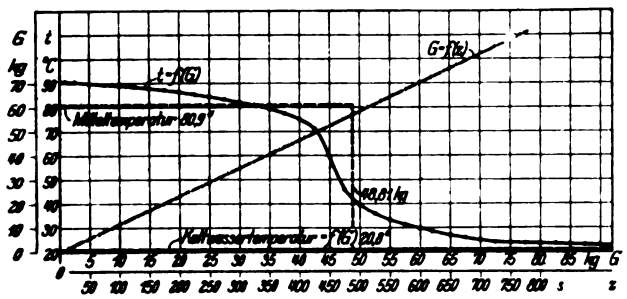


Abb. 7. Überlaufversuch am 50 l-Speicher (Ausflußmenge 7,02 kg/min).

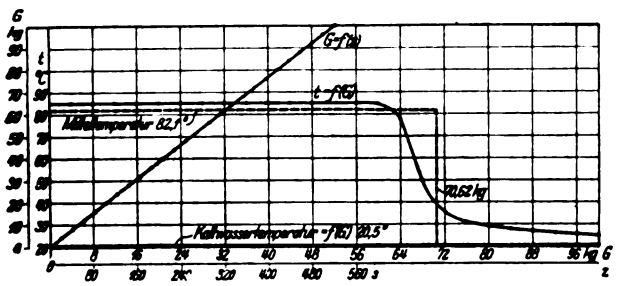


Abb. 8. Überlaufversuch am 75 l-Speicher (Ausflußmenge 11,5 kg/min).

Die von Hommel angegebene Methode liefert genaue Resultate, wenn eine Speicherkonstruktion wie die des 75 l-Speichers vorliegt. Dann ist die Wassertemperatur im Speicher am Ende des Anheizens nahezu gleichmäßig. Wenn nun das warme Wasser beim Überlaufversuch durch das Überlaufrohr gedrängt wird, findet allerdings im ersten Moment eine Abkühlung des Wassers statt, weil das kältere Rohr und ein Teil der das Rohr umgebenden Isolierung zunächst erwärmt werden müssen. Die Abkühlung ist aber bereits als beendet zu betrachten, wenn die erste Temperaturablesung am Quecksilberthermometer infolge der thermischen Trägheit des Thermometers etwa 20 s nach Versuchsbeginn vorgenommen werden kann. Dies bestätigten auch die mit dem 75 l-Speicher durchgeführten Überlaufversuche, bei denen die am Überlauf kurz nach Beginn der Versuche gemessene Temperatur gleich der mit dem Widerstandsthermometer bestimmten war.

Ein großer Fehler kann aber bei einer Konstruktion wie der des 50 l-Speichers auftreten. Infolge der verhältnismäßig großen Temperaturdifferenzen im Wasser bei der Stromabschaltung liegt die Temperatur oben im Speicher mehrere Grade höher als die Mitteltemperatur. Da das Überlaufrohr sich durch den Behälter erstreckt, ist es in direkter Berührung mit dem Speicherwasser verschiedener Temperatur. Infolgedessen wird allerdings das beim Überlaufversuch von oben abfließende Wasser beim Durchfließen des Überlaufrohres etwas Wärme abgeben, da die Temperatur unten im Wasserbehälter wesentlich tiefer als oben liegt (s. Abb. 3). Immerhin ist aber der Temperaturabfall des Wassers im Rohr nicht so groß wie der Unterschied zwischen der Temperatur oben im Speicher und der Mitteltemperatur des ganzen Speicherinhalts. Dies zeigte auch der mit dem 50 l-Speicher durchgeführte Überlaufversuch (s. Abb. 7). Die mittlere Wassertemperatur war zu Beginn des Versuchs mit dem Widerstandsthermometer zu 85,4 ° gemessen worden, während die Wassertemperatur 20 s nach Versuchsbeginn am Überlaufrohr 90,3 ° betrug. Nach Hommels Verfahren ergibt sich also bei diesem Speicher ein Fehler von rd. 5 ° in der Temperaturmessung. Die von Hommel gestellte Bedingung, daß das nach seiner Methode ermittelte Mischungsverhältnis nicht kleiner als 0,90 sein darf, war hier auch erfüllt, da die mittlere Temperatur des ausgeflossenen Wassers 80,9 ° und somit das Verhältnis $\frac{80,9}{90,3} = 0,90$ war.

Natürlich ist das so berechnete Mischungsverhältnis auch sehr ungenau, weil der mittleren Temperatur des Wassers im Speicher zu Beginn des Versuchs nicht der Wert 90,3 °, sondern 85,4 ° entspricht. Anderseits tritt bei der Bestimmung der mittleren Temperatur des ausgeflossenen Wassers mit Wassermesser und Quecksilberthermometer wie sie Hommel durchführt, eine wesentliche Fehlerquelle durch die geringe Genauigkeit des Wassermessers und durch die thermische Trägheit des Quecksilberthermometers auf, die sich am Ende des Überlaufversuches infolge der verhältnismäßig großen Geschwindigkeit der Temperaturänderung bemerkbar macht. Daher ist die Temperaturmessung bei den Überlaufversuchen unbedingt mit einem Thermoelement geringer Trägheit durchzuführen. Die Genauigkeit der Bestimmung der Wassermenge ist leicht dadurch zu vergrößern, daß man an Stelle des Wassermessers eine Waage benutzt. Bei den bereits erwähnten Überlaufversuchen ist daher auch die Bestimmung der Mitteltemperatur des ausgeflossenen Wassers mit Waage und Thermoelement durchgeführt worden.

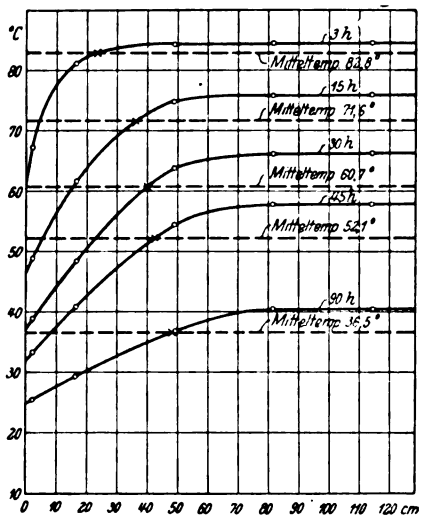


Abb. 9. Abkühlversuch am 75 l-Speicher.

Verschiedentlich ist bei der Aufnahme der Abkühlkurve des Speicherwassers die Wassertemperatur mit einem Quecksilberthermometer ganz oben im Wasserbehälter bestimmt worden, so z. B. von Herberg[2]. Da die Temperatur oben im Speicher beim Abkühlen einige Grad höher als die Mitteltemperatur ist, begeht Herberg einen wesentlichen Fehler, indem er sie für die Abkühlkurve des gesamten Speicherwassers zugrundelegt. Außerdem kommt noch in Betracht, daß der Abfall der mittleren Temperatur nicht genau so groß ist wie der Abfall der oben im Speicher gemessenen Temperatur. Welche Unterschiede beispielsweise auftreten können, wird durch die Abb. 9 gezeigt, die sich auf eine Abkühlperiode des 75 l-Speichers bezieht. Die fünf Kurven geben die Temperaturverteilung im Speicherwasser 3, 15, 30, 45 bzw. 90 h nach dem Ausschalten des Stromes wieder. Jede Kurve wurde mit Hilfe der fünf Temperaturwerte konstruiert, die an den verschiedenen Stellen im Wasserbehälter (s. Abb. 6) gemessen worden waren. Der Mittelwert der Wassertemperatur in den verschiedenen Zeitpunkten wurde durch Planimetrieren der entsprechenden Flächen gefunden. In die Zahlentafel 2 sind die oben im Wasserbehälter beobachteten Temperaturen, die Höchsttemperaturen sowie die graphisch bestimmten Mitteltemperaturen eingetragen.

[1] Hommel, Elektro-Journ. Bd. 6, S. 218.

[2] Herberg, Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ingw. H. 214, 1919.

Digitized by Google

Zahlentafel 2.

Zeit nach Stromabschaltung h	Mitteltemperatur °C	Differenz °C	Höchsttemperatur °C	Differenz °C
3	82,8	11,2	84,5	8,7
15	71,6	10,9	75,8	9,8
30	60,7	8,6	66,0	8,0
45	52,1	15,6	58,0	17,5
90	36,5		40,5	

Es ist z. B. 15 h nach der Ausschaltung der Heizung die Höchsttemperatur 75,8 °, während die Mitteltemperatur nur 71,6 ° beträgt. Anderseits ergibt sich z. B. für den Zeitabschnitt von 3 ... 15 h nach erfolgter Stromabschaltung für die Mitteltemperatur ein Abfall von 11,2 °, dagegen für die Temperatur oben im Speicher nur ein solcher von 8,7 °.

Zur Bestimmung der mittleren Wassertemperatur beim Abkühlen des Speichers benutzt Brey[3] ein Thermoelement, dessen Lötstelle er ungefähr dort im Speicher anordnen will, wo die Temperatur gerade dem Mittelwert entspricht. Da die Meßstelle für die Mitteltemperatur ständig ihre Lage ändert, hat er bei Speichern verschiedener Firmen mit Hilfe eines im Speicher verschiebbaren Thermoelements die Wanderung dieser Meßstelle beobachtet. Im Gegensatz zu Schmidt[4], der einen Fehler von 0,3 ° in der Temperaturmessung für möglich hält, wenn der Verschiebung der Meßstelle für die Mitteltemperatur innerhalb einer Stunde mit dem Thermoelement nicht gefolgt wird, hat Brey bei keinem der von ihm untersuchten Speicher einen so großen Fehler gefunden. Genauere Angaben macht Brey für eine bestimmte Konstruktion. Bei dieser stellte er fest, daß bei der Abkühlung von etwa 85 ° auf 35 ° der Fehler geringer als 0,8 ° war, wenn sich die Lötstelle des Elements bei der mittleren Temperatur von 85 ° gerade an der Stelle im Wasserbehälter befand, an der die Temperatur auch 85 ° war, und dann das Element nicht mehr verschoben wurde, obwohl nach Breys Angabe die Meßstelle für die Mitteltemperatur ihre Lage um 50 ... 80 mm änderte. So berechnet er den Fehler für 1 ° Temperaturabfall zu $\frac{0{,}8}{50} = 0{,}016$ °.

Daß u. U. bei der Temperaturmessung aber doch ein Fehler von etwa 0,3 ° auftreten kann, wenn der Verschiebung der Meßstelle innerhalb einer Stunde nicht gefolgt wird, soll an Hand des 75 l-Speichers gezeigt werden. Während Brey nur eine Wanderung der Meßstelle für die Mitteltemperatur von 50 ... 80 mm in dem Temperaturintervall von etwa 85 ... 35 ° gefunden hat, betrug sie beim 75 l-Speicher 230 mm in ungefähr demselben Temperaturintervall, wie aus Abb. 9 hervorgeht. Aus der Abbildung ist ferner zu ersehen, daß man an Stelle der mittleren Temperatur von 36,5 ° nur 31 ° 90 h nach dem Beginn der Abkühlung messen würde, wenn die Thermolötstelle zu dieser Zeit sich an derselben Stelle im Wasserbehälter befände, die bei einer mittleren Wassertemperatur von 82,8 ° auch eine Temperatur von 82,8 ° hätte. Der Fehler würde also 5,5 ° betragen gegenüber 0,8 °, den Brey etwa als Höchstwert bei seinen Speichern festgestellt hat. Berücksichtigt man auch die drei ersten Stunden der Abkühlperiode, so wird der Fehler beim 75 l-Speicher noch größer. Außerdem findet beim 75 l-Speicher in dem Zeitabschnitt 3 ... 15 h nach dem Beginn der Abkühlung schon eine Verschiebung der Meßstelle für die Mitteltemperatur von etwa 120 mm statt. Mißt man nun nach 15 h die Temperatur an der gleichen Stelle, an welcher nach 3 h gerade die Mitteltemperatur herrschte, so beträgt die Abweichung der gemessenen Temperatur bereits etwa 5 ° von der mittleren. Es ergibt sich somit für den betrachteten Zeitabschnitt ein Fehler von $\frac{5}{12} = 0{,}4$ °/h.

Bei der kritischen Betrachtung der Verfahren zur Ermittlung der Wassertemperatur zeigten also einige Verfahren erhebliche Fehlerquellen, welche bei der Bestimmung der Verluste sowie des Wirkungsgrades sehr ins Gewicht fallen. Ferner wurden die bisher angewendeten Methoden zur Bestimmung der Verluste durch Wasserausdehnung, Abkühlung und Erwärmung der Konstruktionsteile des Speichers auch einer Kritik hinsichtlich der anderen Fehler unterworfen, die nicht die Messung der Wassertemperatur betrafen. Es wurden für beide Speicher die Verluste und der Wirkungsgrad z. T. auf Grund neuer Verfahren untersucht. Die Messung der Wassertemperatur erfolgte hierbei stets mit dem Widerstandsthermometer, das in einer Vertikalen des Wasserbehälters eingebaut war.

[3] Brey, ETZ 1928, S. 1801; 1929, S. 253.
[4] Schmidt, ETZ 1929, S. 917.

Der Verlust durch die Wasserausdehnung wurde am genauesten experimentell gefunden, indem das Tropfwassergewicht als Funktion der Temperatursteigerung des Wassers beobachtet wurde. Fast ebenso genau läßt er sich rechnerisch bestimmen. Wenn das Gewicht des Speicherwassers bei irgendeiner Temperatur gegeben ist, kann man nämlich für jede andere Wassertemperatur das Gewicht mit Hilfe des Ausdehnungskoeffizienten des Behältermaterials und der Dichte des Wassers errechnen. Nach dem von Linka[5] vorgeschlagenen Verfahren ist der Verlust in Kilokalorien gleich dem Produkt aus der Volumenvergrößerung der Wassermenge in Litern und der halben maximalen Temperaturerhöhung des Wassers. Die Ausdehnung des Wasserbehälters soll dabei unberücksichtigt bleiben. Der Vergleich des nach der Methode Linka bestimmten Verlustes mit dem wahren Wert ergab im ungünstigsten Fall einen etwa 10 % zu tiefen Wert. Anderseits ist von Brey[6] eine Gleichung aufgestellt worden für den Fall, daß die Anfangstemperatur des Wassers 10 ° ist. Für einen kupfernen Wasserbehälter findet er den Wärmeverlust in Kilokalorien für 1 l Wasser von 10 ° bei Beginn des Anheizens zu $\frac{t_{\ddot{u}}^2}{20\,000} + \frac{t_{\ddot{u}}^3}{400\,000}$, wobei $t_{\ddot{u}}$ die maximale Temperaturerhöhung des Wassers bezeichnet. Die größte Abweichung des nach Brey bestimmten Verlustes gegenüber dem wahren Wert beträgt etwa 5 %. (Der in den Mitteilungen des Instituts genannte Fehler von etwa 10 % im ungünstigsten Falle ist zu groß angegeben, denn in der Zahlentafel 3 auf S. 56 entspricht dem nach Brey gefundenen Wert von 67,0 kcal anstatt 63,1 nämlich der wahre Wert 64,4 kcal und dem Wert 80,3 anstatt 73,8 nämlich 76,8 kcal.)

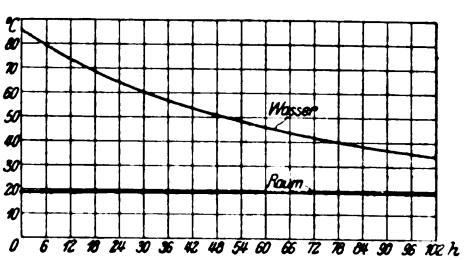


Abb. 10. Abkühlversuch am 75 l-Speicher.

Der Abkühlungsvorgang durch Strahlung und Konvektion des Speichers ist auf folgende Weise am genauesten zu finden. Ist die Abkühlungskurve des Wassers aufgenommen, so kann man für jede beliebige Wassertemperatur den Temperaturabfall in der Zeiteinheit durch Ziehen der betreffenden Tangente und durch Multiplikation mit dem Gewicht des im Speicher befindlichen Wassers und der spezifischen Wärme des Wassers den Abkühlungsverlust in Wärmeeinheiten finden. Zu diesem Verlust ist dann noch der des Speicherkörpers zu addieren, um den Abkühlungsverlust des ganzen Speichers zu erhalten.

Ein großer Fehler kann bei der Bestimmung des Abkühlungsverlustes auftreten, wenn man einfach mit einem konstanten Temperaturabfall des Wassers in der Zeiteinheit und für 1 ° Differenz zwischen Wasser- und Raumtemperatur, der sog. Abkühlungskonstante rechnet, indem man nach Schmidt[7] der Abkühlungskurve des Wassers das Newtonsche Abkühlungsgesetz zugrundelegt. Nach der Theorie kann sich aber für einen größeren Temperaturbereich keine Konstante ergeben, denn die Wärmedurchgangszahl fällt mit der Differenz zwischen Speicherwasser- und Raumtemperatur insbesondere, da die Wärmeleitzahl der Korkschrot-Isolierung mit der Temperatur abnimmt. Dies wurde z. B. durch einen Abkühlungsversuch mit dem 75 l-Speicher (Abb. 10) bestätigt. Trägt man den natürlichen Logarithmus der Differenz zwischen der Wassertemperatur T und der konstanten Raumtemperatur T_0 als Funktion der Abkühlzeit auf, so ist der negative Wert des Differentialquotienten dieser Kurve gleich dem Temperaturabfall in der Zeiteinheit und für 1 ° Temperaturdifferenz, der sich als Konstante ergeben muß, wenn die Abkühlung nach dem Newtonschen Abkühlungsgesetz erfolgt. Aus der Abb. 11 ist zu ersehen, daß für diesen Speicher der Temperaturverlust in der Zeiteinheit und für 1 ° Differenz um etwa 20 % in dem Temperaturbereich von 85 ... 35 ° fällt.

[5] Linka, Elektrizitätswirtsch. Bd. 28, S. 125.
[6] Brey, ETZ 1928, S. 1802.
[7] Schmidt, Elektrizitätswirtsch. Bd. 25, S. 488.

Digitized by Google

Angenähert konnte der Abkühlungsverlust mit Hilfe der Oberflächentemperatur des Speichers berechnet werden, die mit Thermoelementen gemessen wurde. Die durch Leitung und Konvektion vom Speicher mit der Oberfläche F_1 und der Temperatur t_1 an die umgebende Luft von der Temperatur T_0 abgegebene Wärmemenge ist in 1 h

$$Q' = a F_1 (t_1 - T_0),$$

wobei a die Wärmeübergangszahl bedeutet. Sie ist nach Nusselt[8] bei senkrechten Rohren für Temperaturdifferenzen kleiner als 10°,

$$a = 3{,}0 + 0{,}08 (t_1 - T_0).$$

Der Strahlungsaustausch in 1 h ist nach Nusselt[9], wenn ein Körper mit der Oberfläche F_1, der absoluten Temperatur T_1 und der Strahlungskonstanten C_1 (4,49 für weißen Emaillelack) von einem andern mit den entsprechenden Werten F_2, T_2 und C_2 vollkommen umgeben wird, wie es bei beiden Speichern der Fall war,

$$Q' = \frac{F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right]}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2}\left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{4{,}96}\right)}.$$

Da die Fläche F_2 des Versuchsraumes gegenüber der Speicheroberfläche F_1 sehr groß war und anderseits die Strahlungskonstante des Versuchsraumes ungefähr der des absolut schwarzen Körpers entsprach, konnte der Strahlungsaustausch zwischen Speicher und Raum einfach berechnet werden zu

$$Q' = C_1 F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right].$$

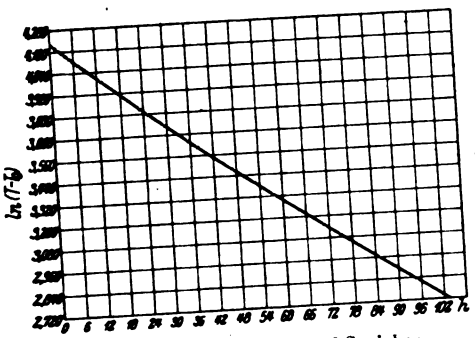


Abb. 11. Abkühlversuch am 75 l-Speicher.

Außerdem fand eine rechnerische Ermittlung des Verlustes unter Anwendung der Gleichung für den Wärmedurchgang durch ein wärmeisoliertes Rohr statt. In diesem Falle mußte natürlich noch der Wärmeverlust des Speicherkörpers hinzugefügt werden. Voraussetzung für diese Methode ist allerdings, daß die Wärmeleitzahl der Wärmeisolierung bekannt und der Wasserbehälter des Speichers an der Boden- und Deckfläche auch gut gegen Wärmeverluste isoliert ist. Es wurde für die Wärmeleitzahl des Korkschrots der aus der Literatur entnommene Wert von 0,040 für eine mittlere Temperatur von 50° in die Rechnung eingesetzt, wobei aber zu bedenken ist, daß die Wärmeleitzahl in der Praxis erheblich schwanken kann.

Die Genauigkeit der von Schmidt[10] und Linka[11] angewendeten (experimentellen) Methoden zur Bestimmung der im Gerät aufgespeicherten Wärme ist zu gering, wie eine nähere Untersuchung ergab. Daher wurde ein rechnerisches Verfahren gezeigt, das ein auf einige Prozent genaues Resultat liefert. Hierbei wird die aufgespeicherte Wärme aus dem Gewicht, der Temperatur und der spezifischen Wärme der einzelnen Konstruktionsteile gefunden. Die vom Wasserbehälter und dem Außenmantel des Speichers aufgenommene Wärmemenge ist leicht zu berechnen. Dagegen ist bei der Korkschrot-Isolierung erst die Mitteltemperatur auszurechnen. Wenn man von der Isolierung der Grund- und Deckfläche des Wasserbehälters absieht, stellt die Wärmeisolation einen Hohlzylinder dar. Da dieser Hohlzylinder den weitaus größten Teil der Isolation ausmacht, kann man dessen Mitteltemperatur ohne besonderen Fehler gleich derjenigen der ganzen Isolierung setzen. Die mittlere Temperatur des Hohlzylinders wurde gefunden zu

$$t_m = t_1 + \frac{\left(\frac{r_2^2 - r_1^2}{2 \ln \frac{r_2}{r_1}} - r_1^2 \right)(T - t_1)}{r_2^2 - r_1^2}.$$

Hierbei bezeichnet T die Temperatur an der Innenseite (gleich Wassertemperatur), t_1 diejenige an der Außenseite der Isolierung (gleich Manteltemperatur), r_1 den Radius des Innenkreises und r_2 den Radius des Außenkreises der Isolierung.

Dann wurde der Wirkungsgrad beider Speicher untersucht. Wie bereits erwähnt, wird im praktischen Betrieb der Speicher die im Gerät und eventuell im Restwasser gespeicherte Wärme selten vollständig, dagegen in den meisten Fällen nur teilweise als Verlust zu buchen sein. Es wurde daher für die beiden Grenzfälle der Anheizversuch durchgeführt und der Wirkungsgrad ermittelt. Vor dem ersten Anheizversuch mit dem 50 l-Speicher wurde der leere Speicher, welcher Raumtemperatur hatte, mit Wasser von 14,2° gefüllt. Dann wurde das Speicherwasser bei 14,2° Raumtemperatur auf 85,4° angeheizt, was bei einer konstanten Spannung von 219,8 V und einem mittleren Strom von 2,300 A in 538,4 min erfolgte. Da ferner das Wassergewicht bei 85,4° zu 48,81 kg durch Wägung gefunden wurde, ist der mittlere Wirkungsgrad dieser Anheizperiode, wenn die spezifische Wärme des Wassers zwischen 14,2° und 85,4° im Mittel gleich 1 gesetzt wird,

$$\eta_1 = \frac{48{,}81\,(85{,}4 - 14{,}2) \cdot 4184}{219{,}8 \cdot 2{,}300 \cdot 538{,}4 \cdot 60} = 0{,}890.$$

Als das Speicherwasser 85,4° erreicht hatte, wurde der Strom des Heizkörpers unterbrochen und der Speicher sogleich entleert. Anschließend fand wieder eine Füllung des Speichers mit Wasser von 14,2° statt. Jetzt begann der zweite Anheizversuch, bei dem das Wasser in 520,2 min wieder auf 85,4° erwärmt wurde bei derselben Raumtemperatur wie im ersten Versuch. Spannung und Strom hatten auch wieder die gleichen Werte wie im ersten Versuch. Mithin ist der mittlere Wirkungsgrad dieser zweiten Anheizperiode

$$\eta_2 = \frac{48{,}81\,(85{,}4 - 14{,}2) \cdot 4184}{219{,}8 \cdot 2{,}300 \cdot 520{,}2 \cdot 60} = 0{,}921.$$

In der gleichen Weise wie beim 50 l-Speicher wurden auch beim 75 l-Speicher die beiden Anheizversuche durchgeführt. Im Gegensatz zum 50 l-Speicher verblieb im 75 l-Speicher bei der Entleerung des Wasserbehälters durch den Zulaufstutzen eine Wassermenge von 1,82 kg. Der Speicher wurde vor jedem der beiden Versuche mit Wasser von 14,4° gefüllt und die Anheizung erfolgte in 600,8 bzw. 566,4 min jedesmal auf 85,2°. Das gesamte Wassergewicht des Speichers betrug 70,62 kg bei 85,2° und die mittlere Stromstärke ergab sich zu 6,126 A bei der konstanten Spannung von 109,9 V am Heizkörper. Die Raumtemperatur war während der Versuche 14,6°. Dann ist der Wirkungsgrad

$$\eta_1 = \frac{68{,}80\,(85{,}2 - 14{,}4) \cdot 4184}{109{,}9 \cdot 6{,}126 \cdot 600{,}8 \cdot 60} = 0{,}840,$$

$$\eta_2 = \frac{68{,}80\,(85{,}2 - 14{,}4) \cdot 4184}{109{,}9 \cdot 6{,}126 \cdot 566{,}4 \cdot 60} = 0{,}891.$$

Zum Schluß sind für den Überblick die direkt bestimmten Werte der Verluste und der Nutzarbeit für den ersten Anheizversuch des 50- und 75 l-Speichers nachfolgend zusammengestellt.

50 l-Speicher:

Verlust durch Wasserausdehnung	59 kcal
Verlust durch Konvektion und Strahlung	255 „
Verlust durch im Gerät aufgespeicherte Wärme	142 „
Nutzarbeit	3475 „
Summe	3931 kcal
Die zugeführte elektrische Energie wurde gemessen zu	3903 kcal

75 l-Speicher:

Verlust durch Wasserausdehnung	88 kcal
Verlust durch Konvektion und Strahlung	414 „
Verlust durch im Gerät aufgespeicherte Wärme	277 „
Verlust durch Restwasser	129 „
Nutzarbeit	4871 „
Summe	5779 kcal
Die zugeführte elektrische Energie wurde gemessen zu	5800 kcal.

[8] Nusselt, Hütte 1925, S. 458.
[9] Nusselt, Hütte 1925, S. 464.
[10] Schmidt, Elektrizitätswirtsch. Bd. 25, S. 487.
[11] Linka, Elektrizitätswirtsch. Bd. 28, S. 178.

Digitized by Google

Transformatorenberechnung mittels Nomogramms.

Von Dipl.-Ing. E. Bihari und Dr.-Ing. G. Stein, Berlin.

Übersicht. Es werden zur Ermittlung der Leerlaufübersetzung aus der Vollastübersetzung von Transformatoren, zur genauen Bestimmung ihres Wirkungsgrades bei verschiedenen Belastungen und schließlich zur Darstellung des Temperaturverlaufs bei natürlicher Kühlung einige Nomogramme entwickelt und es wird gezeigt, inwiefern sich mit ihrer Hilfe die numerische Rechnung vereinfachen läßt.

An Hand von einigen Beispielen, die in der AEG-Transformatorenfabrik entwickelt worden sind, soll gezeigt werden, welche Anwendungsmöglichkeiten gerade die nomographischen Methoden für die Berechnung von Transformatoren bieten.

Als erstes Beispiel diene eine Formel zur Ermittlung der Leerlaufübersetzung von Transformatoren bei gegebener Vollastübersetzung und Phasenverschiebung φ. Nach den R.E.T. ist die prozentuale Spannungsänderung e_φ nach der Formel

$$e_\varphi = e_\varphi' + 100 - \sqrt{10\,000 - e_\varphi''^2} = \frac{E_n - E}{E_n}\,100\,\% \quad . \quad (1)$$

zu ermitteln.

Zur weiteren Erläuterung diene die Abb. 1. In dieser bezeichnen:

E die Vollastspannung in Volt,
E_n die Nennspannung in Volt,
I den Vollaststrom in Amp.,
e_r die ohmsche Spannung in Prozent,
$e_s = \sqrt{e_k^2 - e_r^2}$ die Streuspannung in Prozent,
e_k die Kurzschlußspannung in Prozent.

Danach ist zu setzen:

$$e_\varphi' = e_r \cos\varphi + e_s \sin\varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

$$e_\varphi'' = e_r \sin\varphi - e_s \cos\varphi \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Man sieht, daß die Berechnung von e_φ nach Gl. (1), (2), (3) verhältnismäßig umständlich ist. Zelewski[1] hat nun eine wesentlich einfachere Gleichung entwickelt, nämlich:

$$e_\varphi = \cos(\varphi - \alpha)\, e_k + \frac{\sin^2(\varphi - \alpha)}{200}\, e_k^2 + \ldots . \quad . \quad . \quad (4)$$

$$e_\varphi = a\, e_k + b\, e_k^2 + \ldots , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4a)$$

worin $\cos\alpha = \frac{e_r}{e_k}$ ist und die er mittels Tabellen und Kennziffern auswertet.

Wir ersetzen diese Behandlung durch die nomographische Darstellung[2]:

$$(\varphi - \alpha) = \delta , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

d. h. es werden auf drei parallelen Trägern in einem geeigneten Maßstabe die Größen φ, α und δ dergestalt aufgetragen, daß drei zueinander gehörige Werte auf einer Geraden liegen (Abb. 2). Auf dem φ-Träger konstruiert man alsdann eine Skala des zu φ gehörenden $\cos\varphi$. Eine analoge Skala erscheint auf dem α-Träger für $\frac{e_r}{e_k} = \cos\alpha$, während auf den beiden Seiten des δ-Trägers die zu δ gehörenden Werte $a = \cos\delta$ und $b = \frac{\sin^2\delta}{200}$ skalenmäßig aufgetragen werden.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß auf dem φ-Träger φ selbst auch negative Werte annimmt. Diese entsprechen einem voreilenden Strom (kapazitive Belastung, siehe Abb. 3), womit auch dieser wichtige Fall durch unser Nomogramm erfaßt wird. Außerdem wechselt a auf dem δ-Träger sein Vorzeichen. Diese Größe wiederum bestimmt in Gl. (4) infolge der guten Konvergenz im wesentlichen das Resultat der Reihenentwicklung; deshalb läßt das Nomogramm erkennen, bei welchen Werten von $\cos\varphi$ und $\frac{e_r}{e_k}$ die Spannungsänderung e_φ selbst negativ wird und eine Verringerung der Leerlaufspannung gegenüber der bei Vollast eintritt.

An Hand einiger Zahlenwerte sei es im übrigen erläutert, in welcher Weise die Handhabung des Nomogrammes vor sich geht.

[1] A. Zelewski, AEG-Mitt. 1924, S. 361. ETZ 1925, S. 1309.
[2] Vgl. a. F. Wolf, ETZ 1926, S. 530.

Beispiel.

1. $E = 500$ V; $e_r = 2{,}3\,\%$; $e_k = 3{,}5\,\%$; $\cos\varphi = 0{,}8$ nacheilend;
$e_\varphi = 0{,}975 \cdot 3{,}5 = 3{,}42\,\%$; $E_n = 500\,\frac{100}{100 - 3{,}42} = 518$ V.

2. $E = 500$ V; $e_r = 1{,}8\,\%$; $e_k = 3{,}8\,\%$; $\cos\varphi = 0{,}7$ voreilend;
$e_\varphi = -0{,}30 \cdot 3{,}8 + 0{,}0045 \cdot 3{,}8^2 = -1{,}075\,\%$;
$E_n = 500\,\frac{100}{101{,}075} = 495$ V.

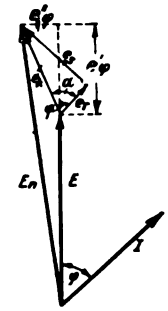


Abb. 1. Spannungsdiagramm bei nacheilendem Strom.

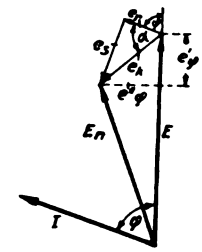


Abb. 3. Spannungsdiagramm bei voreilendem Strom.

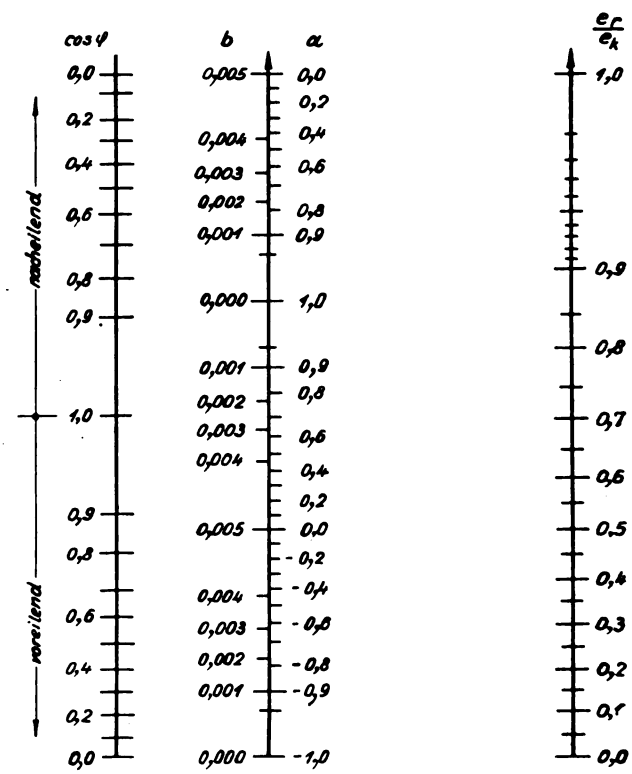


Abb. 2. Ermittlung der Leerlaufübersetzung aus der Vollastübersetzung bei Transformatoren.

Als zweites Beispiel diene die Errechnung des Wirkungsgrades η eines Transformators aus der Nennleistung N, dem Leistungsfaktor $\cos\varphi$ und den Verlusten W. Nach den R.E.T. ist der Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{zugeführte Leistung}} \cdot 100\,\%,$$

also

$$\eta = \frac{N \cdot \cos\varphi}{N \cdot \cos\varphi + \frac{W}{1000}} \cdot 100\,\%, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

worin W den Gesamtverlust des Transformators in Watt bezeichnet.

Digitized by Google

Man setzt dann $\frac{W}{10\,N} = w$ (w = prozentuale Verluste) und erhält so für η die Form:

$$\eta = \frac{100}{100 + \frac{w}{\cos\varphi}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Zur nomographischen Darstellung ist folgende Umformung zweckmäßig:

$$100 \cos\varphi \, \frac{100 - \eta}{\eta} = w.$$

Wir bilden dann durch Logarithmieren

$$\lg 100 \cos\varphi + \lg \frac{100 - \eta}{\eta} - \lg w = 0. \quad \ldots \quad (8)$$

Setzt man in üblicher Weise

$$\lg 100 \cos\varphi = 2 z_1$$
$$\lg \frac{100 - \eta}{\eta} = -z_2$$
$$\lg w = z_3,$$

so findet man

$$2 z_1 = z_2 + z_3. \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

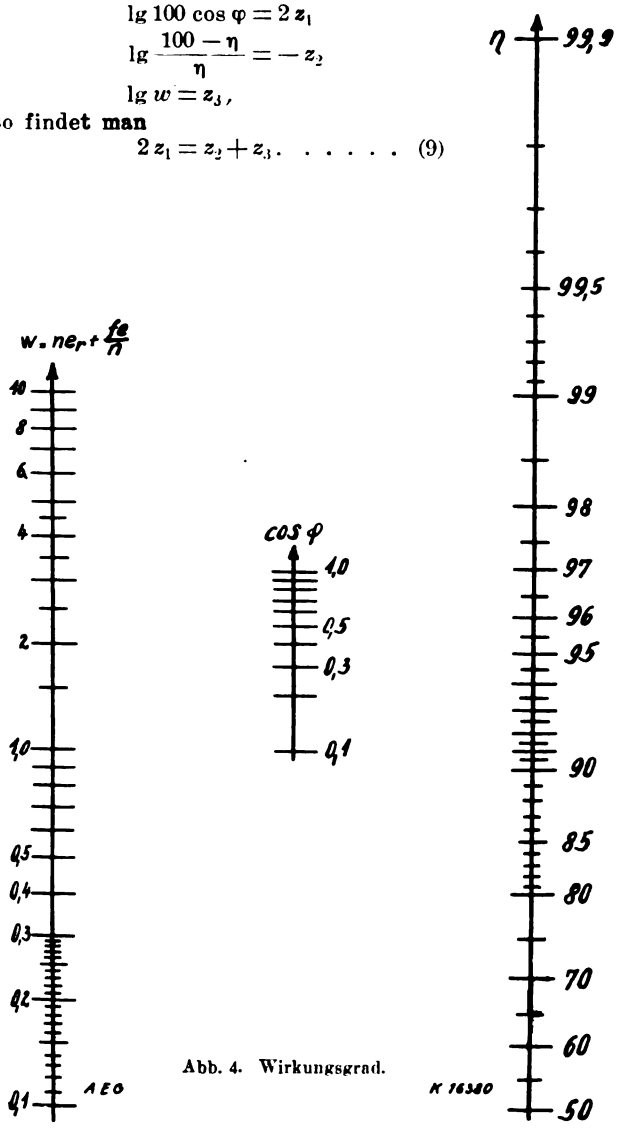


Abb. 4. Wirkungsgrad.

Diese Gleichung ist in derselben Weise nomographisch zu erfassen, wie die entsprechende Gl. (5) unseres ersten Beispiels.

Auf den beiden äußeren Trägern werden die Werte z_2 und z_3, auf dem mittleren die von z_1 maßstäblich aufgetragen und ihnen die Größen η, w und $\cos\varphi$ skalenmäßig zugeordnet. In Abb. 4 ist diese Darstellung unter Zugrundelegung eines schiefwinkligen Koordinatensystems durchgeführt. Die Verbindungsgerade zweier den gegebenen Werten von w und $\cos\varphi$ entsprechenden Punkte auf den z_1- und z_2-Trägern schneidet auf dem z_3-Träger den gesuchten Wert von η ab.

w gibt ganz allgemein den prozentualen Gesamtverlust an, der sich bekanntermaßen formal aus der prozentualen ohmschen Spannung e_r (gemessen bei Kurzschluß) und den prozentualen Eisenverlusten f_e (gemessen bei Leerlauf) zusammensetzt. Bezeichnet man mit n das Verhältnis der jeweiligen Belastung des Transformators zu seiner Nennleistung, so wächst in erster Näherung die prozentuale ohmsche Spannung proportional der Belastung, während die prozentualen Eisenverluste in gleicher Weise fallen. Man findet so für den allgemeinen Fall die Gleichung

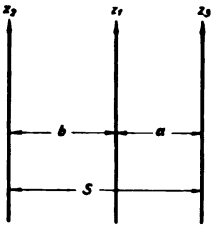


Abb. 5. Schema eines Nomogramms mit 3 parallelen Skalen.

$$w = n\, e_r + \frac{f_e}{n} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

welche bei Nennleistung (d. h. $n = 1$) in die spezielle Form

$$w = e_r + f_e \quad \ldots \quad (11)$$

übergeht.

Zwecks nomographischer Darstellung der Gl. (10) wählen wir wieder drei parallele Träger mit dem gegenseitigen Abstand a, b und S (Abb. 5). Wir formen die Gleichung folgendermaßen um:

$$n\, w = n^2 e_r + f_e$$
$$= n^2 \alpha \left(\frac{e_r}{\alpha}\right) + \beta \left(\frac{f_e}{\beta}\right),$$

so daß sie schließlich in

$$S \frac{n\, w}{\beta + n^2 \alpha} = S \frac{n^2 \alpha}{\beta + n^2 \alpha} \frac{e_r}{\alpha} + S \frac{\beta}{\beta + n^2 \alpha} \frac{f_e}{\beta} \quad \ldots \quad (12)$$

übergeht, worin α und β frei gewählte Maßstäbe sind.

Hierin seien

$$S \frac{n^2 \alpha}{\beta + n^2 \alpha} = a, \; S \frac{\beta}{\beta + n^2 \alpha} = b, \quad \ldots \quad (13)$$

also gleich den Abständen a und b unserer Skalen (siehe Abb. 5) und erfüllen so die Bedingung

$$a + b = S. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

Ferner sei

$$z_1 = \frac{n\, w}{\beta + n^2 \alpha}, \; z_2 = \frac{e_r}{\alpha} \text{ und } z_3 = \frac{f_e}{\beta}. \quad \ldots \quad (15)$$

Mit Hilfe dieser Faktoren erhält Gl. (12) nunmehr die einfache Form

$$(a + b)\, z_1 = a\, z_2 + b\, z_3. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

Demgemäß werden auf den beiden äußeren Trägern die Werte von z_2 und z_3, auf dem mittleren die von z_1 maßstäblich aufgetragen. Neben diesen Werten zeichnet man wieder die Werte von e_r, f_e und w skalenmäßig ein.

Die Träger z_2 und z_3 stehen fest. Der Träger z_1 aber wandert bei Veränderung des Belastungswertes n, d. h. sein Abstand a von dem z_3-Träger ändert sich nach Gl. (13). Man erhält so eine Schar paralleler z_1-Träger (Abb. 6), die bestimmten Werten von n entsprechen. Der Maßstab auf diesen Skalen ist ebenfalls von n auf Grund von Gl. (15) abhängig.

Betrachtet man nunmehr auf den z_1-Trägern die Punkte gleicher Werte von w, so erhält man durch Elimination von n aus Gl. (13 und (15)

$$n = \frac{a}{z_1} \frac{w}{S\alpha}.$$

Wenn man diesen Wert in Gl. (15) einsetzt, ergibt sich

$$z_1 = \frac{a\, w^2 \quad 1}{z_1 \quad S\, \alpha\, \beta}, \qquad 1 + \frac{a^2 w^2}{z_1^2} \frac{1}{S^2 \alpha\, \beta}$$

so daß nach einigen Umformungen

$$\left(\frac{z_1}{\frac{w}{2\sqrt{\alpha\,\beta}}}\right)^2 + \left(\frac{a - \frac{S}{2}}{\frac{S}{2}}\right)^2 = 1 \quad \ldots \quad (17)$$

entsteht.

Für die Variabeln z_1 und a stellt diese Gleichung eine Ellipsenschar mit dem Parameter w dar. Ihr gemeinsamer Mittelpunkt liegt bei $a = \frac{S}{2}$, die horizontale Halbachse besitzt den konstanten Wert $\frac{S}{2}$, die vertikale den von w abhängigen Wert $\frac{w}{2\sqrt{\alpha\,\beta}}$.

Durch diese Ellipsenschar sind in Abb. 6 die Werte von w festgelegt. Sind nun f_e und e_r vorgegeben, so wird durch die entsprechenden Punkte auf den z_2- und z_3-Trägern wieder eine gerade Linie gelegt, deren Schnitt mit dem zur gegebenen Last n gehörigen z_1-Träger auf der Ellipse des gesuchten Wertes w liegt. Deshalb sind auf

Digitized by Google

der Abszisse der Abb. 6 auch die Werte von n skalenmäßig aufgetragen.

Die durch f_e und e_r bestimmte Gerade wird eine Ellipse aus der Kurvenschar tangieren. Die Abszisse des entsprechenden Berührungspunktes gibt alsdann jene Belastung n an, für welche der prozentuale Gesamtverlust am kleinsten, also der Wirkungsgrad am größten wird.

Will man übrigens die mühsame Aufzeichnungsarbeit der Ellipsen vermeiden, so kann man diese durch eine Anzahl w-Skalen auf den z_1-Trägern für die häufigsten Belastungsfälle n, z. B. $n = 0{,}25$, 0,50, 0,75, 1,0, 1,5, 2,0, unter Zugrundelegung von Gl. (13) und (15) ersetzen.

Die nomographische Ermittlung des prozentualen Gesamtverlustes w auf Grund der Gl. (10) gilt im allgemeinen nur in erster Annäherung. Der ohmsche Widerstand der Wicklung und mit ihm die jeweilige ohmsche

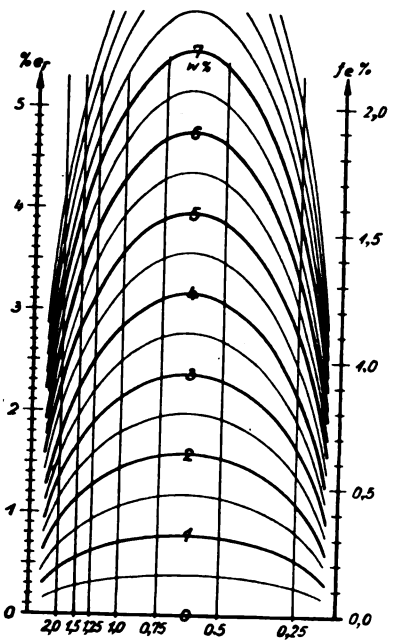


Abb. 6. Bestimmung des prozentualen Gesamtverlustes aus den Eisen- und Kupferverlusten für verschiedene Belastungsverhältnisse.

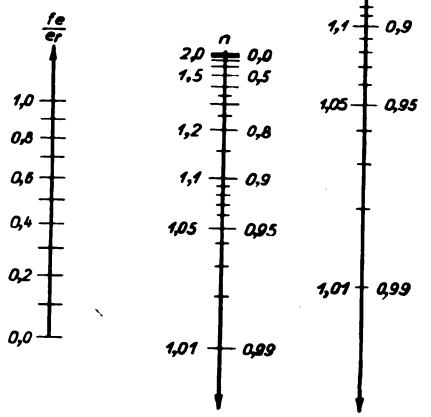


Abb. 7. Bestimmung der Änderung der ohmschen Spannung aus Last- und Verlustverhältnis eines Transformators.

welche wir ja bereits nomographisch dargestellt haben. Es kommt also jetzt darauf an, auch für die Gl. (20) eine nomographische Lösung zu finden. Zu diesem Zwecke schreiben wir sie in der Form

$$1 - \frac{e_r'}{e_r} = \alpha\,\tau_n \frac{1-n^2}{1+\frac{f_e}{e_r}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

Wir logarithmieren und setzen

$$\lg(1-n^2) = 2\,z_1$$

$$\lg\left(\frac{1+\frac{f_e}{e_r}}{\alpha\,\tau_n}\right) = \lg\frac{1+\frac{f_e}{e_r}}{0{,}178} = z_2$$

$$\lg\left(1-\frac{e_r'}{e_r}\right) = z_3,$$

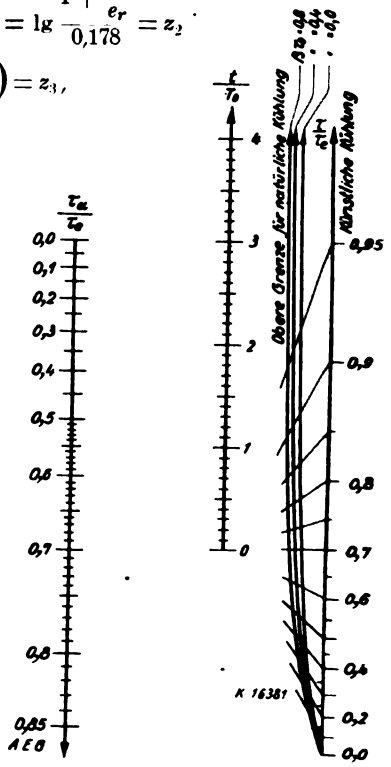


Abb. 8. Temperaturverlauf bei künstlicher und natürlicher Kühlung.

Spannung e_r' ändern sich nämlich mit der Temperatur, u. zw. wird bekanntermaßen

$$e_r' = e_r\,[1 - \alpha\,(\tau_n - \tau)] \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

worin

e_r ohmsche Spannung bei Nennlast (lt. R.E.T./30 für 75 ° anzugeben),

$\alpha = 0{,}003\,24$ Temperaturkoeffizient des Kupfers, bezogen auf die Ausgangstemperatur 75 °,

τ_n Kupferübertemperatur bei Nennlast und 20 ° Raumtemperatur (im allgemeinen etwa 55 °),

τ jeweilige Kupferübertemperatur,

C Abkühlungskonstante

bedeuten. Außerdem ist, wenn wieder N die Nennspannung (in kVA) bedeutet,

$$\tau_n = C\,N\,(f_e + e_r)$$

$$\tau = C\,n\,N\left(\frac{f_e}{n} + n\,e_r\right) = C\,N\,(f_e + n^2\,e_r)$$

und

$$\tau_n - \tau = C\,N\,e_r\,(1-n^2) = \frac{\tau_n}{f_e + e_r}\,e_r\,(1-n^2).$$

Man führe die mit diesen Werten erweiterte Gl. (18) in Gl. (10) ein und gebe ihr die folgende Gestalt:

$$w = n\,e_r\left[1 - \alpha\,\tau_n\,\frac{e_r\,(1-n^2)}{f_e + e_r}\right] + \frac{f_e}{n} \quad \ldots \quad (19)$$

Faßt man in dieser Formel

$$e_r\left[1 - \alpha\,\tau_n\,\frac{e_r\,(1-n^2)}{f_e + e_r}\right] = e_r' \quad \ldots\ldots \quad (20)$$

zusammen, so nimmt sie wieder die vereinfachte Form der Gl. (10) an, also

$$w = n\,e_r' + \frac{f_e}{n}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

so daß sich die bekannte Normalform [vgl. Gl. (9)]

$$2\,z_1 = z_2 + z_3 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

ergibt. Diese Beziehung wird in der üblichen Weise durch Abb. 7 mit drei parallelen Trägern abgebildet, auf denen man in einem geeigneten Maßstabe die Werte von z_1, z_2, z_3 und daneben skalenmäßig jene von den entsprechenden n, $\frac{f_e}{e_r}$ und $\frac{e_r'}{e_r}$ einträgt. Hierbei ergibt sich übrigens, daß am n-Träger auf der rechten Seite die Werte $n < 1$, auf der linken die von $n > 1$ erscheinen müssen, während der Punkt $n = 1$ ins Unendliche fällt.

Das gleiche gilt auch für die Skala von $\frac{e_r'}{e_r}$. Da bei Trockentransformatoren die Erwärmung des Eisenkernes auf die Temperatur der Wicklung keinen nennenswerten Einfluß hat, so ist in diesem Falle auf dem z_2-Träger $\frac{f_e}{e_r} = 0$ zu setzen.

Zusammenfassend wäre nunmehr die Handhabung der drei Nomogramme (Abb. 4, 6 u. 7) folgende: Man sucht zunächst für ein gegebenes n, f_e und e_r in Abb. 7 den zugehörigen Wert $\frac{e_r'}{e_r}$, multipliziert ihn mit e_r, findet sodann in Abb. 6 das entsprechende w und schließlich mit Hilfe dieser Größe für einen bestimmten Leistungsfaktor $\cos\varphi$ in Abb. 4 den gesuchten Wirkungsgrad η.

Zahlenbeispiel: Einheitstransformator 100 kVA, 10 000/231 V, A_2; laut Verbandsnormen ist $e_r = 2{,}1$ %, $f_e = 0{,}63$ %.

1. Wie groß ist der Wirkungsgrad bei $\cos\varphi = 1{,}0$ und 0,8 für $n = 0.25$, 0,5, 0,75 und 1,0?
2. Bei welcher Belastung erreicht der Wirkungsgrad sein Maximum?

Digitized by Google

Zu 1.

n	e_r'/e_r	e_r' %	w %	$\cos\varphi = 1{,}0$ η %	$\cos\varphi = 0{,}8$ η %
0,25	0,870	1,83	2,95	97,15	96,5
0,5	0,895	1,88	2,2	97,85	97,35
0,75	0,933	1,96	2,31	97,75	97,2
1,0	1,0	2,1	2,73	97,35	96,7

Zu 2. Der Wirkungsgrad erreicht sein Maximum bei $n \approx 0{,}57$facher Last, wobei der Gesamtverlust $w = 2{,}18\,\%$ und der Wirkungsgrad selbst 97,87% bei $\cos\varphi = 1$ beträgt.

Als letztes Beispiel geben wir den von R. Küchler[3] in dem Aufsatze „Zur Theorie der Erwärmungs- und Abkühlungskurven elektrischer Maschinen und Apparate" veröffentlichten Formeln eine nomographische Darstellung.

Wie bekannt, besteht zwischen der Zeit t und der zugehörigen Übertemperatur τ die Beziehung

$$t = T \ln \frac{\tau_e - \tau_a}{\tau_e - \tau}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

in welcher τ_a mittlere Anfangsübertemperatur in ° C,
τ_e mittlere Endübertemperatur in ° C und
T die Zeitkonstante in Stunden
bezeichnen.

Bei künstlicher Kühlung ist für einen bestimmten Belastungsfall $T = T_0$ eine Konstante. T_0 ist die Zeitkonstante in kaltem Zustande und berechnet sich zu

$$T_0 = \tau_e \frac{C}{\sum W_{\text{kalt}}} = \tau_e \frac{1{,}165 \sum G_n c_n}{\sum W_{\text{kalt}}},$$

worin
C die Wärmekapazität in Wh/° C,
G_1, G_2 Gewicht des Eisens, Kupfers, Isoliermaterials in kg,
c_1, c_2 die entsprechende spez. Wärme in kcal/kg/° C,
$\sum W_{\text{kalt}}$ die Gesamtverluste in kaltem Zustande in Watt
bedeuten.

Bei natürlicher Kühlung dagegen ändert sich die Zeitkonstante mit der Temperatur. Hierfür finden wir in dem oben genannten Aufsatz die Darstellung:

$$T = T_0 f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right), \quad \ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

worin

$$f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right) = \frac{1 - \frac{\tau}{\tau_e}}{1 + \beta\tau_e\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right) - \left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)^{1{,}33}(1 + \beta\tau_e)} \quad \ldots \quad (26)$$

zu setzen ist.

Wie man sieht, ist die Funktion $f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)$ auch von dem Produkt $\beta\tau_e$ abhängig. β stellt den resultierenden Temperaturkoeffizienten dar und setzt sich aus dem Temperaturkoeffizienten α des Kupfers, den Kupferverlusten W_{Cu} und den Eisenverlusten W_{Fe} nach der Formel

$$\beta = \frac{\alpha}{1 + \frac{W_{\text{Fe}}}{W_{\text{Cu}}}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

zusammen, in welcher α und W_{Cu} auf die Raumtemperatur 20 ° bezogen sind.

Für unsere Entwicklung fassen wir die Gl. (24) und Gl. (25) zusammen und bilden

$$\frac{t}{T_0} = f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right) \ln \frac{1 - \frac{\tau_a}{\tau_e}}{1 - \frac{\tau}{\tau_e}}$$

$$= f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right) \ln\left(1 - \frac{\tau_a}{\tau_e}\right) - f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right) \ln\left(1 - \frac{\tau}{\tau_e}\right). \quad \ldots \quad (28)$$

Hier führen wir die Maßstabgrößen γ, δ und S ein, erweitern sie mit $\frac{\delta S}{\gamma - \delta f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)}$ und erhalten so

$$\frac{1}{\gamma}\frac{t}{T_0} \frac{\gamma S}{\gamma - \delta f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)} + \frac{1}{\delta} \ln\left(1 - \frac{\tau_a}{\tau_e}\right) \frac{-f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)\delta S}{\gamma - \delta f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)}$$

$$= \frac{-f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right) \ln\left(1 - \frac{\tau}{\tau_e}\right)}{\gamma - \delta f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)} S. \quad (29)$$

In dieser Formel fassen wir

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{\gamma}\frac{t}{T_0} = z_2; \quad \frac{1}{\delta}\ln\left(1 - \frac{\tau_a}{\tau_e}\right) = z_3; \\ &\frac{-f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)\ln\left(1 - \frac{\tau}{\tau_e}\right)}{\gamma - \delta f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)} = z_1; \quad \frac{\gamma S}{\gamma - \delta f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)} = a; \\ &\frac{-f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)\delta S}{\gamma - \delta f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)} = b; \quad S = a + b \end{aligned}\right\} \quad (30)$$

zusammen, worauf sie in die bekannte und oben bereits behandelte Nomogrammgleichung (16) übergeht. Demgemäß bilden in Abb. 8 z_2 und z_3 zwei parallele geradlinige Träger. Die Abstände a und b von z_1 sind nun allerdings ihrerseits Funktionen von $\frac{\tau}{\tau_e}$ und nur die Summe $a + b = S$, die Entfernung zwischen z_2 und z_3, wird eine konstante Größe. Um schleifende Schnitte zu vermeiden, ist man hier wie in Abb. 4 zweckmäßig zu einem schiefwinkligen Koordinatensystem übergegangen, wobei der Nullpunkt von z_2 erhalten blieb. Ändert sich dann z_3 um eine konstante Strecke $\mathfrak{C}$, d. h.

$$z_3' = z_3 + \mathfrak{C},$$

so muß die neue Ordinate z_1' des $\frac{\tau}{\tau_e}$-Trägers nach Gl. (16) und (30):

$$z_1' = z_1 + \mathfrak{C}\frac{b}{S} = \frac{-f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)\left[\ln\left(1 - \frac{\tau}{\tau_e}\right) - \mathfrak{C}\right]}{\gamma - \delta f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)} \quad (31)$$

gesetzt werden.

Dieser Träger wird so eine Kurve mit den Koordinaten $a\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)$ und $z_1'\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)$ aus Gl. (30) bzw. (31).

Sie erscheint in Abb. 8 für die Werte $\beta\tau_e = 0{,}0$, 0,4 und 0,8, welche für praktische Rechnungen wohl ausreichen. In dem Grenzfall $f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right) = 1$ (künstliche Kühlung) geht der z_1-Träger in eine gerade Linie parallel zu z_2 und z_3 über.

Im übrigen tragen wir auf dem z_2-Träger die Werte von $\frac{t}{T_0}$, auf dem z_3-Träger jene von $\frac{\tau_a}{\tau_e}$ und auf den z_1-Trägern jene von $\frac{\tau}{\tau_e}$ skalenmäßig ein.

Hierbei ist zu beachten, daß nach Gl. (30) der Wert

$$\frac{z_1}{b} = \frac{1}{\delta S}\ln\left(1 - \frac{\tau}{\tau_e}\right)$$

unabhängig von $f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)$ ist. Infolgedessen liegen alle zum gleichen $\frac{\tau}{\tau_e}$ gehörenden Punkte der z_1-Träger auf einer durch den Nullpunkt des z_2-Trägers führenden Geraden.

Die Gl. (28) ist nach dem Mittelwertsatz der Integralrechnung abgeleitet, gilt also streng genommen nur für sehr kleine Intervalle $(\tau - \tau_a)$, da $f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)$ bei der Integration als Konstante, d. h. als Funktion der oberen Grenze von τ betrachtet wurde.

In Wirklichkeit nämlich nimmt auf Grund der von Küchler gegebenen Darstellung[4] $f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right)$ mit wachsendem τ gleichmäßig ab, weshalb das zu der genauen Größe von τ gehörende $f\left(\frac{\tau^*}{\tau_e}\right)$ bei Berechnung nach Gl. (28) zwischen den Werten liegt, die sich für $\tau^* = \tau_a$ und $\tau^* = \tau$ ergeben. In unserem Nomogramm schneidet deshalb der Faden für gegebenes $\frac{t}{T_0}$ und $\frac{\tau_a}{\tau_e}$ auf dem z_3-Träger des zugehörigen $\beta\tau_e$ einen zu großen Wert τ', bei dem z_3-Träger für künstliche Kühlung, d. h. $f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right) = f(0) = 1$, einen zu kleinen Wert τ'' ab. Würde man dagegen in Gl. (28) $f\left(\frac{\tau}{\tau_e}\right) = f\left(\frac{\tau_a}{\tau_e}\right)$ setzen, so er-

[3] R. Küchler, ETZ 1928, S. 1141.

[4] Küchler, wie Fußnote 3; Abb. 4.

Digitized by Google

gibt sich eine weitere untere Grenze τ''', die zwischen τ_1 und τ'' liegt und durch eine Mittelwertbildung

$$\tau'' = \frac{\tau' + \left(1 - \frac{\tau_a}{\tau'}\right)\tau''}{2 - \frac{\tau_a}{\tau'}}$$

abgeschätzt werden kann.

Hieraus ergibt sich endgültig:

$$\tau = \frac{\tau' + \left(1 - \frac{\tau_a}{\tau'}\right)\tau'''}{2 - \frac{\tau_a}{\tau'}}.$$

Zahlenbeispiel: Es seien $\tau_a = 10°$, $\tau_e = 60°$, $T_0 = 4$ h und $\beta\tau_e = 0{,}4$. Wie groß ist die Übertemperatur τ nach 6 h? Die auf die Punkte $\frac{\tau_a}{\tau_e} = \frac{10}{60} = 0{,}167$ und $\frac{t}{T_0} = \frac{6}{4} = 1{,}5$ gelegte Gerade schneidet auf den z_3-Skalen die beiden Grenzwerte 0,81 und 0,88 für $\frac{\tau}{\tau_e}$ bzw. $\tau' = 52{,}8°$, $\tau'' = 48{,}6°$, $\tau''' = 51{,}0°$ und $\tau = 52{,}0°$ für τ ab.

Das Torfkraftwerk Schatura bei Moskau.

Von Dipl.-Ing. **K. P. Lowin**, Präsident der Vereinigten Moskauer Staatlichen Elektrizitätswerke.

Übersicht. Nach kurzer Schilderung der Entwicklung der Elektrizitätsversorgung des Moskauer Industriegebietes wird eine Beschreibung des Torfkraftwerkes Schatura bei Moskau gegeben, welches, soweit der Verfasser feststellen konnte, z. Z. das größte Kraftwerk ist, das Torf als einziges Heizmittel verwendet.

Entwicklung.

Bevor wir zur genauen Beschreibung des Kraftwerks Schatura bei Moskau übergehen, dürfte wohl eine kurze Schilderung der Entwicklung der Elektrizitätsversorgung des Moskauer Industriegebietes im Laufe der letzten 13 Jahre von Interesse sein[1].

Im Jahre 1916 wurde das gesamte Gebiet von 3 Kraftwerken mit einer gesamten installierten Leistung von 93 000 kW versorgt. Außer diesen 3 großen Werken waren noch eine Reihe von kleineren Eigenwerken in verschiedenen Fabriken in Betrieb. Das erste von den oben erwähnten Kraftwerken, das 1. Moskauer Staatliche Elektrizitätswerk (ehemalige Gesellschaft des Jahres 1886) mit einer Leistung von 57 000 kW, versorgte die Stadt Moskau mit Strom für Industrie- und Beleuchtungszwecke. Das 2. Moskauer E.-W., die Straßenbahn-Zentrale mit einer Leistung von 21 000 kW, lieferte ihren Strom ausschließlich für die Straßenbahn. Das dritte Kraftwerk, Elektroperedatscha, jetzt Kraftwerk Klasson, hatte eine installierte Leistung von 15 000 kW und versorgte das anliegende Industriegebiet (Bogorodsk, Orechowo-Sujewo und Pawlowo-Possad) sowie die Stadt Moskau. Letztgenanntes Werk war das erste in Rußland erbaute Überlandkraftwerk und das erste größere Kraftwerk, welches Torf als einziges Heizmittel verwendete.

Zahlentafel 1. Übersicht über die Stromlieferung der Moskauer Elektrizitätswerke.

Betriebsdaten	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	23/24*	24/25	25/26	26/27	27/28	28/29
gesamte Inst. Leistung in 1000 kW	93,0	93,0	91,0	83,0	91,6	99,6	109,6	118,1	119,1	151,6	162,0	190,0	247,0
Zuwachs der Inst. Leistung in Prozent zum vorhergehenden Jahr	+ 8,1	—	— 2,2	— 8,8	+ 10,4	+ 8,7	+ 10,0	+ 7,8	+ 0,8	+ 27,3	+ 6,9	+ 17,3	+ 30,0
höchste gesamte Spitzenbelastung in 1000 kW	76,2	71,8	47,6	36,4	37,6	50,1	64,7	69,1	88,4	123,9	139,1	171,6	219,1
Zuwachs der Spitzenbelastung in Prozent zum vorhergehenden Jahr	+ 11,7	— 5,8	— 33,7	— 23,5	+ 3,3	+ 33,2	+ 29,1	+ 6,8	+ 27,9	+ 40,3	+ 12,2	+ 23,4	+ 27,7
jährliche Stromabgabe in Mill kWh	231,1	194,9	113,1	82,3	99,1	133,3	201,1	253,7	343,8	466,7	601,9	781,1	950,0
Zuwachs der Stromabgabe in Prozent zum vorhergehenden Jahr	+ 22	- 15,7	— 42,0	— 27,2	+ 20,4	+ 34,5	+ 50,9	+ 26,2	+ 35,5	+ 35,7	+ 29,0	+ 29,8	+ 21,7

* Vom Oktober 1923 bis zum 30. IX. 1924, desgleichen die übrigen Doppeljahre.

In Zahlentafel 1 sind einige Angaben über die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung vom Jahre 1916 bis zum Jahre 1928/29 wiedergegeben. Aus dieser Tafel ist zu ersehen, daß das Jahr 1919 das Jahr des größten Tiefstandes der Elektrizitätsversorgung des Moskauer Gebietes war, u. zw. nicht nur in der Spitzenbelastung der Elektrizitätswerke, sondern auch in der gesamten Energieerzeugung. Seit diesem Jahre beginnt jedoch ein bedeutender Zuwachs der Stromabgabe und der Höchstbelastung der Kraftwerke. Mit dem Jahre 1922/23 wird auch bereits mit dem Ausbau der Werke begonnen. Laut dem im Jahre 1920 von der Staatlichen Kommission zur Elektrisierung Rußlands ausgearbeiteten Plan, der den Bau einer Reihe von Überlandwerken in den Braunkohlen- und Torfgebieten vorsah, sollten im Moskauer Industriegebiet im Laufe von 10 ... 15 Jahren folgende Werke errichtet werden:

Das Kraftwerk Schatura mit 40 000 kW im ersten Ausbau und 100 000 kW im vollen Ausbau,

das Kraftwerk Kaschira mit 60 000 kW im ersten Ausbau und einer späteren Erweiterung bis zu 120 000 kW,

das Kraftwerk Epifan, 60 000 kW und nach dem vollen Ausbau 110 000 kW,

das Kraftwerk Iwanowo-Wosnessensk, 40 000 kW, und

das Kraftwerk Nishni-Nowgorod (Balachna), 40 000 kW.

Die Zentralen Kaschira und Epifan sollten Braunkohle und die übrigen Torf verfeuern.

Außer dem Bau von neuen Kraftwerken sollten laut diesem Plan das Kraftwerk Elektroperedatscha bis auf 40 000 kW erweitert und die vorhandenen Moskauer Kraftwerke gleichfalls ausgebaut werden.

Von diesen geplanten Überlandwerken ist im Jahre 1922/23 als erstes das Kraftwerk Kaschira mit einer installierten Leistung von 12 000 kW in Betrieb genommen worden. Augenblicklich steht dort eine Leistung von 34 000 kW zur Verfügung und nach Vollendung des weiteren Ausbaues wird die gesamte installierte Leistung dieses Werkes im Jahre 1931/32 128 000 kW betragen.

Das E.-W. Iwanowo-Wosnessensk befindet sich im Bau.

Das E.-W. Elektroperedatscha ist auch bis zu 36 000 kW ausgebaut worden.

Das Kraftwerk Schatura ist das erste größere Kraftwerk, das nach oben erwähntem Plan errichtet wurde. Dieses Kraftwerk, welches zur Zeit das größte Kraftwerk der UdSSR. ist und in dessen Besitz sich auch die größte Torfgewinnungs-Anlage befindet, hat eine installierte Leistung von 136 000 kW. Dieses Kraftwerk gehört zu den Vereinigten Moskauer Staatlichen Elektrizitätswerken (Moges), welche einen großen Teil des gesamten zentralen Industriegebietes mit Strom versorgt. Zu Moges gehören ferner außer Schatura noch die zwei Kraftwerke in Moskau, das 1. Moskauer E.-W. und die Straßenbahn-Zentrale sowie die Kraftwerke Kaschira und Klasson.

Das E.-W. Schatura liegt 120 km östlich von Moskau an der Eisenbahnstrecke Moskau—Kasan im Zentrum einer Reihe von Torfmooren mit einer gesamten Fläche von über 12 000 ha, rd. 40 Mill t Torf enthaltend. Die genannte Torfmenge versorgt das Kraftwerk nach seinem vollen Ausbau für ungefähr 50 Jahre mit Brennstoff.

Die Torfmoore befinden sich inmitten einer großen Ebene zwischen den Flüssen Oka und Kljasma. Ein großer Teil dieser Ebene liegt nur 100 ... 140 m über dem Meeresspiegel der Ostsee. Die Moore sind in verschiedenen Richtungen von Sanddünen und von bis zu 12 m hohen Hügeln.

[1] Vgl. auch G. Dettmar, ETZ 1929, S. 665 u. 705.

Digitized by Google

die mit Fichtenwald bedeckt sind, unterbrochen. Diese Struktur der Moore ist einerseits für die Entwicklung von verschiedenen Torfsorten sehr günstig und ist anderseits die Ursache der Bildung einer Reihe von Seen gewesen. Das Kraftwerk ist auf einem sandigen Hügel am Ufer des einen der vier untereinander verbundenen Seen mit einer gesamten Fläche von 25 km², u. zw. am See Tschernoje Osero (Schwarzer See) erbaut[2]. Da die Kühlfläche dieser Seen genügend groß ist, das Kühlwasser aus einem

Abb. 1. Torfsodensammler System „Heseper".

der Seen angesaugt und das Warmwasser in einen anderen See geleitet wird, so ist das Kraftwerk Schatura ausreichend mit Kühlwasser versorgt.

Mit der Torfgewinnung ist im Jahre 1919 begonnen worden. Der Torf wurde dem provisorischen Kraftwerk Schatura mit einer installierten Leistung von 5000 kW zugeführt. Dieses provisorische Kraftwerk versorgte das umliegende Gebiet mit Strom und wurde gleichzeitig auch für Versuche benutzt. Der Zweck der Versuche bestand darin, die wirtschaftlichsten Methoden der Torfverbrennung sowie die geeignetste Feuerung für die zukünftige Überlandzentrale zu ermitteln.

Mit dem Bau des eigentlichen Überlandwerks wurde im Frühjahr 1923 begonnen und im Herbst 1925 wurde es mit einer installierten Maschinenleistung von 32 000 kW (2 Maschinen je 16 000 kW) in Betrieb genommen. Der dritte 16 000 kW-Turbosatz wurde erst im März 1927 dem Betrieb übergeben.

Torfgewinnung und Transport.

Der Torf wird auf den Torfmooren bei Schatura auf 2 Arten gewonnen, u. zw. nach der üblichen Methode mit Torfmaschinen und nach dem Hydro-Torfverfahren.

Obwohl bei der Maschinenmethode die Arbeiten weitgehend mechanisiert sind, ist doch eine große Menge von Arbeitskräften erforderlich. Infolgedessen wird beim Ausbau der Torfgewinnungsanlagen von der Moges-Verwaltung hauptsächlich das Hydro-Torfverfahren berücksichtigt. Im Jahre 1928 sind mit Maschinen 470 000 t Torf, d. h. 73 %, und mit dem Hydro-Torfverfahren 172 000 t, d. h. 23 % der gesamten Torfmenge gewonnen worden.

Aus den zu verschiedenen Zeitpunkten in deutschen Zeitschriften erschienenen Beschreibungen des Hydro-Torf dürfte dieses Verfahren wohl als bekannt vorausgesetzt werden. Kurz gefaßt besteht dasselbe darin, daß der Torf mittels eines aus einer Rohrleitung mit 12 at entströmenden Wasserstrahls aufgespült wird. Die hierbei entstehende flüssige Masse wird mit speziellen an Kränen hängenden Pumpen auf Trockenfelder befördert[3]. Nachdem die flüssige Torfmasse auf den Feldern getrocknet ist, wird sie entweder von Hand oder mit besonderen Maschinen geformt. Bei diesem Verfahren wird nicht nur die Zahl der erforderlichen Arbeitskräfte verringert, sondern auch die Arbeit bedeutend erleichtert. So werden z. B. zur Erzeugung von 10 000 t lufttrockenen Torfes mittels gewöhnlicher Maschinen 223, bei dem Hydro-Verfahren jedoch nur 158 Mann benötigt, was eine Ersparnis von 30 % ergibt.

Der mittlere Aschegehalt der Hydro-Torfmasse beträgt etwa 5,3 %. Der Energieverbrauch für 1 t lufttrockenen Torfs beträgt ungefähr 29 kWh bzw. für 1 m³ flüssiger Torfmasse etwa 2,7 kWh.

Zur Zeit werden auf den Torfmooren des Kraftwerks Schatura Torfsodensammler System „Heseper" (Abb. 1) verwendet. Die stündliche Leistung eines solchen 60 m langen Elementes erreicht ungefähr 12½ t lufttrockenen Torfs. Es muß hierbei bemerkt werden, daß auf jede Arbeitskraft, welche mit dem Torfsammeln beschäftigt ist, bis zu rd. 0,8 t/h Torf entfällt, d. h. zweimal mehr als dies vor der Verwendung des Torfsodensammlers der Fall war. Durch die Anwendung dieses Torfsodensammlers ist es ferner möglich geworden, die Torfstapel in einer Entfernung von 250, 375 und 500 m voneinander zu errichten, im Gegensatz zu der früheren größten Entfernung von 75 m. Dies ergibt eine nicht unwesentliche Ersparnis an Gleisen der Schmalspurbahn, die den Torf von den Stapeln zum Kraftwerk befördert.

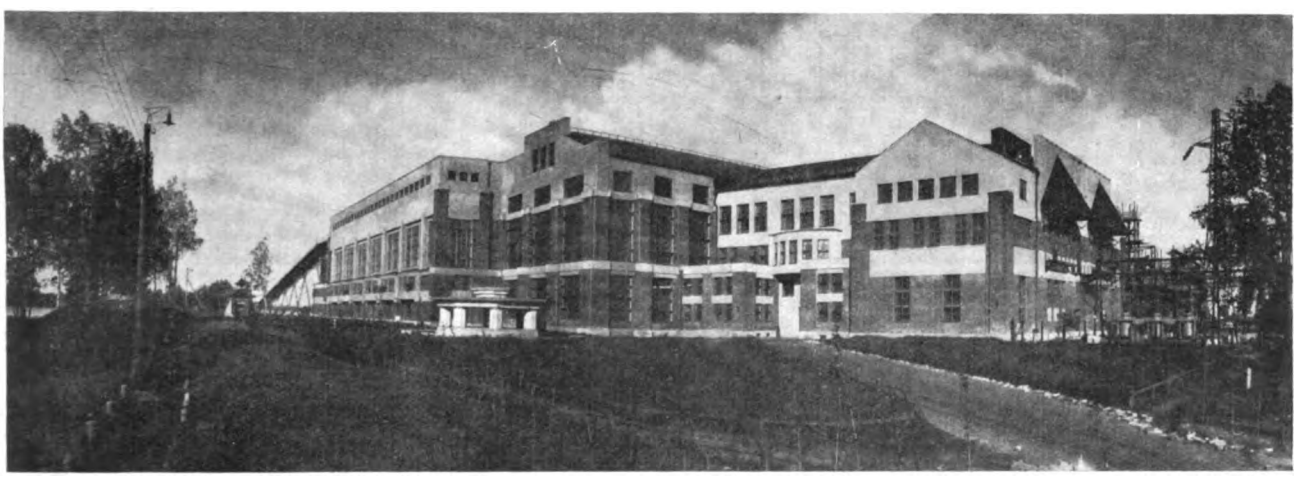


Abb. 2 Gesamtansicht des Kraftwerkes Schatura.

Der lufttrockene Torf wird von den Mooren durch eine Schmalspurbahn in Zügen von je 30 Kippwagen mit einem Fassungsvermögen von je 1,8 t entweder sofort bis zum Kesselhause oder bis zum Lager des Kraftwerks befördert. Die mittlere Entfernung des Torftransportes vom Moor bis zum Kraftwerk beträgt 9,2 km, die Transportkosten sind etwa 3,42 Rubel. Da die Gestehungskosten von 1 t Torf etwa 8,58 Rubel betragen, ergibt sich ein Gesamtpreis frei Lager von 12 Rubel/t Torf und frei Bunker von 12,80 Rubel.

Nachdem die Kippwagen eine selbsttätige Waage System Firma Karl Schenk passiert haben, werden dieselben von Hand an einem auf Rollen laufenden 21 mm starken Stahlseil durch eine Sonderkonstruktion befestigt und eine Schrägbrücke (Estokade) bis zum Bunkerraum im Kesselhaus mit einer Geschwindigkeit von 0,7 m/s heraufgezogen. Hier werden die Wagen in die Bunker entleert, durchlaufen einen Gleisbogen, überqueren die

[2] ETZ 1929, S. 672.

[3] Vgl. ETZ 1929, S. 669, Abb. 3.

Digitized by Google

beiden Kesselhäuser und laufen eine zweite Estokade wieder hinunter. Auf Abb. 2 ist eine der beiden Estokaden zu sehen. Sie haben eine Neigung von 0,12; zum Antrieb der Förderanlage dient eine Elektrowinde mit einem 60 PS-Motor.

Die Leistungsfähigkeit dieser Torf-Beförderungsanlage beträgt ungefähr 2000 t in 24 h. Das Bedienungspersonal der gesamten Förderanlage, einschließlich der im Bunkerraum beschäftigten Arbeiter, besteht aus 20 Mann je Schicht.

Um eine Verzögerung in der Anlieferung von Torf infolge starker Fröste und großer Schneemengen zu vermeiden, ist beim Kraftwerk ein Lager für rd. 100 000 t Torf geschaffen worden.

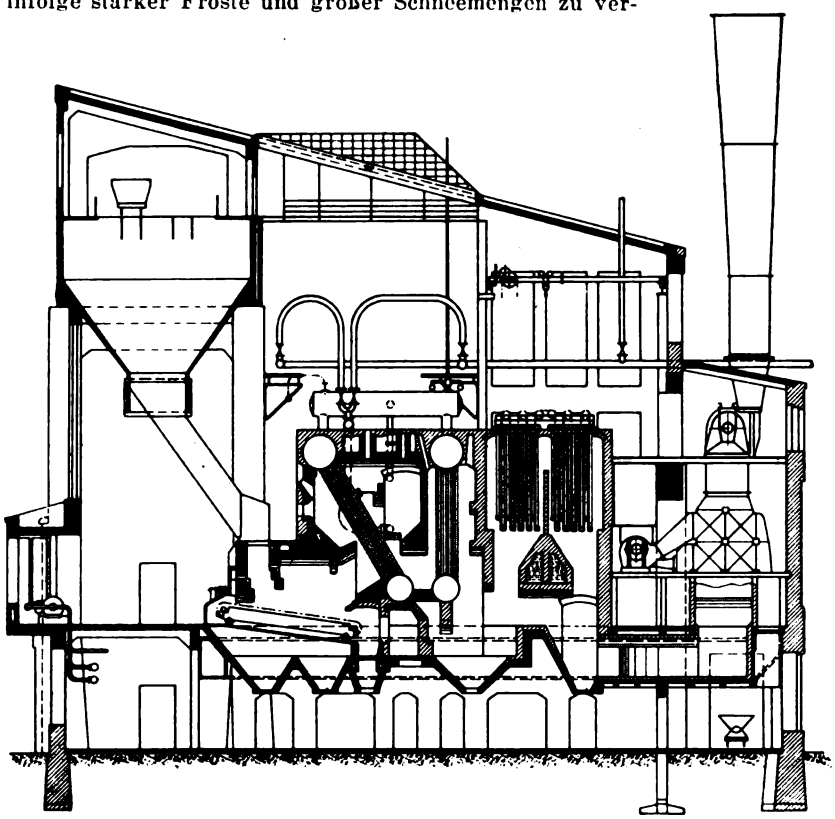


Abb. 3. Schnitt durch das Kesselhaus.

Die wasser- und aschefreie Substanz des in Schatura zur Verbrennung gelangenden Torfes besteht aus:

Kohlenstoff	(C)	62 %
Wasserstoff	(H)	6 %
Sauer- und Stickstoff	(O + N)	32 %.

Der Heizwert dieser Substanz für 1 kg beträgt 5660 WE. Der zur Verbrennung gelangende Torf enthält:

Kohlenstoff	(C)	42,2 %
Wasserstoff	(H)	4,1 %
Sauer- und Stickstoff	(O + N)	21,7 %
Wasser		26,6 %
Asche		5,4 %
		100 %.

Es muß hierbei bemerkt werden, daß der Wassergehalt des Torfes von der Jahreszeit, der Feuchtigkeit des Sommers sowie von der Trockendauer des Torfes abhängt. Ferner hängen der Wasser- und Aschegehalt auch von der Ursprungstelle des Torfes ab. Wir geben hier als Beispiel die Grenzwerte des Jahres 1927/28 an:

Der Wassergehalt schwankte von 27,8 ... 40,4 % bei einem mittleren Jahreswert von 33,57 %, der Aschegehalt von 3,9 ... 5,3 % bei einem mittleren Jahreswert von 4,42 %.

Infolgedessen betrug der Heizwert für 1 kg Torf minimal 2815 WE und maximal 3526 WE, was einen mittleren Heizwert von 3242 WE ergibt.

Die Heizwerte werden von der Moges-Verwaltung gewöhnlich auf Torf mit einem Wassergehalt von 30 % umgerechnet. Der mittlere Heizwert für das Jahr 1928, bezogen auf Torf mit 30 % Wassergehalt, betrug 3412 WE für 1 kg, was bei dem obenerwähnten Preise von 12,80 Rubel/t einen Betrag von 0,37 Kopeken für 1000 WE in der Feuerung ergibt.

Beschreibung des Kraftwerkes.

Im ersten Ausbau des Kraftwerks (Abb. 2) betrug die gesamte Maschinenleistung 48 000 kW (3 Turbosätze je 16 000 kW). Diese drei Maschinen sind senkrecht zur Maschinenhausachse aufgestellt. Jeder Satz besteht aus einer zweizylindrigen Dampfturbine System Loesel der Brünner Maschinenfabriks-Gesellschaft mit einer Leistung von 20 000 PS für Betrieb mit Frischdampf von 16 atü und 375 ° mit Oberflächenkondensation, und aus je einem Drehstromgenerator, von denen 2 von je 20 000 kVA, 6600 V, bei einem $\cos\varphi = 0{,}8$, 3000 U/min, von den Siemens-Schuckertwerken geliefert sind. Die dritte Maschine mit einer Leistung von 22 900 kVA, 6600/6900 V bei $\cos\varphi = 0{,}7$, 3000 U/min, ist von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft geliefert. Der mittlere Dampfverbrauch betrug im Jahre 1927/28 etwa 5,6 kg/kWh. Sämtliche Turbinen haben 3 Entnahmestellen für 10,5 atü, 6 atü und 4 atü und sind für eine Dampfentnahme von rd. 10 % des gesamten Dampfverbrauches bemessen. Der Entnahmedampf wird für Speisewasseraufbereitung verwendet. In Betrieb befindet sich jedoch nur die Entnahmestelle für 4 atü. Die Kondensationsanlage jeder dieser Maschinen besteht aus je 2 Kondensatoren mit einer gesamten Kühlfläche von 1500 m² und einem Pumpensatz, bestehend aus 3 Pumpen: Kühlwasserpumpe mit einer Leistung von 4200 m³/h, Luftpumpe und Kondensatpumpe. Alle drei Pumpen werden von einem Elektromotor und einer Hilfsturbine angetrieben. Die Leistung der Motoren für die Turbinen Nr. 1 und 2 beträgt 425 PS bei 6600 V und 1480 U/min, die des Motors der Turbine Nr. 3 340 kW bei 736 U/min und die Leistung der Hilfsturbinen 315 PS bei 4800 U/min. Vor die Hilfsturbinen ist ein Reduktor der Firma Krupp geschaltet. Das Vakuum schwankt von 93 % im Sommer bis zu 97 % im Winter. Der thermodynamische Wirkungsgrad der Turbinen bewegt sich zwischen 21,7 und 22,9 %.

Nachstehend sind einige Betriebsdaten, welche die Arbeit des Kraftwerkes im Jahre 1927/28 (vom 1. X. 1927 bis 30. IX. 1928) charakterisieren, angegeben:

Installierte Leistung der Maschinen	kW	48 000
im Kraftwerk stand durchschnittlich im Laufe des Jahres eine installierte Leistung zur Verfügung von	kW	38 100
höchste Spitzenbelastung im Jahr	kW	50 300
gesamte Stromerzeugung	Mill kWh	273,3
Stromabgabe von den Sammelschienen	Mill kWh	263,1
Stromverbrauch für Eigenbedarf in % der gesamten Stromerzeugung		3,8
Torfverbrauch (bezogen auf Torf mit einem Wassergehalt von 30 %)	t	376 680
Heizwert eines kg Torf (30 % Wasser) . . .	WE	3 411,5
Brennstoffverbrauch, bezogen auf Brennstoff mit dem Heizwert von 7000 WE	t	183 580
Verbrauch für die von den Sammelschienen abgegebene kWh: Torf (30 % Wasser) . . .	kg	1,432
Brennstoff von 7000 WE Heizwert . . .	kg	0,698
Wärmeverbrauch für die abgegebene kWh .	WE	4 886
Belastungsfaktor (mittlere Belastung des Kraftwerkes / höchste Spitzenleistung) . .	%	61,9
Ausnutzungsfaktor (mittlere Jahresbelastung/ installierte Leistung)	%	64,9
mittlere Jahresbelastung der Maschinen . .	%	86,6
Wirkungsgrad der Kesselanlage	%	79,5 ... 82,8
thermodynamischer Wirkungsgrad der Turbinen	%	21,7 ... 22,9
gesamter Wirkungsgrad des Kraftwerkes . .	%	17,6
stündl. Dampferzeugung in kg/m² der Heizfläche	%	43,6
Gestehungskosten für 1 kWh an den Sammelschienen	Kop.	2,7

Digitized by Google

Kesselanlage.

Im Kesselhaus (Abb. 3) sind für die 3 Maschinen von je 16 000 kW 9 Steilrohrkessel, System Garbe, von je 750 m² Heizfläche aufgestellt. In dem Kesselhause Nr. 1

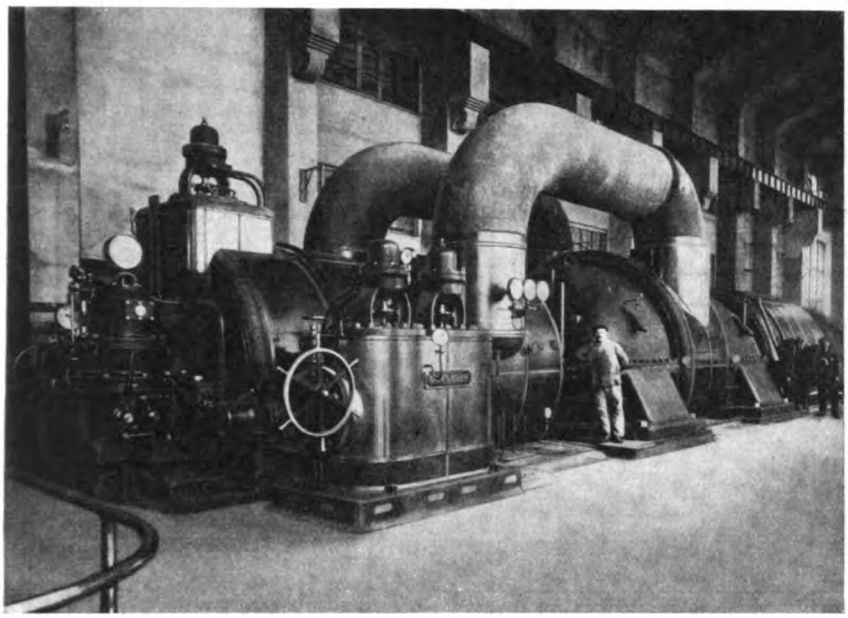


Abb. 4. 44 000 kW-Turbosatz (BBC).

befinden sich 6 dieser Kessel, welche von der Wittkowitzer Bergbau- und Eisenhütten-Gewerkschaft geliefert wurden und Dampf von 18 atü und 400° Überhitzung liefern. Diese Kessel sind mit doppelten Dampfüberhitzern von je 125 m² Heizfläche versehen. Im Kesselhause Nr. 2 sind 3 solcher Kessel untergebracht und außerdem noch 3 Kessel mit einer Heizfläche von 1200 m², 18 atü, 400° Überhitzung. Im Kesselhause Nr. 1 und Nr. 2 sind hinter den 9 Kesseln Green-Economiser mit einer Heizfläche von je 640 m², bestehend aus 40 Elementen von je 12 Rohren, aufgestellt. Hinter den Economisern befinden sich Luftvorwärmer, System „Rotator" mit Heizfläche von 720 m², bestehend aus 2 Gruppen von je 4 Elementen. Die neuen Kessel sind nur mit Luftvorwärmern von 2,560 m² versehen. Von der Aufstellung von Economisern ist abgesehen worden, da die 4. und 5. Turbine mit Dampfentnahme zur Speisewasseraufbereitung betrieben werden. Der Betrieb der ersten 9 Kessel wird durch Zahlentafel 2 veranschaulicht.

Sämtliche Kessel sind mit Verschlüssen, System Ing. Banin, die die Torfzufuhr zu den Feuerungen vollständig abschließen, versehen. Die Wanderroste werden durch Gleichstrommotoren mit 1100 ... 1510 U/min angetrieben. Die Geschwindigkeit des Rostes kann von 2,2 bis zu 13 m/h geregelt werden. Die Rostfläche beträgt, bezogen auf die Heizfläche, 1/40, die Aktionsfläche des Rostes 63 %. Jeder Kessel ist mit einer Saugzuganlage, bemessen für 1300 m³/min, versehen, welche mit Motoren von je 50 PS betrieben werden.

Der Feuerraum jedes Kessels beträgt 70 m³. Unter dem Verbrennungsspiegel befinden sich drei Kammern, durch welche die zur Verbrennung erforderliche Luft dem Feuerungsraum zugeführt wird. Für die Zusatzluft sind in der Kesselausmauerung Luftkanäle vorgesehen. Am Ende jedes Wanderrostes befindet sich ein Schlakkenverschluß, System Steinmüller.

Der Unterdruck im Feuerungsraum beträgt ungefähr 4 mm, hinter dem Kessel 25 ... 28 mm und vor der Saugzuganlage 100 ... 110 mm WS.

Unter jedem Wanderrost befinden sich zwei Aschen- und ein Schlackenbunker. Die sich in diesen Bunkern ansammelnde Asche und Schlacke werden mit Wasser gekühlt und dann in Kippwagen aus dem Aschenkeller abtransportiert.

Es muß bemerkt werden, daß die Kessel ohne Schwierigkeit 55 kg Dampf **auf 1 m² Heizfläche geben können und daß sich bei Prüfungen derselben Wirkungsgrade bis zu 88,5 % erreichen ließen.**

Die gesamte Feuerungsanlage erfordert nur wenig Bedienung, und der Verbrennungsprozeß kann durch Veränderung der Rostgeschwindigkeit leicht geregelt werden.

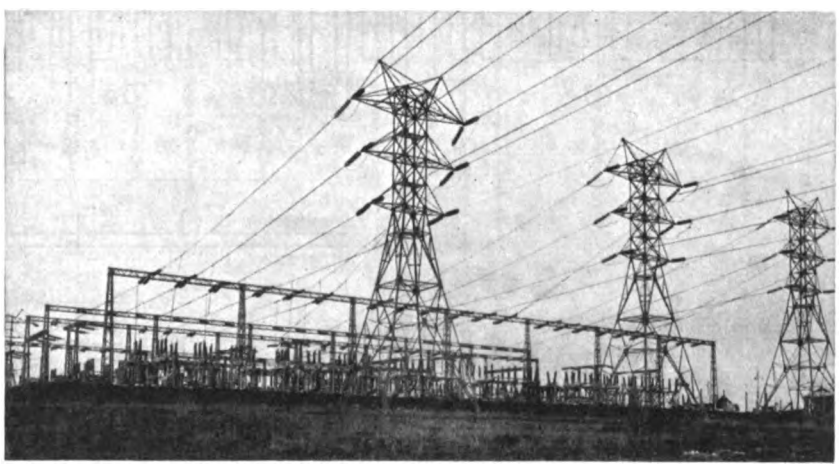


Abb. 5. Umspannwerk Karatscharowo.

Zahlentafel 2.

	Jahr 1927/28
Gesamte verbrannte Torfmenge (30 % Wasser) . . . . t	381 236
verdampfte Wassermenge . . . . . t	1 542 400
Arbeit der Kessel . . . . . m³ h	35 389 350
mittlere stündliche Dampfentnahme von 1 m² der Heizfläche . . . . . kg	43,58
mit 1 kg Torf (30% Wasser) verdampfte Wassermenge kg	4,05
Wirkungsgrad der Kesselanlage . . . . . %	79,5 ... 82,76

Jeder der 9 Kessel ist mit 2 Torfrost-Feuerungen, System Prof. Makarjew (DRP.), versehen. Die ersten 8 Kessel sind mit je 2 Wanderrosten, System Walter Wittkowitz, mit einer wirksamen Fläche von 2 × 8,25 m² bei einer Breite von 2,4 m und einer Länge von 5,625 m zwischen den Achsen ausgerüstet. Der Kessel Nr. 9 ist zu Versuchszwecken mit einem neuen Scheibenrost, System Prof. Makarjew, versehen.

In Zahlentafel 3 sind die Ergebnisse einer Kesselprüfung (750 m², System Garbe) angegeben.

Zahlentafel 3.

Datum	16. XII. 1925	17. VII. 1925	4. VI. 1926
1. Dampfentnahme v. 1 m² Heizfläche in kg . . .	44,25	52,4	44,28
2. dgl., bezogen auf normale Dampfverhältnisse	46,5	52,1	43,5
3. Heizwert 1 kg Torf . .	3030	2939	3395
Wassergehalt . . . . %	37,4	38,7	31,7
4. Wirkungsgrad des Kessels	87,6	85,66	88,28
Verluste			
5. Mit den abgeh. Gasen .	9,71	11	8,04
6. infolge unvollkommener Verbrennung	0,56	0,39	1,71
7. infolge Rostdurchfalls .	0,57	0,55	0,41
8. Strahlung.	1,56	2,40	1,56
	12,4%	14,34%	11,72%

Digitized by Google

Jeder Kessel ist mit einem vollständigen Satz Meßinstrumente versehen, welche auf zwei Schalttafeln vor dem Kessel montiert sind. Auf einer dieser Tafeln befinden sich sämtliche elektrische Thermometer, auf der anderen Tafel eine Dampfuhr, ein registrierendes Manometer für den Kessel, Manometer für den Economiser, 6 Zugmesser, von denen zwei im Feuerungsraum, zwei hinter dem Kessel, eins hinter dem Economiser und ein registrierendes vor der Saugzuganlage angeschlossen sind. Jeder Kessel ist ferner mit einem selbsttätigen CO_2- und CO-Messer, System Mono, versehen. Die Menge des Speisewassers wird mit einem Scheibenwassermesser der Fa. Siemens & Halske, welcher an jede Elektrospeisepumpe angeschlossen ist, gemessen.

Eine äußere Reinigung der Kessel und Entfernung der Asche werden einmal in zwei Monaten, eine innere Reinigung einmal im Jahre vorgenommen.

Die Speisung der Kessel erfolgt durch Elektrospeisepumpen mit einer Leistung von 60 m³/h, welche unmittelbar vor den Kesseln aufgestellt sind. Es ist auch eine Umführungs-Ersatzleitung vorgesehen, welche es ermöglicht, daß jede Pumpe einen beliebigen Kessel speisen kann. Es sind ferner als Ersatz 2 Turbospeisepumpen der Brünner Maschinenfabrik mit einer Leistung von je 150 m³/h sowie eine Elektropumpe zum Anschluß an eine Akkumulatorenbatterie vorgesehen.

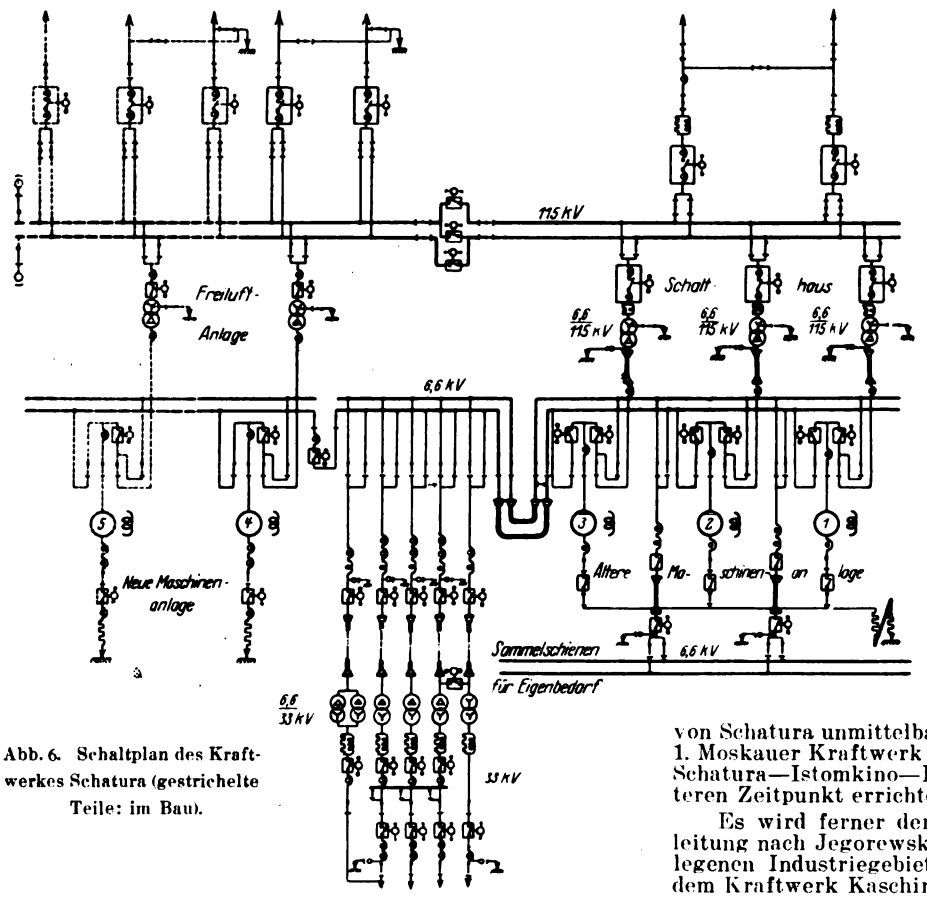


Abb. 6. Schaltplan des Kraftwerkes Schatura (gestrichelte Teile: im Bau).

Bei der Beanspruchung der Kessel mit 45 kg/m² beträgt die Leistung jeder Speisepumpe 55 kW. Die Regelung der Kesselspeisung wird von Hand getätigt. Die Härte des Frischwassers beträgt 1.5 ... 2.0 deutsche Grad.

Um den Betrieb der Kesselanlage im Laufe eines Monats zu veranschaulichen, sind in Zahlentafel 4 Betriebsdaten angeführt.

Zahlentafel 4.

		Kesselhaus Nr. 1 und 2 Februar 1928
1.	Verfeuerte Torfmenge . . . . . t	34 466
2.	in 24 h verfeuerte Torfmenge . . . . . t	1 188
3.	Anzahl der in 24 h in das Kesselhaus beförderten Kippwagen	1 114
4.	gesamte erzeugte Dampfmenge . . . . . t	139 441
5.	dgl., jedoch in 24 h . . . . . t	4 808
6.	Anzahl der aus dem Kesselhause beförderten Kippwagen mit Asche und Schlacke	1 793
7.	dgl., in 24 h	62
8.	Betriebszeit der Kessel . . . . . m². h	3 089 325
9.	mittlere Dampfentnahme von 1 m² der Heizfläche . . . . . kg	45,14
10.	Wirkungsgrad der Kesselanlage . . . . . %	80

Zur Zeit ist das Kraftwerk Schatura bedeutend ausgebaut, u. zw. kamen zwei neue Turbosätze von je 44 000 kW (55 000 kVA), 1500 U/min, 6600/6900 V, $\cos\varphi = 0{,}8$, zur Aufstellung. Eine dieser Maschinen, bemessen für Betrieb mit Frischdampf von 16 at bei einer Überhitzung von 375 ° und einer Kühlwassertemperatur von 15 °, geliefert von der Fa. Brown, Boveri & Cie., Mannheim, befindet sich bereits seit dem Herbst 1928 in Betrieb (Abb. 4). Der zweite Turbosatz ist im Sommer 1929 dem Betrieb übergeben worden. Um diese neuen Maschinen mit Dampf zu versorgen, ist ein neues Kesselhaus errichtet worden, welches parallel zu den beiden alten Kesselhäusern und senkrecht zum Maschinenhaus gelegen ist. Hier wurden 6 Steilrohrkessel, System Garbe, mit einer Heizfläche von je 1500 m² zur Aufstellung gebracht. Der Dampfverbrauch der neuen Turbosätze soll bei Vollast und ohne Dampfentnahme 4,5 kg/kWh und bei Dampfentnahme für die Wasseraufbereitungsanlage 5 kg betragen.

Schaltanlage.

Der größte Teil des erzeugten Stromes wird mittels einer 115 km langen 115 kV-Doppelleitung ($2 \times 3 \times 95$ mm²) nach Moskau übertragen. Um Moskau herum wird zur Zeit eine 115 kV-Ringleitung errichtet. An diese werden an dem Umspannwerk Karatscharowo (Abb. 5) die von Schatura kommenden Leitungen angeschlossen. Eine zweite Doppelfreileitung, gleichfalls 115 kV, verbindet den Moskauer Ring über die Umspannwerke Ismailowo und Istomkino mit Schatura. Durch diese Leitung wird gleichzeitig das Industriegebiet von Bogorodsk mit Strom versorgt. Nach dem näher gelegenen Gebiet östlich von Schatura sowie nach den Torfmooren wird der Strom mit einer Spannung von 33 kV übertragen.

Als nur der erste Ausbau des Kraftwerkes in Betrieb war und der 115 kV-Ring sich noch nicht im Bau befand, wurde der Strom von Schatura unmittelbar in das Zentrum der Stadt bis zum 1. Moskauer Kraftwerk übertragen; die zweite Freileitung Schatura—Istomkino—Ismailowo ist auch zu einem späteren Zeitpunkt errichtet worden.

Es wird ferner der Bau einer neuen 115 kV-Doppelleitung nach Jegorewsk zur Stromversorgung des dort gelegenen Industriegebietes und zum Zusammenschluß mit dem Kraftwerk Kaschira sowie einer neuen Leitung nach Moskau über die Stadt Ramenskoje geplant.

Jeder der Generatoren ist unmittelbar mit einer Transformatorengruppe 6,6/115 kV gekuppelt (Abb. 6), und der Parallelbetrieb der Maschinen erfolgt normalerweise nur auf der Hochspannungsseite. Auf der 6,6 kV-Seite ist jeder Generator über Trenn- und Ölschalter mit einem doppelten 6,6 kV-Hilfschienensystem verbunden, wodurch erreicht wird, daß jeder Generator mit einem beliebigen Transformator gekuppelt werden kann. Von diesen Sammelschienen aus werden auch die 6,6/33 kV-Transformatoren sowie die Abzweige für den Eigenbedarf des Kraftwerkes gespeist. An diesen Schienen werden jedoch normalerweise die Generatoren nicht parallelgeschaltet, außerdem wird durch besondere Abzweige an den Maschinen Nr. 1 und 2 ermöglicht, daß jeder dieser Generatoren unabhängig von den 6,6 kV-Schienen den Eigenbedarf des Werkes an Strom deckt. Die Eigenbedarfspeisekabel sind zur Begrenzung der Kurzschlußströme mit Reaktanzspulen versehen.

Um die Betriebsicherheit des Kraftwerkes zu erhöhen, ist die Aufstellung einer Hausturbine von ungefähr 7500 ... 10 000 kW geplant.

Digitized by Google

Jede 6,6/115 kV-Transformatorengruppe besteht aus 3 Einphasentransformatoren, welche auf der 6,6 kV-Seite in Dreieck und auf der 100 kV-Seite in Stern mit unmittelbar geerdeten Nullpunkt geschaltet sind. Die Leistung jeder dieser Gruppen entspricht der vollen Leistung des dazugehörigen Generators bei einem $\cos\varphi = 0.85$; es sind drei Gruppen von je 18 600 und zwei Gruppen von je 51 000 kVA vorhanden. Die Gesamtleistung sämtlicher 115 kV-Transformatoren beträgt somit 157 800 kVA. Auf der Hochspannungseite sind die Transformatoren an ein

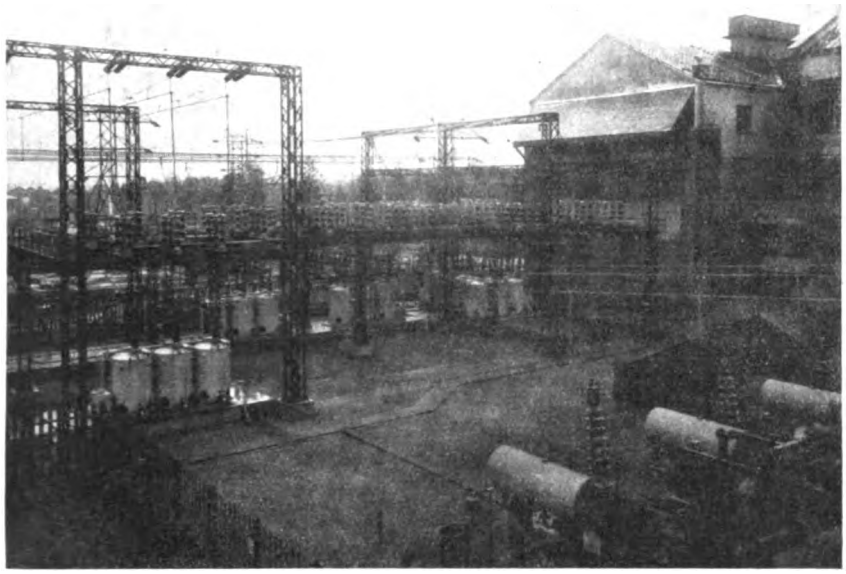


Abb. 7. 115 kV-Freiluftanlage des Kraftwerkes Schatura.

Doppel-Sammelschienensystem angeschlossen, von welchem auch zwei 115 kV-Doppelfreileitungen abgehen. Der Anschluß der ersten drei Transformatorengruppen von 18 600 kVA erfolgt über Campos-Spulen mit einer Induktivität von 5 mH.

Die 115 kV-Sammelschienen sind in vier selbständige Systeme unterteilt, welche mittels 3 Ölschaltern ein Parallelschalten beliebiger Gruppen ermöglichen.

Die gesamte Leistung der 6,6/33 kV-Drehstromtransformatoren beträgt 28 900 kVA. Es sind 3 Transformatoren von je 5000 kVA, 1 Transformator von 7500 kVA und zwei parallel geschaltete Transformatoren von je 3200 kVA vorhanden. Diese Transformatoren sind an die 6,6 kV-Sammelschienen mittels Reaktanzspulen zur Begrenzung der Kurzschlußströme angeschlossen.

Alle Transformatoren werden durch umlaufendes Öl gekühlt.

Die gesamte 6,6 kV-Apparatur ist im 1. und 2. Stockwerk des an das alte und neue Maschinenhaus anschließenden Gebäudes untergebracht. Die gesamte 33 kV-Schaltanlage sowie die 6,6 33 kV-Transformatoren sind in einem einzelnen Schalthaus aufgestellt.

Die 115 kV-Anlage ist entsprechend dem 1. und 2. Ausbau des Kraftwerkes in zwei Teile unterteilt, u. zw. ist der alte Teil der Schaltanlage als geschlossene Schaltanlage in Hallenbau und der neue Teil als Freiluftanlage ausgeführt (Abb. 7). In der ersteren sind drei der bereits erwähnten Transformatorengruppen und 5 Dreikessel-Ölschalter aufgestellt. Als Sammelschienen dienen 38 mm starke Kupferrohre. Als Überspannungschutz sind Campos-Spulen mit einer Induktivität von 5 mH verwendet worden.

Die beiden Sammelschienensysteme dieser Anlage werden durch 115 kV-Wanddurchführungen ins Freie geleitet, wo sie mittels der bereits erwähnten 3 Ölschalter mit den Sammelschienen der Freiluftanlage gekuppelt werden.

Die in Stern geschalteten Generatoren, deren Nullpunkte über einen Widerstand geerdet sind, sowie die 115 kV-Transformatoren sind mit Merz-Price-Differentialschutz versehen, wobei jeder Generator und Transformator je ein Differentialrelais erhält. Der Differentialschutz der beiden neuen BBC-Generatoren von je 55 000 kVA ist von genannter Firma geliefert. Da jeder Generator über die 6.6 kV-Schienen mit einem beliebigen Transformator gekuppelt werden kann, so ist am Differentialschutz eine entsprechende Umschaltmöglichkeit geschaffen.

Die 115 kV-Leitungen sind mit Erdschluß- sowie Maximalzeitrelais versehen.

Die 6,6 kV-Speisekabel sowie die 33 kV-Stichleitungen erhielten Überstromschutz, desgleichen auch sämtliche 6,6 kV-Kabel für den Eigenbedarf des Kraftwerkes. Die 115 kV-Sammelschienen sind mit Differentialschutz versehen. Es muß hierzu noch bemerkt werden, daß sämtliche Schutzeinrichtungen des E.-W. Schatura in Zusammenhang mit den Einrichtungen der übrigen Kraftwerke und Umspannwerke stehen und daß die Frage des zweckmäßigsten Schutzes von der Moges-Verwaltung noch eingehend untersucht wird.

Die Warte des Kraftwerkes befindet sich im vierten Stockwerk zwischen dem Maschinenhaus und der 115 kV-Anlage.

Zum Schluß seien noch einige Angaben über den in den nächsten fünf Jahren zu erwartenden Stromverbrauch und die erforderlichen Leistungen der Kraftwerke in Zahlentafel 5 gegeben.

Zahlentafel 5.

	1928/29	1929/30	1930/31	1931/32	1932/33
Maximalbelastung d. Kraftwerke in 1000 kW	219,1	280	340	410	470
Inst. Leistung der Kraftwerke in 1000 kW	240,5	309,5	353	472	497
Stromabgabe in Mill kWh	950	1200	1450	1700	2000

Aus diesen Zahlen ist zu ersehen, daß im Laufe von 5 Jahren die gesamte Leistung der Kraftwerke sich um 250 000 kW vergrößern muß. Die geplanten Erweiterungen der einzelnen Kraftwerke sind in Zahlentafel 6 angegeben.

Zahlentafel 6.

	1928/29	1929/30	1930/31	1931/32	1932/33
1. Moskauer Werk	74	85	107,5	107,5	107,5
Straßenbahnwerk	38,5	38,5	29,5	54,5	79,5
Klasson	36	36	46	46	46
Schatura	80	116	136	136	136
Kaschira	12	34	34	128	128
insgesamt	240,5	309,5	353	472	497

Da aus verschiedenen Gründen die oben angegebenen Kraftwerke nicht weiter ausgebaut werden können, mit Ausnahme des Straßenbahnwerkes, das bis auf 100 000 kW erweitert werden kann, wird der Bau eines neuen Großkraftwerkes mit 150 000 kW im ersten Ausbau geplant. Es kommen drei Projekte in Frage: das eines Torfkraftwerkes in der Nähe von Twer, eines Braunkohlen-Kraftwerkes in der Gegend von Bobriki und der Bau eines neuen Kraftwerkes in Kaschira. Es ist gegenwärtig jedoch noch nicht entschieden, welches der drei Projekte ausgeführt werden wird.

Digitized by Google

Hochspannungs-Kabelprüfanlagen mit Induktionsregler.

(Mitteilung des Physikalischen Laboratoriums der Kabelfabrik AG., Bratislava, Tschechoslowakei.)

Von Ludwig Tschiassny, Preßburg.

Übersicht. Es werden die Verhältnisse in Hochspannungs-Prüfanlagen für kapazitive Belastung (d. s. Hochspannungs-Kabelprüfanlagen), die aus einem an das Netz angeschlossenen Induktionsregler und einem Hochspannungstransformator bestehen, bei Betrieb und bei Durchschlag des Prüfstückes untersucht.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß der bei induktiver Belastung in elektrischen Maschinen auftretende Spannungsabfall bei kapazitiver Belastung sein Vorzeichen ändert und sich in eine Spannungserhöhung verwandelt. Während also die Spannung durch Einschaltung einer induktiven Last gegenüber derjenigen bei Leerlauf abfällt, ist bei Anschaltung einer kapazitiven Last das Umgekehrte der Fall und es entsteht eine Spannungserhöhung. Diese Spannungserhöhung kann nun unter Umständen sehr bedeutend werden, ja es kann sogar der Fall eintreten, daß sie eine derartige Größe annimmt, daß die Einstellung einer bestimmten gewünschten Spannung unmöglich gemacht wird. Diese Verhältnisse bei kapazitiver Belastung sind schon wohlbekannt und auch näher untersucht worden[1].

Einen typischen Fall kapazitiver Belastung bietet eine Hochspannungs-Kabelprüfanlage mit ihrer fast vollkommen rein kapazitiven Belastung. Bei Hochspannungs-Kabelprüfanlagen treten daher eigenartige Betriebsbedingungen auf, welche zum Teil die Leistungsfähigkeit der Anlage beschränken. Hochspannungsprüfanlagen werden im allgemeinen mit einem eigenen Generator ausgeführt, die Höhe der Prüfspannung wird durch Änderung der Erregung desselben geregelt. Die Betriebsverhältnisse in solchen Anlagen sind von Fabinger[2] ausführlich untersucht worden, außerdem ist hierüber einiges in einem früheren Aufsatz des Verfassers zu finden[3].

Neben den Hochspannungsprüfanlagen mit eigenem Generator kommen aber auch Anlagen in Betracht, bei welchen der Prüftransformator über einen Induktionsregler an das Netz angeschlossen ist. Die Höhe der Spannung wird durch Verdrehung des Rotors des Induktionsreglers eingestellt. Anlagen mit Induktionsregler werden dort verwendet werden, wo es nicht so sehr auf möglichst vollkommene Sinusform der Spannungskurve als auf Billigkeit der Anlage ankommt. Der Aufstellungsort dieser Anlage wird also der Prüfraum für die laufende Fabrikation, nicht jedoch das Forschungslaboratorium sein. Hochspannungsprüfanlagen mit Induktionsregler werden daher im allgemeinen mehr für die Prüfung von Kabellängen von nicht unerheblicher Kapazität verwendet werden, und es ist also bei ihrer Errichtung und bei ihrem Betriebe auf die durch die Kapazität bedingten eigenartigen Verhältnisse um so mehr Rücksicht zu nehmen.

Der Zweck des vorliegenden Aufsatzes ist es, die Betriebsverhältnisse bei Hochspannungs-Kabelprüfanlagen mit Induktionsregler zu klären. Da das Wesentliche der Verhältnisse auch bei Vernachlässigung der Verluste in den Maschinen und im Kabel hervortritt, ferner der durch diese Vernachlässigung entstehende Fehler im allgemeinen nicht groß ist und schließlich hierdurch die Formeln bedeutend vereinfacht werden, ist die rechnerische Behandlung der Aufgabe unter dieser Vernachlässigung durchgeführt, d. h. es sind sämtliche ohmschen Widerstände und Eisenverluste gleich Null gesetzt und die Belastung durch das Kabel als rein kapazitiv angenommen. Die gesamte Rechnung wird zunächst für symmetrische dreiphasige Belastung durchgeführt. Dann wird besprochen, inwieweit sich die Verhältnisse bei einphasiger Belastung ändern. Von besonderem Interesse ist weiterhin die Änderung der Strom- und Spannungsverhältnisse beim Durchschlag des Prüfstückes, da auf dieser eine selbsttätige Abschaltvorrichtung, die beim Durchschlag des Prüfstückes die Anlage abschaltet, aufgebaut werden kann.

Die Schaltung einer dreiphasigen Hochspannungs-Kabelprüfanlage mit Induktionsregler ist in Abb. 1 schematisch für eine Phase dargestellt. Der Rotor des in Stern geschaltet gedachten Induktionsreglers ist wie normal als Erregerwicklung an das Netz angeschlossen, während der Stator als Zusatzwicklung dient. Die Summe von Netzspannung und Zusatzspannung heiße die geregelte Spannung des Induktionsreglers $\mathfrak{E}_{reg}$, während die am Rotor angelegte ungeregelte Netzspannung mit $\mathfrak{E}_n$ bezeichnet werde. An die geregelte Spannung des Induktionsreglers ist die Niederspannungswicklung des Hochspannungstransformators angeschlossen und an dessen Hochspannungswicklung das zu prüfende Kabel. Die in der Folge durchgeführten Rechnungen sind mit Hilfe von Vektoren darstellenden komplexen Zahlen durchgeführt, u. zw. bezeichnen die deutschen Buchstaben den Vektor, d. h. die komplexe Zahl, und die entsprechenden Lateinbuchstaben seine bzw. deren Absolutwert. Zur einfachen und raschen Untersuchung der Verhältnisse in der Hochspannungs-Prüfanlage sind zunächst möglichst einfache Gleichungen, die die Arbeitsweise des Induktionsreglers beschreiben, nötig. Der Verfasser bringt im folgenden eine einfache Behandlungsweise des Induktionsreglers, die, soweit ihm bekannt ist, neu ist, und er beschränkt sich daher zunächst nicht auf einen verlustlosen Induktionsregler und rein kapazitive Belastung, sondern behandelt den ganz allgemeinen Fall eines mit Verlusten behafteten Induktionsreglers bei beliebiger Belastung. Die oben angegebenen Vereinfachungen werden dann in den aufgestellten allgemein gültigen Gleichungen vorgenommen.

Zusammenstellung der Formelzeichen.

$\mathfrak{E}_n$, E_n ungeregelte (Netz-) Spannung, an welche der Rotor des Induktionsreglers angeschlossen wird, in Volt;

$\mathfrak{E}_{reg}$, E_{reg} geregelte Spannung des Induktionsreglers, an welche der Transformator angeschlossen wird;

$\mathfrak{E}_{0r}$ im Rotor des Induktionsreglers induzierte EMK;

$\mathfrak{E}_{0s}$ im Stator des Induktionsreglers induzierte EMK;

$E_{k_{nen}}$ Nennspannung des Hochspannungstransformators auf der Niederspannungseite;

E_{kr} kritische Spannung, unterhalb welcher die Strombelastbarkeit der Anlage nicht voll ausgenutzt werden kann, auf die Niederspannungseite reduziert;

E_{reg}^* geregelte Spannung des Induktionsreglers nach erfolgtem Durchschlag des Prüfstückes;

$\mathfrak{J}_r$ Strom im Rotor des Induktionsreglers in Amp.;

$\mathfrak{J}_s$ Strom im Stator des Induktionsreglers gleich dem Strom auf der geregelten Seite;

$\mathfrak{J}_m$ Magnetisierungstrom des Induktionsreglers;

$\mathfrak{J}_n$ bzw. I_n Strom des Induktionsreglers auf der ungeregelten (Netz-) Seite;

$\mathfrak{J}_k$ bzw. I_k das Prüfstück (Kabel) durchfließender Strom, auf die Niederspannungseite reduziert, gleich dem Strom des Induktionsreglers auf der geregelten Seite;

$\mathfrak{J}_{m_{Leer}}$, $I_{m_{Leer}}$ Magnetisierungstrom des Induktionsreglers bei Leerlauf;

$I_{k_{nen}}$ Nennstrom des Transformators auf der Niederspannungseite;

I_k^* geregelter Strom des Induktionsreglers nach Durchschlag des Prüfstückes;

I_n^* ungeregelter (Netz-) Strom nach Durchschlag des Prüfstückes;

$I_{k_{max}}^*$ größtmöglicher Kurzschlußstrom auf der geregelten Seite;

$I_{n_{max}}^*$ größtmöglicher Kurzschlußstrom auf der ungeregelten Seite;

$\mathfrak{Z}_r$ Streuimpedanz des Rotors des Induktionsregler in Ohm;

$\mathfrak{Z}_s$ Streuimpedanz des Stators des Induktionsreglers;

$\mathfrak{Z}_m$ Magnetisierungsimpedanz;

$\mathfrak{Z}_{ind}$ Gesamtimpedanz des Induktionsreglers;

X_r Streureaktanz des Rotors des Induktionsreglers in Ohm;

X_s Streureaktanz des Stators des Induktionsreglers;

X_{ind} Gesamtreaktanz des Induktionsreglers;

X_m Magnetisierungsreaktanz des Induktionsreglers;

X_t Gesamtreaktanz des Transformators, auf die Niederspannungseite bezogen;

c Betriebskapazität des geprüften Kabels je Phase in Mikrofarad;

c_{nen} der Nennspannung $E_{k_{nen}}$ und dem Nennstrom $I_{k_{nen}}$ entsprechende hochspannungseitig anzuschließende Kapazität;

[1] Siehe z. B. Rüdenberg, Elektrische Schaltvorgänge; Fraenkel, Theorie der Wechselströme; beide im Verlag von Julius Springer Berlin. Mandl, El. u. Maschinenb. Bd. 44, S. 577.

[2] Fabinger, Elektrotechnický Obzor 1925, S. 629, 640, 661, 678 u. 693.

[3] L. Tschiassny, ETZ 1928, S. 978.

Digitized by Google

c_{Leist} einer beliebigen Spannung und dem Nennstrom $J_{k_{\text{nen}}}$ entsprechende hochspannungseitig anzuschließende Kapazität;
c_{kr} kritische Kapazität für Spannungsresonanz;
c_0 kritische Kapazität für Stromresonanz;
u Verhältnis von Statorwindungszahl zu Rotorwindungszahl im Induktionsregler;
$\ddot{u}$ Übersetzungsverhältnis des Transformators;
$\mathfrak{v} = v\,\varepsilon^{j\varphi}$ Übersetzungsverhältnis der Spannungen im Induktionsregler;
$\mathfrak{v}' = v'\,\varepsilon^{j\varphi'}$ Übersetzungsverhältnis der Ströme im Induktionsregler;
$v_{\max}$ maximales Übersetzungsverhältnis des Induktionsreglers;
α Verdrehungswinkel des Rotors des Induktionsreglers aus seiner Nullage, elektrisch gemessen;
$\omega = 2\pi f$ Kreisfrequenz;
$b = \omega\,\ddot{u}^2 . 10^{-6}$ Hilfsgröße;
$\mathfrak{A} = A\,\varepsilon^{j\alpha_0} = 1 + \frac{\mathfrak{Z}_r}{\mathfrak{Z}_m}$ Hilfsgröße;
p relativer Spannungsabfall der geregelten Spannung beim Durchschlag des Prüfstückes.

Gleichungen für die Arbeitsweise des Drehstrom-Induktionsreglers bei beliebiger symmetrischer dreiphasiger Belastung.

Der Induktionsregler werde nach der in Abb. 1 angegebenen Weise verwendet. Der Rotor wird als Erregerwicklung ans Netz angeschlossen, der Stator dient als Zusatzwicklung. Das Übersetzungsverhältnis zwischen Stator- und Rotorwicklung sei u, d. h. die Statorwindungszahl ist u-mal so groß als die Rotorwindungszahl. Der Rotor sei aus seiner Grundstellung, bei der Rotor- und Statorwicklung in Opposition sind, um den Winkel α (elektrisch gemessen) verdreht. Im Rotor fließe der Strom $\mathfrak{Z}_r$, im Stator der Strom $\mathfrak{Z}_s$; bezüglich ihrer Richtung vgl. Abb. 1. Stellt

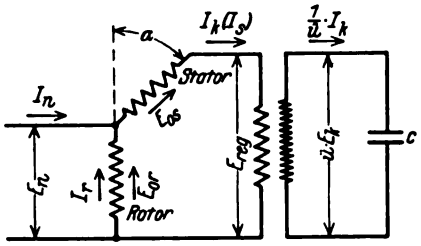


Abb. 1. Schaltung der untersuchten Hochspannungsprüfanlage je Phase.

man die Wirkungsweise des Induktionsreglers mit Hilfe der Spulenstreuung dar[4] und bedeutet $\mathfrak{E}_{0r}$ die im Rotor, $\mathfrak{E}_{0s}$ die im Stator erzeugte EMK und $\mathfrak{Z}_m$ den auf die Rotorwicklung bezogenen Magnetisierungstrom des Induktionsreglers, so erhält man die Gleichungen

$$\mathfrak{E}_{0s} = u\,\varepsilon^{j\alpha}\,\mathfrak{E}_{0r} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$\mathfrak{Z}_m = \mathfrak{Z}_r + u\,\varepsilon^{-j\alpha}\,\mathfrak{Z}_s \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$\mathfrak{E}_n = \mathfrak{E}_{0r} - \mathfrak{Z}_r\,\mathfrak{Z}_r \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

$$\mathfrak{E}_{reg} = \mathfrak{E}_n + \mathfrak{E}_{0s} - \mathfrak{Z}_s\,\mathfrak{Z}_s \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

$$\mathfrak{E}_{0r} = -\mathfrak{Z}_m\,\mathfrak{Z}_r \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

$$\mathfrak{Z}_n = \mathfrak{Z}_s - \mathfrak{Z}_r \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Hierbei ist $\mathfrak{Z}_r$ die vektorielle Summe von Streureaktanz und ohmschem Widerstand des Rotors, $\mathfrak{Z}_s$ der analoge Wert für den Stator. $\mathfrak{Z}_m$ ist eine fiktive Größe, welche den Magnetisierungstrom der Größe und Phase nach bestimmt. Zu beachten ist, daß die Impedanzen $\mathfrak{Z}_r$, $\mathfrak{Z}_s$ und $\mathfrak{Z}_m$ für einen gegebenen Induktionsregler nicht vollkommen konstant sind, sondern in Abhängigkeit von dem Verdrehungswinkel α etwas schwanken. Die durch die Gl. (1)...(6) gegebene Darstellung der Arbeitsweise des Induktionsreglers läßt sich nun in einer, wenigstens soweit dem Verfasser bekannt ist, neuartigen Weise vereinfachen. Wir betrachten zunächst das Verhalten des Induktionsreglers im Leerlauf. Der Statorstrom hat die Größe Null, $\mathfrak{Z}_{s\text{Leer}} = 0$. Der den Rotor durchfließende Strom ist der Magnetisierungsstrom bei Leerlauf $\mathfrak{Z}_{m\text{Leer}}$ und

$$\mathfrak{Z}_{r\text{Leer}} = \mathfrak{Z}_{m\text{Leer}}.$$

[4] Siehe Schait, Der Drehstrom-Induktionsregler. Verlag Julius Springer, Berlin 1927.

Setzt man den Ausdruck $1 + \frac{\mathfrak{Z}_r}{\mathfrak{Z}_m}$ gleich $\mathfrak{A}$,

$$\mathfrak{A} = A\,\varepsilon^{j\alpha_0} = 1 + \frac{\mathfrak{Z}_r}{\mathfrak{Z}_m}, \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

so erhält man aus den Gl. (1)...(6)

$$\mathfrak{Z}_{m\text{Leer}} = -\frac{\mathfrak{E}_n}{\mathfrak{A}\,\mathfrak{Z}_m} \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

$$\mathfrak{E}_{reg\,\text{Leer}} = \mathfrak{v}\,\mathfrak{E}_n, \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

wobei

$$\mathfrak{v} = v\,\varepsilon^{j\varphi} = 1 + \frac{u}{A}\,\varepsilon^{j(\alpha-\alpha_0)} \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

gewissermaßen als vektorielles Übersetzungsverhältnis des Induktionsreglers eingeführt werde. Die Abhängigkeit des $\mathfrak{v}$ vom Verdrehungswinkel α des Rotors ist in Abb. 2 dargestellt, wenn von der geringen Abhängigkeit

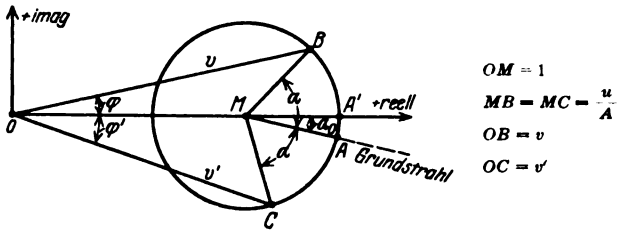


Abb. 2. Abhängigkeit der Übersetzungsverhältnisse v und v' vom Verdrehungswinkel α des Rotors.

der Werte A und α_0 von α abgesehen wird. Die Strecke OM habe die Größe 1. Durch den Punkt M ist unter dem Winkel $-\alpha_0$ gegen die reelle Achse der Grundstrahl MA gelegt. Um den Winkel α gegen den Grundstrahl verdreht ist der Vektor MB von der Größe $|MB| = \left|\frac{u}{A}\right|$ gezogen. Der Vektor $\vec{OB}$ ist nun der Vektor $\mathfrak{v}$. In Abhängigkeit vom Winkel α bewegt sich der Endpunkt B des Vektors $\mathfrak{v}$ auf dem Kreise BAC. Es ergibt sich

$$v = \sqrt{1 + 2\,\frac{u}{A}\cos(\alpha - \alpha_0) + \left(\frac{u}{A}\right)^2} \quad \ldots \quad (11)$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\frac{u}{A}\sin(\alpha - \alpha_0)}{1 + \frac{u}{A}\cos(\alpha - \alpha_0)}. \quad \ldots\ldots \quad (11a)$$

Zu bemerken ist, daß der Winkel α_0 ziemlich klein ist. Die Magnetisierungsimpedanz $\mathfrak{Z}_m$ ist nämlich bei der üblichen Bauart der Induktionsregler viel größer als die Impedanz $\mathfrak{Z}_r$, daher ist der Bruch $\frac{\mathfrak{Z}_r}{\mathfrak{Z}_m}$ bedeutend kleiner als 1 und, wie man aus Gl. (7) ersieht, ist daher α_0 klein. Ist der Induktionsregler verlustlos, so sind sowohl $\mathfrak{Z}_r$ als auch $\mathfrak{Z}_m$ rein imaginär und somit $\mathfrak{A}$ reell oder $\alpha_0 = 0$. Der Punkt A fällt für den verlustlosen Induktionsregler in den Punkt A'.

Gehen wir nun zum Belastungsfalle über und führen wir die Gl. (7)...(10) in die Gl. (1)...(6) ein, so erhalten wir

$$\mathfrak{Z}_n = -\mathfrak{Z}_{m\text{Leer}} + \mathfrak{v}'\,\mathfrak{Z}_s \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

und

$$\mathfrak{E}_{reg} = \mathfrak{v}\,\mathfrak{E}_n - \mathfrak{Z}_s\,\mathfrak{Z}_{ind}, \quad \ldots\ldots \quad (13)$$

wobei

$$\mathfrak{v}' = v'\,\varepsilon^{j\varphi'} = 1 + \frac{u}{A}\,\varepsilon^{-j(\alpha+\alpha_0)} \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

und

$$\mathfrak{Z}_{ind} = \mathfrak{Z}_s + \frac{u^2\,\mathfrak{Z}_r}{\mathfrak{A}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

ist. Die Größe $\mathfrak{v}'$ ist gewissermaßen das vektorielle Übersetzungsverhältnis der Ströme. Der Strom $\mathfrak{Z}_n$ auf der ungeregelten Seite ist die vektorielle Summe des negativen Magnetisierungsstroms bei Leerlauf ($-\mathfrak{Z}_{m\text{Leer}}$) und des mit dem Übersetzungsverhältnis $\mathfrak{v}'$ reduzierten Stromes $\mathfrak{Z}_s$ auf der geregelten Seite [Gl. (12)]. Trägt man in Abb. 2 unter dem Winkel $-\alpha$ gegen den Grundstrahl die Strecke $MC = \frac{u}{A}$ auf, so erhält man in dem Vektor $\vec{OC}$ das vektorielle Übersetzungsverhältnis $\mathfrak{v}'$. Der Endpunkt C des Vektors $\mathfrak{v}'$ bewegt sich in Abhängigkeit von α auf

Digitized by Google

demselben Kreise wie der Endpunkt B des Vektors $\mathfrak{v}$. Es ergibt sich

$$v' = \sqrt{1 + 2\frac{u}{A}\cos(\alpha+\alpha_0) + \left(\frac{u}{A}\right)^2} \quad \ldots \quad (16)$$

$$\operatorname{tg}\varphi' = -\frac{\frac{u}{A}\sin(\alpha+\alpha_0)}{1+\frac{u}{A}\cos(\alpha+\alpha_0)} \quad \ldots \quad (16a)$$

Da der Winkel α_0 klein ist, ist die Absolutgröße von $\mathfrak{v}'$ von der Absolutgröße von $\mathfrak{v}$ nicht stark verschieden; das gleiche gilt für die Absolutgröße der Phasenwinkel φ und φ'. Für den verlustlosen Induktionsregler, für den $\alpha_0 = 0$ ist, ist $v' = v$ und $|\varphi'| = |\varphi|$.

Die durch Gl. (15) gegebene Größe $\mathfrak{Z}_{ind}$ kann als Gesamtimpedanz des Induktionsreglers angesehen werden. Die Spannung auf der geregelten Seite $\mathfrak{E}_{reg}$ hat die Größe: Übersetzungsverhältnis der Spannungen $\mathfrak{v}$ mal Spannung auf der ungeregelten Seite $\mathfrak{E}_n$, vermindert um den Spannungsabfall im Induktionsregler, der dem Produkt der Gesamtimpedanz $\mathfrak{Z}_{ind}$ mit dem Belastungstrom $\mathfrak{J}_s$ gleich ist [Gl. (13)].

Die die Arbeitsweise des Induktionsreglers beschreibenden Gl. (12) und (13) haben dieselbe Form wie die das Verhalten eines Transformators beschreibenden Gleichungen. Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß das Übersetzungsverhältnis $\mathfrak{v}$ für die Spannungen von dem Übersetzungsverhältnis $\mathfrak{v}'$ für die Ströme verschieden ist und daß ferner die Übersetzungsverhältnisse beim Induktionsregler Vektoren sind. Für die Grundstellung des Rotors ($\alpha = 0$) entfällt jedoch diese Verschiedenheit und Gl. (12) und (13) werden mit den Gleichungen für einen Transformator identisch.

Berücksichtigt man die Veränderlichkeit von $\mathfrak{Z}_r$, $\mathfrak{Z}_s$ und $\mathfrak{Z}_m$, dann muß in Abb. 2 der Kreis BAC durch eine sich um ihn schlängelnde Kurve ersetzt werden. Es sind weiter auch α_0, $\mathfrak{Z}_{m\,Leer}$ und $\mathfrak{Z}_{ind}$ von α abhängig. Eine Untersuchung, inwieweit diese Abhängigkeit für eine ganz genaue Darstellung der Arbeitsweise des Induktionsreglers berücksichtigt werden muß und inwieweit sie vernachlässigt werden darf, überschreitet den Rahmen der vorliegenden Arbeit. Für die weiteren Untersuchungen sollen $\mathfrak{Z}_r$, $\mathfrak{Z}_s$, $\mathfrak{Z}_m$, A und α_0 als konstant angesehen werden; die abgeleiteten Formeln haben aber auch bei Veränderlichkeit dieser Größen sinnentsprechend Gültigkeit.

Verhältnisse in der Prüfanlage bei normalem Betrieb bei dreiphasiger symmetrischer Belastung.

Gehen wir zur Untersuchung der Verhältnisse in der Hochspannungsprüfanlage über, so interessiert uns das Verhalten des Induktionsreglers nur insoweit, als es nach außen hin zur Wirksamkeit kommt. Die Gl. (8), (12) und (13) sind also die allein in Betracht kommenden Gleichungen. Außer von den Größen A, $\mathfrak{Z}_m$ und $\mathfrak{Z}_{ind}$ hängt die Wirkungsweise des Induktionsreglers nur noch von den Übersetzungsverhältnissen $\mathfrak{v}$ und $\mathfrak{v}'$ ab. Unter den zu treffenden Vernachlässigungen ist der Absolutwert von $\mathfrak{v}$ und $\mathfrak{v}'$ gleichgroß. Wie sich ferner zeigen wird, kommt es bloß auf diesen Wert $v = v'$ und nicht auf die Größe der Winkel φ und φ' an. Es ist also für die Wirkungsweise des Induktionsreglers belanglos, wie ein bestimmtes Übersetzungsverhältnis v zustande kommt, ob bei kleinem Wicklungs-Übersetzungsverhältnis u durch geringe Verdrehung des Rotors oder bei größerem u durch größere Verdrehung des Rotors. Für die Wahl des Wicklungs-Übersetzungsverhältnisses u kommt also bloß der Umstand in Betracht, das Übersetzungsverhältnis v in möglichst weiten Grenzen ändern zu können. Für $u = A$ läßt sich v zwischen 2 und 0 beliebig variieren. Aber auch für $u = 1$ ist die Variationsmöglichkeit nicht um vieles geringer, da dann v zwischen $1 + \frac{1}{A}$ und $1 - \frac{1}{A}$ geändert werden kann und $\frac{1}{A}$ bei der normalen Bauart der Induktionsregler nur um ein geringes kleiner ist als 1. Es wird sich also empfehlen, Induktionsregler mit dem einfachen Wicklungs-Übersetzungsverhältnis $u = 1$ zu verwenden. Es soll aber ausdrücklich betont werden, daß die im folgenden abgeleiteten Ergebnisse für jedes beliebige Wicklungs-Übersetzungsverhältnis u gelten, da in den Endgleichungen (24)...(31) bloß die Größe v vorkommt.

Vernachlässigt man beim Induktionsregler sämtliche ohmschen Widerstände und die Eisenverluste, so vereinfachen sich die Gl. (8)...(15). Wie schon erläutert, wird vor allem der Absolutwert des Übersetzungsverhältnisses v' der Ströme und v der Spannungen gleichgroß und soll im folgenden mit v bezeichnet werden, ferner wird $\varphi = -\varphi'$. Endlich werden die Gesamtimpedanz des Induktionsreglers $\mathfrak{Z}_{ind}$ und die Magnetisierungsimpedanz $\mathfrak{Z}_m$ rein imaginär und haben die Größe

$$\mathfrak{Z}_{ind} = j X_{ind}, \qquad \mathfrak{Z}_m = j X_m,$$

wobei X_m die Magnetisierungsreaktanz und

$$X_{ind} = X_s + \frac{u^2}{A} X_r$$

die Gesamtreaktanz des Induktionsreglers bedeuten. Gl. (8), (12) und (13) erhalten nun folgende Form:

$$\mathfrak{Z}_{m\,Leer} = j\frac{\mathfrak{E}_n}{A X_m} \quad \ldots \quad (17)$$

$$\mathfrak{Z}_n = -\mathfrak{Z}_{m\,Leer} + v\,\varepsilon^{-j\varphi}\,\mathfrak{Z}_s \quad \ldots \quad (18)$$

$$\mathfrak{E}_{reg} = v\,\varepsilon^{j\varphi}\,\mathfrak{E}_n - \mathfrak{Z}_s\, j X_{ind} \quad \ldots \quad (19)$$

An den Induktionsregler ist ein Dreiphasentransformator angeschlossen, dessen Übersetzungsverhältnis mit $\ddot{u}$ bezeichnet werden möge. Die am Kabel liegende Spannung sowie der dasselbe durchfließende Strom werde auf die Niederspannungsseite reduziert und mit $\mathfrak{E}_k$ bzw. $\mathfrak{J}_k$ bezeichnet. Statt $\mathfrak{J}_s$ ist somit in Gl. (18) und (19) $\mathfrak{J}_k$ einzusetzen. Die am Kabel tatsächlich liegende Spannung ist $\ddot{u}\,\mathfrak{E}_k$, der das Kabel tatsächlich durchfließende Strom $\frac{1}{\ddot{u}}\mathfrak{J}_k$. Es sei b die Größe

$$b = \omega\,\ddot{u}^2 . 10^{-6},$$

wobei

$$\omega = 2\pi f$$

und f die Frequenz ist. Die Kapazitäten sind in Mikrofarad einzusetzen.

Die maximale Spannung, für welche der Transformator gebaut ist, d. h. seine Nennspannung, betrage niederspannungseitig $E_{k\,nen}$ und somit hochspannungseitig $\ddot{u}\,E_{k\,nen}$; der maximal zulässige Strom für die Wicklungen, d. i. der Nennstrom, betrage niederspannungseitig $I_{k\,nen}$ und hochspannungseitig $\left(\frac{1}{\ddot{u}}\,I_{k\,nen}\right)$. Die Größe des Induktionsreglers sei der Größe des Transformators angepaßt. Die bei der maximal erzielbaren Spannung $\ddot{u}\,E_{k\,nen}$ mit Rücksicht auf die Leistungsfähigkeit der Maschinen hochspannungseitig anhängbare Kapazität c_{nen} hat die Größe

$$c_{nen} = \frac{I_{k\,nen}}{b\,E_{k\,nen}} \quad \ldots \quad (20)$$

Bei einer kleineren Spannung $\ddot{u}\,E_k$ beträgt nun die dem gleichen Belastungstrom $I_{k\,nen}$ entsprechende Kapazität

$$c_{Leist} = c_{nen}\frac{E_{k\,nen}}{E_k} \quad \ldots \quad (21)$$

Die mit Rücksicht auf die Leistung der Maschinen anhängbare Kapazität ist der Prüfspannung $\ddot{u}\,E_k$ verkehrt proportional. In Abb. 3 ist die Beziehung zwischen c_{Leist} und E_k dargestellt.

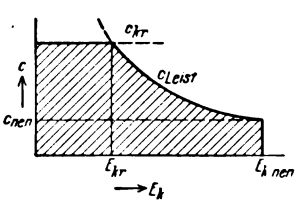


Abb. 3. Abhängigkeit der anschließbaren Kapazität c_{Leist} von der Höhe der Prüfspannung E_k.

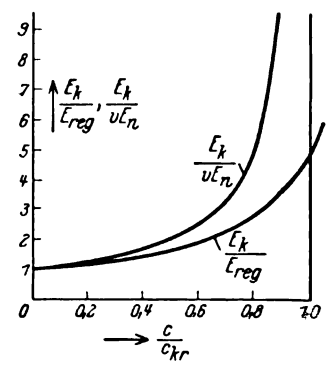


Abb. 4. Abhängigkeit der Verhältnisse E_k/vE_n und E_k/E_{reg} von c/c_{kr}

Für die weitere Rechnung sei der Magnetisierungsstrom des Transformators vernachlässigt, ebenso seine ohmschen Widerstände und Eisenverluste. Seine gesamte auf die Niederspannungseite bezogene Streureaktanz habe die Größe $j X_t$. Es gelten die Beziehungen

$$\mathfrak{E}_k = -\frac{1}{b\,c}\,j\,\mathfrak{J}_k \quad \ldots \quad (22)$$

$$\mathfrak{E}_k = \mathfrak{E}_{reg} - \mathfrak{J}_k\, j X_t \quad \ldots \quad (23)$$

Digitized by Google

Das Verhalten der Hochspannungsprüfanlage ist nun vollständig durch die Gl. (18), (19), (22) und (23) gegeben. Löst man diese Gleichungen in entsprechender Weise nach $\mathfrak{E}_k$, $\mathfrak{E}_{reg}$, $\mathfrak{J}_k$ und $\mathfrak{J}_n$ auf und nimmt dann die Absolutwerte, so erhält man

$$\mathfrak{E}_k = \varepsilon^{+j\varphi} \frac{r\,\mathfrak{E}_n}{1-\frac{c}{c_{kr}}} \quad \text{bzw.} \quad E_k = \frac{r\,E_n}{1-\frac{c}{c_{kr}}} \quad . \quad (24)$$

$$\mathfrak{E}_{reg} = \varepsilon^{+j\varphi} v\,\mathfrak{E}_n \frac{1-b\,c\,X_t}{1-\frac{c}{c_{kr}}} \quad \text{bzw.} \quad E_{reg} = v\,E_n \frac{1-b\,c\,X_t}{1-\frac{c}{c_{kr}}} \quad (25)$$

$$\mathfrak{E}_k = \frac{\mathfrak{E}_{reg}}{1-b\,c\,X_t} \quad \text{bzw.} \quad E_k = \frac{E_{reg}}{1-b\,c\,X_t} \quad . \quad (26)$$

$$\mathfrak{J}_k = j\,\varepsilon^{+j\nu}\, v\,\mathfrak{E}_n \frac{\frac{b\,c}{c}}{1-\frac{c}{c_{kr}}} \quad \text{bzw.} \quad I_k = v\,E_n \frac{\frac{b\,c}{c}}{1-\frac{c}{c_{kr}}} \quad (27)$$

$$\mathfrak{J}_n = j\left(\frac{\mathfrak{E}_n}{E_n}\right)[-I_{m\,Leer} + v\,I_k] \quad \text{bzw.} \quad I_n = -I_{m\,Leer} + v\,I_k \quad (28)$$

$$\mathfrak{J}_n = j\,\mathfrak{E}_n \frac{1}{A\,X_m} \frac{\frac{c}{c_0}-1}{1-\frac{c}{c_{kr}}} \quad \text{bzw.} \quad I_n = \frac{E_n}{A\,X_m} \frac{\frac{c}{c_0}-1}{1-\frac{c}{c_{kr}}} \quad . \quad (29)$$

In diesen Gleichungen sind zur Abkürzung die die Dimension einer Kapazität habenden Größen c_{kr} und c_0 eingeführt:

$$c_{kr} = \frac{1}{b\,(X_{ind}+X_t)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (30)$$

$$\frac{1}{c_0} = \frac{1}{c_{kr}} + A\,X_m\,b\,v^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31)$$

Wir gehen nun zur Diskussion der erhaltenen Gleichungen und der Verhältnisse in der Hochspannungsprüfanlage über. Gl. (24) stellt die Beziehung zwischen der auf die Niederspannungsseite bezogenen Prüfspannung E_k, der Netzspannung E_n und dem Übersetzungsverhältnis v des Induktionsreglers dar. Während bei Leerlauf der Prüfanlage die Spannung E_k gleich dem Produkt aus der Spannung E_n und dem Übersetzungsverhältnis v ist, ist dies bei angehängter Kapazität nicht mehr der Fall, die Spannung E_k ist größer als bei Leerlauf. Um also bei angehängter Kapazität hochspannungseitig dieselbe Spannung zu erzielen wie bei Leerlauf, muß man Induktionsregler ein kleineres Übersetzungsverhältnis v eingestellt werden als bei Leerlauf. In Abb. 4 ist die Art der Beziehung zwischen E_k/vE_n und c ersichtlich gemacht. Das Verhältnis E_k/vE_n steigt mit wachsender Kapazität immer mehr, um bei $c = c_{kr}$ unendlich groß zu werden. D. h. um für $c = c_{kr}$ am Prüfstück dieselbe Spannung wie bei Leerlauf zu erhalten, müßte $v = 0$ gewählt werden. Es entsteht also ohne äußeren Impuls am Kabel eine Spannung; die Kapazität des Kabels ist mit der Induktivität des Induktionsreglers und Transformators in Resonanz getreten. Dieser Fall heißt der Fall der Spannungsresonanz und die zur Erzielung desselben nötige Kapazität c_{kr} kritische Kapazität. Berücksichtigt man die Verluste in den Maschinen, so ergibt sich für $c = c_{kr}$ das Verhältnis E_k/vE_n nicht mehr unendlich groß, weist jedoch noch immerhin eine ganz erhebliche Größe auf. Es ist klar, daß ein Betrieb der Prüfanlage für Kapazitäten, die der kritischen Kapazität nahekommen, unmöglich wird. Die kritische Kapazität bildet somit eine obere Grenze der an die Prüfanlage anschließbaren Kapazität. Inwieweit man sich dieser Grenze nähern darf, hängt von der gewünschten genauen Einstellbarkeit der Spannung und den Eigenschaften der verwendeten Maschinen ab.

In Abb. 3 ist die der kritischen Kapazität entsprechende zur Abszisse parallele Gerade eingezeichnet. Der Schnittpunkt der Kurve c_{Leist} und der Geraden c_{kr} bestimmt die kritische Spannung E_{kr} von der Größe

$$E_{kr} = E_{k_{nen}} \frac{c_{nen}}{c_{kr}} .$$

Oberhalb dieser Spannung ist die anschließbare Kapazität durch die Strombelastbarkeit der Anlage begrenzt, unterhalb dieser Spannung durch die kritische Kapazität. Je mehr sich die Prüfspannung unterhalb der kritischen Spannung befindet, desto weniger kann man die Strombelastbarkeit der Anlage ausnutzen. Die beschriebenen Verhältnisse sind die gleichen wie bei einer Prüfanlage mit eigenem Generator, wie von Fabinger gezeigt[5]. Der Umstand, daß die kritische Spannung von der Einstellung der Maschinen auf eine gewisse Spannung bei Leerlauf unabhängig ist, d. h. bei einem Generator von der Höhe der Erregung, beim Induktionsregler von der Rotorstellung, ist beim Induktionsregler besonders bemerkenswert. Diese Unabhängigkeit gilt allerdings nur unter der Annahme der Unabhängigkeit von X_{ind} von der Rotorstellung; die in Wirklichkeit vorhandene geringe Abhängigkeit äußert sich jedoch bloß durch Schwanken um einen Mittelwert.

Wir gehen nun zur Diskussion der übrigen Gleichungen über. Aus Gl. (25) ist ersichtlich, um wieviel bei ein und derselben Stellung des Induktionsreglers die geregelte Spannung bei Anschluß einer Kapazität gegenüber dem bei Leerlauf auftretenden Werte $v\,E_n$ steigt. Schließlich zeigt Gl. (26) an, um wieviel die Spannung $\ddot{u}\,E_k$ am Prüfstück größer ist als die nach dem Übersetzungsverhältnis $\ddot{u}$ des Transformators und der auf der geregelten Seite des Induktionsreglers herrschenden Spannung E_{reg} ohne Berücksichtigung des Einflusses der Kapazität zu erwartende Spannung $\ddot{u}\,E_{reg}$. Die Beziehung zwischen $\frac{E_k}{E_{reg}}$ und c ist aus Abb. 4 ersichtlich.

Die Gl. (27) ... (29) stellen die Stromverhältnisse der Hochspannungsprüfanlage dar. Die Gl. (27) und (29) gestatten bei gegebenem c und v die Ströme I_k bzw. I_n zu berechnen. Die Bedeutung der in Gl. (29) auftretenden und durch Gl. (31) definierten Kapazität c_0 soll näher erklärt werden. Für $c = c_0$ ergibt sich aus Gl. (29), daß der Netzstrom $I_n = 0$ wird, d. h. daß sich die Wirkung der Kapazität des Kabels und die des Magnetisierungstromes des Induktionsreglers gerade aufheben. Dieser Fall heißt die Stromresonanz und c_0 ist die für Stromresonanz nötige Kapazität. Wie aus Gl. (31) ersichtlich ist, ist c_0 immer kleiner als c_{kr} und ist im Gegensatze zu c_{kr} vom Übersetzungsverhältnis v, also von der Drehstellung des Induktionsreglers abhängig, u. zw. wird c_0 um so größer, je kleiner v wird und umgekehrt. Für $v = 0$ erreicht c_0 seinen höchstmöglichen Wert, und es wird $c_0 = c_{kr}$. Auch der Fall der Stromresonanz ist von Fabinger beschrieben, u. zw. handelt es sich um Stromresonanz in einem Kreise, der aus einem Generator, dem Transformator, dem zu prüfenden Kabel und einer parallel zum Transformator an den Generator bzw. hochspannungseitig parallel zum Kabel angeschalteten Drosselspule besteht. Im Gegensatz zur Anlage mit Induktionsregler ist jedoch die Kapazität c_0 konstant und von der Erregung des Generators unabhängig.

Gl. (28) stellt die Beziehung zwischen dem Strom auf der geregelten Seite I_k und dem Strom auf der ungeregelten Seite I_n dar. Der Strom auf der ungeregelten Seite I_n ist die algebraische (nicht vektorielle) Summe von Magnetisierungstrom des Induktionsreglers bei Leerlauf $I_{m\,Leer}$ und dem mit dem Übersetzungsverhältnis des Induktionsreglers reduzierten Strom auf der geregelten Seite I_k.

Verhältnisse in der Prüfanlage nach dreiphasigem Durchschlag des Prüfstückes bei dreiphasiger symmetrischer Belastung.

Während wir uns bis jetzt bloß mit den Verhältnissen bei normalem Betriebe der Hochspannungsanlage beschäftigt haben, sollen nun die Strom- und Spannungsverhältnisse nach einem Durchschlag des Prüfstückes betrachtet werden. Die Untersuchung dieser Verhältnisse ist wichtig, da man bei Hochspannungsprüfanlagen jederzeit eines Durchschlages des Prüfstückes gewärtig sein muß; außerdem werden Prüfanlagen auch zum Durchschlagen von Prüfstücken benutzt. Es sollen die Verhältnisse nur für dreiphasigen Durchschlag berechnet werden, da einerseits die Behandlung der Aufgabe für nicht dreiphasigen Durchschlag ziemlich kompliziert ist, anderseits das Wesen der Verhältnisse bei dreiphasigem und nicht dreiphasigem Durchschlag das gleiche ist, wie noch besprochen werden soll. Die Werte der Ströme und Spannungen nach dem Durchschlag des Prüfstückes seien durch einen hinzugefügten Stern bezeichnet. Vorausgesetzt ist, daß die Netzspannung E_n beim Durchschlag unverändert bleibt und nicht abfällt. Setzt man in den Gl. (25), (27) und (29) $c = \infty$, was einem hochspannungseitigen Kurzschluß gleichkommt, so erhält man

$$E_{reg}^* = v\,b\,X_t\,c_{kr}\,E_n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (32)$$

$$I_k^* = -\,v\,b\,c_{kr}\,E_n \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (33)$$

$$I_n^* = -\,\frac{c_{kr}}{c_0}\,\frac{E_n}{A\,X_m} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

[5] Wie Fußnote 2.

Digitized by Google

bzw. aus Gl. (28) und (33)

$$I_n^* = -I_{m\,\mathrm{Leer}} - v^2\, b\, c_{\mathrm{kr}}\, E_n \quad \ldots\ldots \quad (35)$$

Vor allem interessieren Gl. (33) und (35). Diese Gleichungen geben den Kurzschlußstrom, welcher einem bestimmten Übersetzungsverhältnis v und somit einem bestimmten Verdrehungswinkel α des Induktionsreglers entspricht. Aus Gl. (33) ergibt sich, daß der Kurzschlußstrom I_k^* auf der geregelten Seite dem jeweiligen Übersetzungsverhältnis des Induktionsreglers v proportional ist. Der größte Kurzschlußstrom $I_{k\,\mathrm{max}}^*$ tritt für das größte Übersetzungsverhältnis v_{max} auf, und da $v_{\mathrm{max}}\, E_n = E_{k\,\mathrm{nen}}$ ist, so ist

$$I_{k\,\mathrm{max}}^* = b\, c_{\mathrm{kr}}\, E_{k\,\mathrm{nen}} = \frac{c_{\mathrm{kr}}}{c_{\mathrm{nen}}}\, I_{k\,\mathrm{nen}} \quad \ldots \quad (36)$$

Der maximale Kurzschlußstrom ist im Verhältnis der kritischen Kapazität zu der bei Nennspannung für volle Stromausnutzung der Anlage anschließbaren Kapazität größer als der Nennstrom der Anlage. Bei einem kleineren Übersetzungsverhältnis v ist der Kurzschlußstrom im Verhältnis von v kleiner.

Gl. (35) zeigt die Abhängigkeit des Kurzschlußstromes I_n^* auf der ungeregelten Seite vom Übersetzungsverhältnis v. Abgesehen von dem bei großen Strömen zu vernachlässigenden Gliede $(-I_{m\,\mathrm{Leer}})$ ist I_n^* dem Quadrat des Übersetzungsverhältnisses v proportional. Der größte Wert tritt für das maximale Übersetzungsverhältnis v_{max} auf und beträgt

$$I_{n\,\mathrm{max}}^* = -(I_{m\,\mathrm{Leer}} + v_{\mathrm{max}}\, I_{k\,\mathrm{max}}^*) \quad \ldots\ldots \quad (37)$$

Zu bemerken ist, daß die Gl. (32) ... (35) nur gelten, wenn die Netzspannung E_n infolge des Kurzschlusses in der Hochspannungsprüfanlage nicht merklich abfällt; ist dies jedoch wie gewöhnlich der Fall, so ist der Kurzschlußstrom nicht unbedeutend geringer und schätzungsweise zu berechnen, wenn die Größe des Kurzschlußstromes im Netz an der Anschlußstelle der Hochspannungsprüfanlage bekannt ist. Wir wollen aber hierauf nicht näher eingehen.

Es soll nun untersucht werden, inwieweit sich die Strom- und Spannungsverhältnisse beim Durchschlag relativ zu denen bei Betrieb ändern; die Kenntnis dieser Änderungen ist für den Einbau von selbsttätigen Abschaltvorrichtungen wichtig. Es wird gezeigt, daß analog wie bei Hochspannungsprüfanlagen mit eigenem Generator[6], zumindest bei dreiphasigem Durchschlag des Prüfstückes, nicht immer eine Erhöhung des Stromes, sei es des Stromes I_k auf der geregelten oder des Stromes I_n auf der ungeregelten Seite des Induktionsreglers eintreten muß, sondern daß auch eine Erniedrigung des Stromes erfolgen kann, daß jedoch die Spannung E_{reg} auf der geregelten Seite immer abfällt. Durch Division von Gl. (33) durch Gl. (27) bzw. von Gl. (34) durch Gl. (29) erhält man die Gleichungen

$$\frac{I_k^*}{I_k} = 1 - \frac{c_{\mathrm{kr}}}{c} \quad \ldots\ldots \quad (38)$$

$$\frac{I_n^*}{I_n} = \frac{c_{\mathrm{kr}} - c}{c_0 - c} \quad \ldots\ldots \quad (39)$$

und durch Division von Gl. (32) durch Gl. (25) die Gleichung

$$\frac{E_{reg}^*}{E_{reg}} = \frac{b\, X_t (c_{\mathrm{kr}} - c)}{1 - b\, X_t\, c} \quad \ldots\ldots \quad (40\mathrm{a})$$

Führen wir den Begriff des relativen Spannungsabfalls

$$p = \frac{E_{reg} - E_{reg}^*}{E_{reg}}$$

ein, so ergibt sich

$$p = \frac{1 - b\, X_t\, c_{\mathrm{kr}}}{1 - b\, X_t\, c} \quad \ldots\ldots \quad (40\mathrm{b})$$

Die Gl. (38) ... (40) sind mit den bei Hochspannungsanlagen mit eigenem Generator und niederspannungsseitig angeschlossener Drosselspule im erwähnten Aufsatze[7] abgeleiteten vollkommen identisch. Wie dort schon näher besprochen, ergibt sich aus den Gl. (38) und (39), daß der Strom I_k auf der geregelten Seite bzw. der Transformatorstrom nur bei Kapazitäten, die kleiner sind als $\frac{c_{\mathrm{kr}}}{2}$, und der Strom I_n auf der ungeregelten Seite bzw. der Generatorstrom nur bei Kapazitäten, die kleiner sind als $\frac{c_0 + c_{\mathrm{kr}}}{2}$, nach dem Durchschlag steigt, bei höheren Kapazitäten aber fällt. Aus Gl. (40 b) ergibt sich hingegen, daß die Spannung E_{reg} beim Durchschlag für jede Kapazität abfällt, u. zw. um so mehr, je größer die angeschlossene Kapazität ist. Der geringste Spannungsabfall für Durchschlag liegt bei Leerlauf ($c = 0$).

[6] Tschiassny, wie Fußnote 3.
[7] Wie Fußnote 3.

Verhältnis bei einphasiger Belastung der Anlage bzw. einphasigen Anlagen.

Eine Prüfanlage mit Induktionsregler kann auch für einphasige Prüfung von Kabeln verwendet werden. Der Induktionsregler ist hierbei auf der geregelten Seite einphasig belastet, d. h. zwei Phasen desselben sind von Strom durchflossen, während die dritte Phase stromlos ist. Auf der ungeregelten Seite müssen alle drei Phasen des Induktionsreglers an ein Drehstromnetz angeschlossen werden, da bei alleinigem Anschluß zweier Phasen bei größerer Verdrehung des Rotors ein großer Spannungsabfall im Induktionsregler und unmögliche Arbeitsverhältnisse entstehen. Die Rechnung ergibt für die Arbeitsweise des Induktionsreglers bei einphasiger Belastung eine der Beziehung (19) analoge Gleichung. Da auch die Gl. (22) und (23) sinngemäß für einphasige Belastung gelten, sind sämtliche für dreiphasige Belastung abgeleiteten Ergebnisse mit Ausnahme derjenigen, welche sich auf den Strom auf der ungeregelten Seite beziehen, auch für einphasige Belastung gültig; nur die ziffernmäßigen Werte sind anders, da die Reaktanzen für einphasige Belastung eine andere Größe haben als die für dreiphasige Belastung je Phase. Für den Strom auf der ungeregelten Seite ergeben sich für alle drei Phasen Gleichungen von der Form

$$\mathfrak{I}_n = -a\, \mathfrak{I}_{m\,\mathrm{Leer}} + \frac{2}{\sqrt{3}}\, v \sin\vartheta\, \mathfrak{I}_s, \quad \ldots \quad (41)$$

wobei a einen Vektor von der Größe 1 und ϑ einen vom Verdrehungswinkel des Rotors abhängigen Winkel darstellen. Es sind also nicht bloß die zwei der Belastung entsprechenden Phasen, sondern alle drei Phasen von Strom durchflossen. Eine weitere Untersuchung ergibt, daß der maximale Wert des zweiten Gliedes in Gl. (41) für Induktionsregler, deren Wicklungs-Übersetzungsverhältnis u von 1 nicht stark verschieden ist, die Größe $v_{\mathrm{max}}\, \mathfrak{I}_s$ nur um etwa 7,5 % übersteigt. Es treten also bei einphasiger Belastung auf der ungeregelten Seite im Verhältnis zur geregelten Seite nicht wesentlich größere Ströme auf als bei dreiphasiger Belastung.

Verhältnisse bei dreiphasiger Belastung nach nicht dreiphasigem Durchschlag.

Der nicht dreiphasige Durchschlag ist ein Mittelding zwischen vollkommen dreiphasigem Durchschlag und normaler dreiphasiger Belastung. Die Ströme in den einzelnen Phasen haben voneinander verschiedene Werte, deren Größe innerhalb des durch den Strom bei dreiphasigem Durchschlag und den Strom bei dreiphasiger Belastung gegebenen Bereiches einschließlich der Grenzen desselben liegen. Während nun bei kleinen Kapazitäten zumindest in einer Phase beim Durchschlag eine Erhöhung des Stromes eintritt, ist dies bei der Prüfung von größeren Kapazitäten nicht der Fall.

Was den Spannungsabfall anbelangt, läßt sich zeigen, daß auch bei nicht dreiphasigem Durchschlag für jede Art von Durchschlag mindestens für eine der drei zwischen den Klemmen des Induktionsreglers auf der geregelten Seite vorhandenen Spannungen ein Spannungsabfall auftritt. Fassen wir eine bestimmte Art von nicht dreiphasigem Durchschlag ins Auge, so ist wie bei dreiphasigem Durchschlag der Spannungsabfall für kleinere angeschlossene Kapazitäten kleiner und somit bei Leerlauf am kleinsten. Der Spannungsabfall bei nicht dreiphasigem Durchschlag kann nur einen Teil des Spannungsabfalles bei dreiphasigem Durchschlag betragen, ist aber immerhin noch von nicht unerheblicher Größe.

Selbsttätige Abschaltung der Anlage beim Durchschlag des Prüfstückes.

Eine selbsttätige Abschaltvorrichtung in der Prüfanlage, die aus verschiedenen Gründen nötig ist, läßt sich mit Vorrichtungen erzielen, die auf der Veränderung der Strom- und Spannungsverhältnisse in der Prüfanlage aufgebaut sind. Eine auf Stromerhöhung beruhende Einrich-

Digitized by Google

tung versagt bei der Prüfung von größeren Kapazitäten, da, wie gezeigt wurde, der Strom bei Durchschlag nicht fallen muß, sondern auch steigen kann. Hingegen ist eine auf Spannungsabfall beruhende Abschaltvorrichtung immer wirksam.

Eine auf Spannungsabfall beruhende selbsttätige Abschaltvorrichtung für eine einphasige Prüfanlage ist in dem schon mehrfach erwähnten Aufsatz des Verfassers beschrieben. Sie besteht dem Wesen nach aus einem Nullspannungsrelais und einem Potentiometer, durch das die an der Niederspannungsseite des Transformators liegende Spannung auf die Nennspannung des Nullspannungsrelais reduziert wird. Durch den beim Durchschlag auftretenden Abfall des Nullspannungsrelais wird ein Hilfstromkreis betätigt, der die Unterbrechung der Stromzuführungl zum Transformator bewirkt. Der prozentuale Spannungsabfall, bei welchem das Nullspannungsrelais mit Sicherheit anspricht, muß dem geringsten der bei den verschiedenen Möglichkeiten eines Durchschlags auftretenden prozentualen Spannungsabfälle entsprechen.

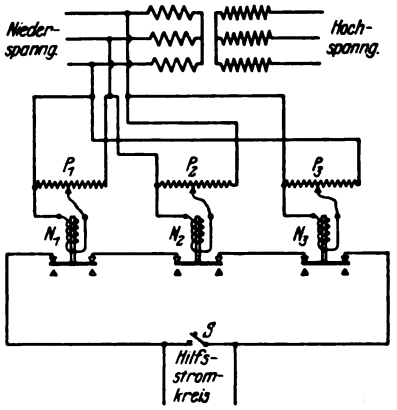


Abb. 5. Selbsttätige Abschaltvorrichtung für eine dreiphasige Prüfanlage.

Um diese Einrichtung für eine dreiphasige Prüfanlage brauchbar zu machen, müssen drei Nullspannungsrelais N_1, N_2, N_3 und drei Potentiometer P_1, P_2, P_3 verwendet werden (Abb. 5). Tritt ein nicht dreiphasiger Durchschlag auf, so spricht zumindest eines der drei Nullspannungsrelais an, und die Anlage wird durch Öffnung des Hilfstromkreises abgeschaltet. Der Schalter S dient dazu, die Relais unwirksam zu machen, was der Fall sein muß, solange dieselben noch nicht eingestellt sind. Die Relais müssen so gewählt sein, daß für den kleinsten der in Betracht kommenden Spannungsabfälle ein sicheres Ansprechen gewährleistet ist. Berücksichtigt man, daß der kleinste Spannungsabfall immer bei Leerlauf auftritt, so läßt sich für eine bestimmte Anlage der bei den verschiedenen Arten von nicht dreiphasigem Durchschlag minimal auftretende Spannungsabfall durch Rechnung oder Versuch leicht finden und die selbsttätige Abschaltvorrichtung entwerfen.

Zur teilweisen Nachprüfung der erhaltenen Ergebnisse wurden von dem Verfasser in der Fabryka Kabli, Spól. Akc. Kraków-Plaszów, die über zwei Prüfanlagen mit Induktionsregler verfügt, diesbezügliche Versuche vorgenommen. Die Resultate dieser Versuche haben die erhaltenen theoretischen Ergebnisse bestätigt.

Über Steinkohlenschwelkraftwerke.

Von Dr.-Ing. C. **Körfer**, Essen.

Eines der Hauptziele der Elektrizitätserzeugung ist stets gewesen, die Gestehungskosten auf einen möglichst niedrigen Stand zu bringen. Die hauptsächlichsten Wege, die hierbei beschritten wurden, seien kurz durch die Stichworte Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades, Zusammenfassung und Kupplung sowie Speicherung angedeutet.

In letzter Zeit hat man als weiteres Mittel zur Senkung der Erzeugungskosten bei Dampfkraftwerken die Möglichkeit erwogen, dem Kraftwerk eine Kohlendestillationsanlage, u. zw. eine Schwelanlage vorzuschalten. Bei einer derartigen Kupplung von Schwel- und Dampferzeugungsanlagen wird dann die Kohle zwei getrennten Prozessen unterworfen. Im ersten werden unter Erhitzung auf eine bestimmte, genau einzuhaltende Temperatur die meisten der flüchtigen Bestandteile ausgetrieben und gewonnen, im zweiten Prozeß der verbliebene Rückstand, der Schwelkoks, einer Kesselfeuerung zugeführt und hier verbrannt.

Der Hauptgedanke einer derartigen Kupplung ist der, den Preis der Kesselkohle durch die vorherige Verarbeitung auf Nebenprodukte herabzusetzen. Die Voraussetzung für die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens ist demnach, daß die Einnahmen aus dem Verkauf der Nebenprodukte größer sind als die Kosten der Verarbeitung.

Die wesentlichsten, bei der Schwelerei anfallenden Erzeugnisse sind: der Schwelkoks, der Schwelteer, das Schwelgas sowie das in dem Schwelteer und dem Schwelgas enthaltene Leichtöl.

Die mengenmäßige Ausbeute an diesen Erzeugnissen und deren Zusammensetzung ist in hohem Maße abhängig von der Art und Beschaffenheit der Ausgangskohle sowie von dem angewandten Schwelverfahren.

Bei der Kupplung von Schwelanlage und Kraftwerk ist die Aufgabe der ersteren eine andere als bei den selbständig arbeitenden Schwelereien. Diese haben i. a. den Zweck der Kohlenveredelung. Das Ausgangsprodukt ist oft eine schwer verwertbare Kohlensorte, die durch Veränderung in der Körnung bzw. durch Heizwertsteigerung in einen hochwertigen Brennstoff verwandelt wird, dessen Verkaufspreis demzufolge höher gelegt werden kann als der Einstandspreis für die Rohkohle. Der Erlös aus den anfallenden Nebenprodukten spielt eine nebengeordnete Rolle.

Entgegengesetzt ist, wie schon oben erwähnt, die Aufgabe einer Kraftwerkschwelanlage, bei welcher der erzeugte Schwelkoks im hintergeschalteten Kraftwerkskesselhaus zur Dampferzeugung benutzt werden soll. Wenn auch bei einer solchen Schwelanlage der Koks sowohl der Menge als auch dem Werte nach als das Haupterzeugnis der Schwelerei angesprochen werden muß, so besteht doch kein Zweifel darüber, daß das Schwergewicht und der eigentliche Zweck in der Teer- und Gasgewinnung zu suchen ist. Eine Wirtschaftlichkeit für ein auf Verfeuerung von eigenem Schwelkoks eingesteiltes Kraftwerk setzt also als eine der Hauptbedingungen voraus, daß eine Rohkohle zur Verfügung steht, die eine hohe Ausbeute an diesen Produkten gewährleistet.

Über die Ergiebigkeit einiger Kohlen an Schwelteer gibt Zahlentafel 1[1] Auskunft.

Zahlentafel 1.

Kohlenart	theoretische Ausbeute an Schwelteer %
mitteldeutsche Schwelkohle ..	24
rheinische Braunkohle	7,6
Ruhr-Gasflammkohle	10 ... 14
Ruhrgaskohle	5 ... 8
Ruhrfettkohle	3 ... 4
Ruhrmagerkohle	1,5

Wie ersichtlich, haben bei den Ruhrkohlen demnach die geologisch jüngsten, die Gasflammkohlen, die höchste Ausbeute an Schwelteer.

Das Ziel der Dampfpreisverbilligung läßt sich zwar auch auf dem alten, eingangs angedeuteten Wege über die Kohleveredelung erreichen. In diesem Fall muß jedoch der Kohlendurchsatz der Schwelanlage erheblich über den Brennstoffeigenverbrauch des angeschlossenen Kraftwerks gelegt werden. Erst dann läßt sich infolge der Preisspanne Rohkohle-Schwelkoks durch diejenigen Schwelkoksmengen, die über den eigenen Bedarf hinaus erzeugt werden, eine Verbilligung der für den Kraftwerkseigenbedarf entnommenen Halbkoksmenge erreichen. Wird dieser Weg beschritten, so ist aber i. a. bei den heutigen Schwelverfahren ein Kohlendurchsatz erforderlich, der ein Vielfaches des Kraftwerkseigenbedarfes beträgt. Hiermit liegt die Gefahr nahe, daß

[1] Nach Tropsch, Kohlenchemie, Handbuch der Kohlenwirtschaft. Verlag „Die Kohlenwirtschaft", Berlin 1926.

Digitized by Google

dann das Kraftwerk zu einem Nebenbetrieb der Schwelerei wird, und daß die Bedürfnisse der Schwelerei denjenigen der Stromversorgung übergeordnet werden. Weiter kommt hinzu, daß in diesem Fall bei Großkraftwerken eine unverhältnismäßig große Schwelkoksmenge auf dem Brennstoffmarkt untergebracht werden müßte. Bei der bisherigen geringen Gewöhnung an Halbkoks dürfte dieses wenigstens in den Anfängen nicht ohne Schwierigkeiten und wahrscheinlich auch nicht ohne Beunruhigung des Marktes anderer Kohlensorten vonstatten gehen.

Während die Braunkohlenschwelerei bereits auf eine ungefähr fünfzigjährige Entwicklung zurückblicken kann, erhielt die Steinkohlenschwelung ihren stärksten Antrieb erst mit Beginn der Kriegsjahre und der durch sie verursachten Knappheit an flüssigen Brennstoffen. Gleichzeitig wurde auch besonders nachdrücklich die Forderung erhoben, überhaupt keine Kohle ohne vorherige Verarbeitung auf Nebenprodukte zu verfeuern.

Bei der kurzen Entwicklungsperiode der Steinkohlenschwelerei und den starken Krisen, die sie während ihrer kurzen Lebensdauer bereits durchmachen mußte, ist es verständlich, daß es unter den vielen angegebenen und in Versuchsanlagen ausgeführten Verfahren nur wenige gibt, die eine praktische Verwirklichung gefunden haben.

Entsprechend diesem Stand der Steinkohlenschwelerei ist die Zahl der im Zusammenhang mit Dampferzeugungsanlagen bzw. Dampfkraftwerken ausgeführten Steinkohlenschwelanlagen außerordentlich gering. Dieses hat einen weiteren Grund darin, daß derart vorgeschaltete Anlagen ganz bestimmte wirtschaftliche und technische Vorbedingungen erfüllen müssen[2], um überhaupt dem gewollten Zwecke zu genügen. Gerade deswegen dürfte es aber wissenswert sein, einige der bereits für den praktischen Betrieb ausgeführte Anlagen kurz kennen zu lernen.

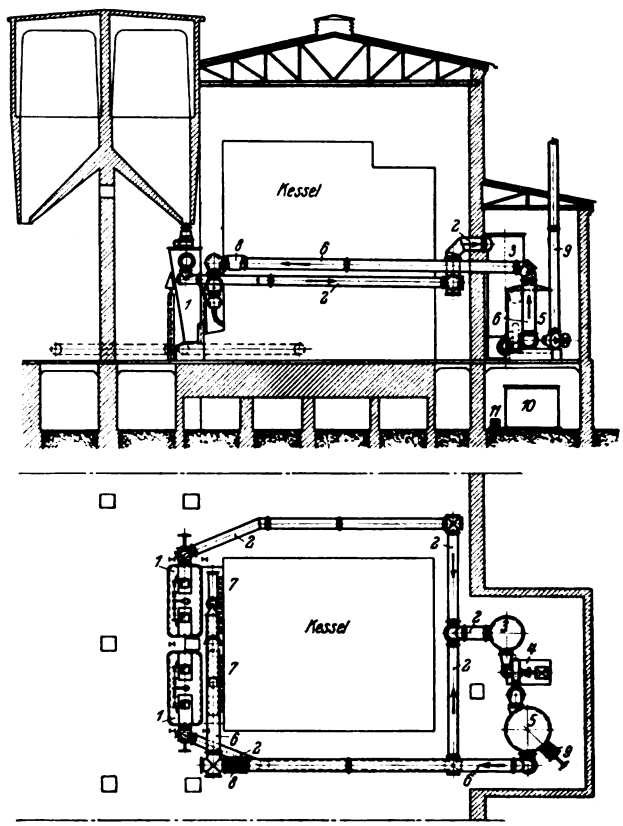
In Deutschland ist ein ausgesprochenes Steinkohlenschwelkraftwerk nicht in Betrieb. Jedoch ist von der Firma Julius Pintsch AG., Berlin, ein Schwelverfahren zur unmittelbaren Vorschaltung für Wanderrostfeuerungen entwickelt worden, das bereits in Dampferzeugungsanlagen eine mehrfache Anwendung gefunden hat.

Für einen 1000 m²-Steinmüller-Steilrohrkessel ist in Abb. 1 eine derartige Steinkohlenschwelanlage dargestellt. Bei dieser sogenannten Patentkesselfeuerung mit Urteergewinnung sind die beiden Schwelschächte *1* dem Wanderrost unmittelbar vorgebaut. Die Beheizung der Schächte erfolgt durch einen Teil der rückwärts abgesaugten Rauchgase. Der entschwelte Brennstoff fällt in glühender Form unmittelbar auf den Wanderrost. Ein Schwelgebläse *4* saugt das Schwelgas durch die Leitungen *2* aus jedem der Schächte *1* oben ab und drückt es durch den Kühler *3*, den Teerscheider *5* sowie die Leitung *6*, die hier an der vorderen Kesselwand angeordnet sind, in den Brenner zurück. Bei der Breite der Schwelschächte müssen auf jedem Schacht zwei Füllvorrichtungen angeordnet werden, deren Betätigung auf elektrischem Wege erfolgen kann.

Zur Verarbeitung geeignet sind in dieser Art Schwelanlagen vor allem nichtbackende Kohlen von einem Feuchtigkeitsgehalt unter 20 % und einer Körnung von über 15 mm. Ein hoher Aschengehalt ist ohne Einfluß auf die Verwendbarkeit der Kohle.

Da es nur in seltenen Fällen Kesselhäuser geben dürfte, die über einen Brennstoff der obigen Anforderungen bei gleichzeitig genügend hohem Teergehalt verfügen, hat diese Schwelanlage trotz ihrer außerordentlichen Einfachheit nur eine verhältnismäßig geringe Verbreitung gefunden. Zur Ausführung gelangte sie für den Durchsatz von Steinkohle bisher bei insgesamt 8 Kesseln bis zu je 600 m². Die Mehrzahl dieser Kessel steht auf oberschlesischen Gruben. Das hat seinen besonderen Grund darin, daß dort absatzunfähige, minderwertige Schieferkohle von geringem Heizwert und hohem Aschegehalt verarbeitet werden mußte. Die Verfeuerung dieser Schieferkohle auf den bisherigen Rosten war mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden. So wurde beispielsweise bei Verwendung von mechanischen Schrägrosten nur ein Kohlensäuregehalt der Abgase von etwa 5 ... 8 % und damit ein Kesselwirkungsgrad von nur 40 ... 50 % erreicht. Bei den Versuchen, diese Kohle auf Wanderrosten zu verfeuern, zeigte sich, daß das Feuer im Feuergewölbe oft abriß und die Schlacke sehr schlecht ausbrannte. Dies machte sich durch große Rauch- und Qualmbelästigung beim Ablöschen der Schlacke bemerkbar. Bei der Verarbeitung der Schieferkohle in der beschriebenen Patentkesselfeuerung traten die obengenannten Übelstände nicht mehr auf. Der Wirkungsgrad der Kessel, bezogen auf Teer und Dampf, stieg bei einem Kohlensäuregehalt der Abgase von 14 % auf etwa 80 %.

Falls Patentkesselfeuerungen mit dem Hauptzweck der Schwelteergewinnung verwandt werden, ergibt sich rechnerisch bei einem Ausnutzungsfaktor der Anlage von 0.75 (280 volle Betriebstage) und Rohkohlenpreisen von 21,50 RM/t erst eine Wirtschaftlichkeit bei einer Schwelteerausbeute von 4 %. Bei einer nutzbaren Teerausbeute von 75 % der in Zahlentafel 1 angegebenen Werte ist demnach unter den genannten Voraussetzungen die Wirtschaftlichkeit nur erreichbar bei Gas- und Gasflammkohlen.



1 Schwelschächte
2 Schwelgasleitung
3 Kühler
4 Schwelgasgebläse
5 Teerscheider
6 Schwelgasdruckleitung
7 Gasbrenner
8 Rückschlagklappe
9 Ausblaseleitung
10 Teerbehälter
11 Teerpumpe

Abb. 1. Patentkesselfeuerung (Wanderrost mit vorgebauten Schwelschächten) der Julius Pintsch AG.

Die in Abb. 1 dargestellte Patentkesselfeuerung von Pintsch kostet rd. 150 000 RM. Enthalten sind in diesem Preis die schmiedeeisernen Schwelschächte einschl. Ausmauerung, ein Wasserröhrenkühler, ein Teerabscheider, ein Schwelgasgebläse, ein Teersammelbehälter, zwei Teerpumpen, zwei Gasbrenner für die Schwelgaszusatzfeuerung, die erforderlichen Leitungen und Manometer, die betriebsfertige Montage sowie der bauliche Teil.

Der Wirtschaftlichkeitsrechnung für eine Patentkesselfeuerungsanlage zu dem 1000 m²-Steilrohrkessel wurden folgende Zahlen zugrunde gelegt:

Ruhr-Gasflammkohle Nuß III	
Preis frei Kesselhaus	21,50 RM/t
unterer Heizwert	7439 kcal/kg
Schwelteergehalt	11.4 %
flüchtige Bestandteile	35,5 „
Kohlendurchsatz	115 000 kg/24 h
Kohlenmehrverbrauch infolge Teergewinnung gegenüber einfacher Verfeuerung derselben Kohle bei gleicher Dampferzeugung	14 000 „
Nutzbare Teerausbeute bezogen auf Kohle	8,5 %
Teerpreis	80 RM/t
Strompreis	2,5 Pf/kWh
Dampfpreis	4 RM/t
Betriebszeitfaktor	0,75

[2] Hier sei verwiesen auf die grundsätzlichen Ausführungen von Rosin in Elektrizitätswirtsch. 1929, Heft 487/8, S. 353 ff.

Digitized by Google

Die jährlichen Mehrausgaben beim Verschwelungsbetrieb belaufen sich auf:

Verzinsung, Tilgung, Instandhaltung $0{,}20 \cdot 150\,000 =$	30 000 RM
Kosten des Kohlenmehrverbrauches $14 \cdot 280 \cdot 21{,}50 =$	84 200 „
Stromkosten für Schwelgasgebläse und Teerpumpen . . . . . $24 \cdot 24 \cdot 280 \cdot 0{,}025 =$	4 030 „
Dampfverbrauch zum Aufwärmen des Teeres und zum Bespülen der Pelouse-Glocke 3 t/24 h . . . . . $3 \cdot 280 \cdot 4 =$	3 360 „
1 Arbeiter mehr, täglich 8 h	3 000 „
	124 590 RM.

Gegenüber diesen Aufwendungen betragen die jährlichen Einnahmen aus dem Schwelteerverkauf:

$$115 \cdot 0{,}085 \cdot 280 \cdot 80 = 220\,000 \text{ RM.}$$

Der jährliche Gewinn aus dem Verschwelungsbetrieb ist somit:

$$220\,000 - 124\,590 = \text{rd. } 95\,000 \text{ RM.}$$

Im Vergleich zu einer Anlage gleicher Größe mit Verfeuerung von Rohkohle derselben Sorte beträgt die Senkung des Kohlenpreises demnach:

$$\frac{95\,000}{101 \cdot 280} = 3{,}36 \text{ RM/t.}$$

Noch günstiger würden sich die Verhältnisse bei einer auf eigener Rohkohlenbasis liegenden Anlage stellen, die beispielsweise ihrem Kesselhaus die Gasflammkohle Nuß III zu 19,00 RM/t liefern kann. Hier würde die Senkung 3,75 RM/t ausmachen.

In England ist sei dem Jahre 1925 in der Nähe von Newcastle upon Thyne ein von Merz und McLellan entwickeltes Steinkohlenschwelverfahren in Verbindung mit dem Dunston-Kraftwerk in Betrieb[3]. Auch in dieser Anlage sind, wie aus Abb. 2 ersichtlich ist, Schwelanlage und Kesselfeuerung organisch zusammengefügt. Die Schwelanlage liegt innerhalb des Kesselhauses, so daß der kontinuierlich ausgetragene Koks unter Ausnutzung seiner fühlbaren Wärme unmittelbar auf den Rost gelangt. Diese Anordnung der innigen Verbindung von Schwelanlage und Feuerung soll zu einer nicht unerheblichen Verminderung der Anlagekosten geführt haben.

Die Kondensations- und Gaswaschanlage für die Rohteer- und Rohbenzolgewinnung steht ebenso wie die Benzolfabrik und Teerdestillation außerhalb des Kesselhauses.

Die sich in der Anlage abspielenden Vorgänge sind folgende:

Das Ausgangsprodukt ist Northumberlandkohle[4] mit einer Körnung von 1 ... 21 mm. Bei Anlieferung wird das Feine abgesiebt und über eine Trocken- und Mahlanlage dem Kohlenstaubkessel zugeführt. Die gröbere Kohle (über 6,5 mm Korngröße) wandert über zwei Bunker von 35 t Aufnahmefähigkeit zu den Retorten. Auf diesem Wege geht die Kohle jedoch noch durch Vorwärmer, in denen sie mit Hilfe von Rauchgasen auf eine bestimmte Temperatur erhitzt wird. Der Zweck der Vorwärmung besteht einmal darin, ein Backen der Kohle in den Retorten zu verhindern, und weiter soll durch Ausnutzung der Kesselabgase eine Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades des ganzen Prozesses erzielt werden.

Die Kohle braucht zur Durchwanderung des Vorwärmers 15 min. Sie wird dann in ihrem vorgewärmten Zustand durch eine Schnecke, die gleichzeitig als Absperrorgan des Vorwärmers dient, der Retorte zugeführt.

Die Heizung der Retorten geschieht mit einem Gemisch von Dampf und Koksofengas. Dieses Gas wurde herangezogen, weil es in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Jedoch ist die Anlage derart eingerichtet, daß auch statt Koksofengas Generatorgas oder Kohlenstaub verwendet werden kann. Der benötigte Dampf wird beim Löschen des Schwelkokses auf dem Wege zu den Kesseltrichtern gewonnen, das Heizgemisch in einer unter jeder Retorte angeordneten Verbrennungskammer hergestellt.

Die Heizgase gelangen zu jeder Retorte durch einen ringförmigen Kanal, der eine gleichmäßige Verteilung der Wärme auf die zu verschwelende Kohle ermöglicht.

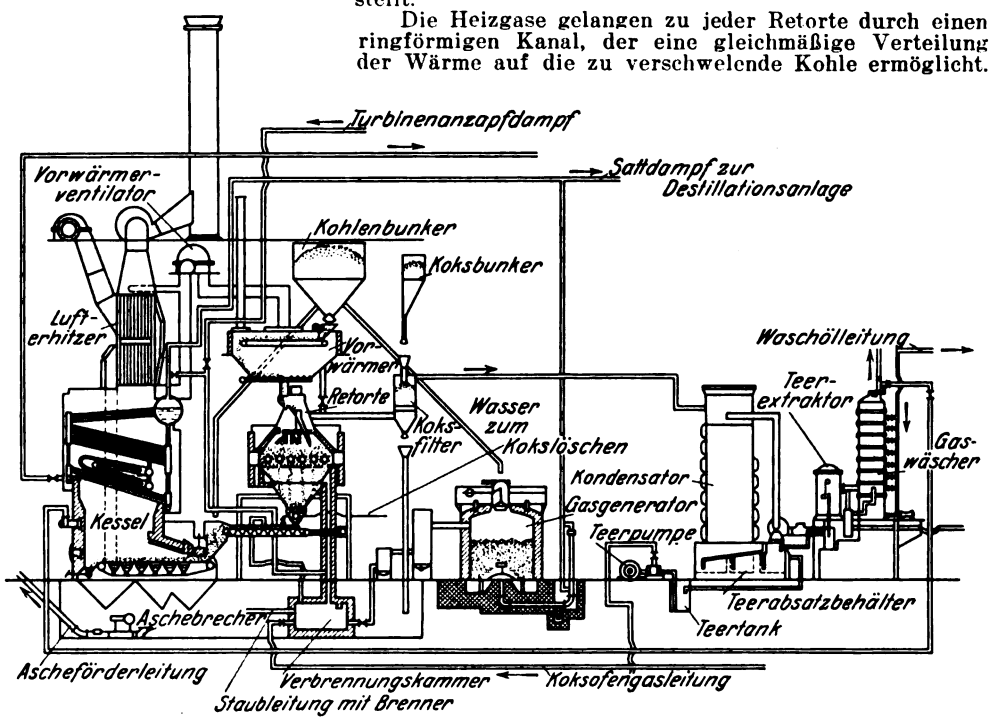


Abb. 2. Schwelanlage nach Merz und McLellan im Dunston-Kraftwerk (England).

Das Kesselhaus des Dunston-Kraftwerkes besteht aus 4 Einheiten der Firma Babcock & Wilcox. Zwei von den Kesseln sind zusammengebaut und haben eine Dampfleistung von zusammen 8,2 t/h. Der dritte Kessel leistet 12,6 t/h. Alle drei Kessel sind mit Wanderrosten zur Verfeuerung von Schwelkoks ausgerüstet. Jedem der beiden zusammengebauten kleineren Kessel ist eine eigene Schwelretorte mit einem Durchsatzvermögen von 20 t Rohkohle innerhalb 24 h vorgeschaltet. Für den dritten größeren Kessel sind ebenfalls zwei Retorten von zusammen 60 t Schwelleistung innerhalb 24 h vorgesehen. Die Gesamtschwelleistung beträgt somit 100 t je Tag. Der vierte Kessel ist für Rohkohlenstaubfeuerung eingerichtet. Auch seine Dampfleistung beträgt 13,6 t/h. Dieser Kessel ist in erster Linie zur Spitzendeckung bestimmt, so daß die drei Schwelkokskessel die Grundlast übernehmen können. Diese Maßnahme soll einen einigermaßen gleichmäßigen Durchsatz der Retorten gewährleisten.

Das Ausbringen des Kokses aus dem oberen Schwelteil der Retorte wird vorgenommen mittels einer Reihe nebeneinanderliegender, hydraulisch betätigter gezahnter Walzen, die gleichzeitig den Boden der oberen Retorte bilden. Der heiße Schwelkoks geht dann durch einen im Unterteil der Retorte befindlichen Koksbrecher und ein rotierendes Verschlußorgan einer Förderschnecke zu, die den Koks in die Kesseltrichter transportiert. Der Durchgang der Kohle durch die Retorten dauert ungefähr 3 h. Das gereinigte und gewaschene Schwelgas wird als Zusatzfeuerung den an den Rückwänden der Kessel angebrachten Brennern zugeführt.

Über die Wirtschaftlichkeit der Anlage liegen durchsichtige Zahlen leider nicht vor. Der Schwelkoks und das Schwelgas werden vollkommen im eigenen Betriebe verbraucht. Die übrigen verarbeiteten und veredelten Schwelerzeugnisse erzielen beim Verkauf, bezogen auf die Tonne durchgesetzter Kohle, einen Preis von 10,73 RM. Die Roh-

[3] The Engineer 1928, S. 411

[4] Diese Kohle entspricht ungefähr unserer Ruhr-Gasflammkohle. Ihr Heizwert liegt um 6500 kcal/kg. Der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen beträgt rd. 35 %.

Digitized by Google

kohle wurde mit 12.24 RM/t bezahlt. Die gesamten Betriebs- und Unterhaltungskosten werden zu 4,76 RM/t verschwelter Kohle angegeben. Über die sonstigen Unkosten liegen keine Zahlen vor. Es wird nur gesagt, daß bei der Anlage bisher kein wesentlicher Gewinn erzielt wurde, aber weiter auch ausdrücklich erwähnt, daß sich bei einer Vergrößerung der Anlage die Unkosten je Tonne verschwelter Kohle beträchtlich senken würden. Bemerkenswert ist noch, daß in England die Firma Babcock & Wilcox den Vertrieb und die Errichtung der Schwelanlagen dieses Verfahren übernommen hat.

Ein weiteres in England von McEwan-Runge entwickeltes Schwelverfahren hat als Kraftwerkschwelanlage in Amerika seine Verwirklichung gefunden. Es wurde im Jahre 1926 für einen Tagesdurchsatz von 200 t in Verbindung mit dem Lakeside-Kraftwerk in Milwaukee errichtet. Wirtschaftliche Ergebnisse dieser Anlage sind noch nicht veröffentlicht worden. Das Verfahren arbeitet zweistufig mit übereinander angeordneten zylindrischen Retorten von je 9 m Höhe[5]. In der oberen Retorte wird die feingemahlene Rohkohle unter gleichzeitiger Befreiung von Kohlensäure und Wasserdampf vorgewärmt, in der unteren findet der eigentliche Schwelvorgang statt. Der staubförmig anfallende Schwelkoks wird dann ohne weitere Aufbereitung zusammen mit entteertem und gewaschenem Schwelgas den Dampfkesseln zugeführt.

Von Interesse dürften in diesem Zusammenhang ferner die von amerikanischer Seite angestellten und veröffentlichten Untersuchungen über die Möglichkeiten der Senkung der Erzeugungskosten von Steinkohlenkraftwerken durch Vorschaltung von Destillationsanlagen sein[6]. Diese zwar rein theoretischen Erörterungen beziehen sich auf ein Dampfkraftwerk von 150 000 kW (3 Maschinen zu je 50 000 kW) mit einem Belastungsfaktor von 0,6. Das Kesselhaus soll aus 6 Kesseln von 1950 m² bestehen, die Dampf von 42,3 atü und 385 ° liefern. In der Wirtschaftlichkeitsrechnung sind u. a. zwei Fälle gegenübergestellt. In dem einen Fall wird angenommen, daß die Anlage als reines Dampfkraftwerk mit Rohkohlenstaubfeuerung betrieben wird. Der zweite Fall setzt voraus, daß die Kohle in einer kombinierten Schwel- und Vergasungsanlage restlos verarbeitet wird. Das erzeugte Gas wird, nachdem ihm Teer und Leichtöl entzogen worden sind, dem Kesselhaus, das auf reine Gasfeuerung eingestellt ist, zugeführt. Die einzelnen Retorten haben einen Tagesdurchsatz von 25 t. Das anfallende Teer- und Leichtöl gelangen zum Verkauf. Die vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung führt zu dem in Zahlentafel 2 zusammengestellten Ergebnis. Als Rohkohlenpreis wurde beiden Fällen 9,02 RM/t zugrunde gelegt.

Zahlentafel 2. Erzeugungskosten eines 150 000 kW-Dampfkraftwerkes (Belastungsfaktor 0,6).

		Dampferzeugung mit	
		Kohlenstaub	Schwelgas
Anlagekosten			
Kraftwerk	RM	71 706 600	65 100 000
Destillationsanlage	„	—	7 140 000
		71 706 600	72 240 000
Erzeugungskosten			
Vermahlung, Gehälter u. Löhne, Putz- u. Schmiermittel, Instandhaltung	Pf/kWh	0,250	0,488
Kapitaldienst auf Betriebsmittel 10%	„	0,020	0,057
„ „ Anlagekosten 15%	„	1,364	1,374
Kohle	„	0,556	0.755
		2,190	2,654
Erlös aus Nebenprodukten			
Teer	Pf/kWh	—	0,475
Leichtöl	„	—	0,105
			0 ,580
Verkaufspreis	Pf/kWh	2,190	2,074
Mehranlagekapital	RM	—	533 400
Unterschied der jährlichen Erzeugungskosten	„	—	915 000
dasselbe, bezogen auf das Mehranlagekapital	%	—	171,12

Die Ausbeuten je Tonne durchgesetzter Kohle wurden eingesetzt zu:

Teer . . . . . 123 l,
Leichtöl . . . . . 13,6 „.

[5] A. Thau, Die Verschwelung von Braun- und Steinkohle S. 426; Brennstoffchemie 1929, S. 267.
[6] Power Bd. 69, 1929, S. 665.

Die erzielbaren Erlöse sind angenommen mit:

Teer . . . . . 4,62 Pf/l,
Leichtöl . . . . . 9,27 „ .

Wie ersichtlich, ist die Verbilligung der Kilowattstunde gegenüber dem reinen Kohlenstaubbetrieb nicht erheblich. Sie beläuft sich auf 5.3 %, die jährliche Senkung der Gesamtkosten von 915 000 RM übersteigt aber weit den Mehraufwand an Anlagekosten von 533 400 RM. Die Verzinsung des Mehranlagekapitals beträgt demnach 171,12 %.

Wenn auch Betriebserfahrungen mit Steinkohlenschwelkraftwerken kaum vorliegen und vorläufig die Wirtschaftlichkeitsrechnungen bei der Planung derartiger Anlagen im günstigsten Fall einen verhältnismäßig nur kleinen rechnerischen Gewinn ergeben, so ist doch der Frage der Kupplung von Kohlendestillationsanlagen und Kraftwerken größte Aufmerksamkeit zu widmen. In nicht zu ferner Zeit ist aller Voraussicht nach mit einer derartigen Vervollkommnung der Schwelverfahren zu rechnen, daß bei geeigneten Kohlensorten eine ausreichende Wirtschaftlichkeit sichergestellt ist.

Erweiterung des Murg-Schwarzenbach-Werkes.

Das Murg-Schwarzenbach-Werk[1] gehört zu den Pumpspeicheranlagen, bei denen es sich nicht nur um Speicherung auf lange Sicht, sondern auch um die kurzfristige Umsetzung von Nacht- und Sonntagstrom in hochwertigen Spitzenstrom handelt. Das nur in beschränktem Umfang speicherfähige Murgwasser wird in das Schwarzenbachbecken gepumpt und erst von hier aus mit 350 m anstatt unmittelbar mit 145 m Fallhöhe ausgenutzt. Die erste im Jahre 1924/25 aufgestellte Pumpe liefert 2,3 m³/s bei 225 m Druckhöhe. Eine neue Pumpe für 4,8 m³/s bei 225 m oder 5,8 m³/s bei 190 m hat eine Antriebsleistung von 16 750 bis 18 600 PS. Der ganze Maschinensatz besteht aus einer Freistrahlturbine für 29 400/31 500/35 000 PS, einem Drehstromgenerator für 20 000 kVA und der Speicherpumpe; die Drehzahl beträgt 500 U/min. Der Anschluß der neuen Pumpe an die bestehenden Rohrleitungen bedingt schärfste Raumausnutzung und Verlegung einer besonderen Rohrleitung, da in der ursprünglichen Anlage die Aufstellung von Speicherpumpen nicht vorgesehen war. Beim unerwarteten Ausfall des Antriebstromes und bei anderen Störungen muß die Pumpe möglichst rasch gegen die Druckseite hin abgeschlossen werden. Die Schließbewegung wird eingeleitet, sobald die Maschinendrehzahl um einen bestimmten Betrag gefallen ist; dann wird der Elektromagnet des Steuerventils am Pumpenregler durch Kontaktgebung am Zentrifugalregler der Turbine betätigt. Das Zuschalten der Speicherpumpe an den mit voller Drehzahl laufenden Generator erfolgt mit Hilfe einer Kupplung, die eine Kombination einer hydraulischen und einer mechanischen Kupplung darstellt. Auf diese Weise kann man ohne das umständliche Abstellen, Wiederanlassen, Parallelschalten usw. unmittelbar vom Kraft- in den Pumpenbetrieb und umgekehrt übergehen. *Ka.*

[1] E. Treiber, Z. VDI Bd. 73, S. 1156.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter.

Nr. 277.

Auf Grund des § 9 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, ist der Betriebsverwaltung Essen des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes die Genehmigung erteilt worden, als Elektrisches Prüfamt 10 amtliche Prüfungen von Elektrizitätszählern und Meßapparaten auszuführen, u. zw.

mit Gleichstrom:
bis 1000 A, 1000 V im Amt und am Betriebsort;
mit Wechsel- und Drehstrom:
bis 5000 A, 25 000 V im Amt,
bis 3000 A, 10 000 V am Betriebsort.

(Verfügung des Reichsministers des Innern vom 14. XII. 1929, Reichsministerialblatt Nr. 50, 1929.)

Berlin-Charlottenburg, den 14. I. 1930.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Beitrag zur Nutenstreuung in elektrischen Maschinen. — Bei der Berechnung der Streuung in Ankernuten hat sich die Erfassung des Betrages für den schrägen Ver-

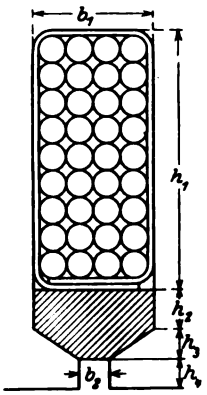


Abb. 1.

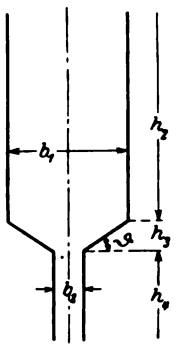


Abb. 2.

bindungsteil des nutzbaren Nutenraumes mit dem Schlitz als sehr unsicher erwiesen. Dieser Anteil ist nun von Douglas[1] streng berechnet worden. Da jedoch die dort gegebenen Formeln offenbare Unstimmigkeiten zeigen und die Interpolation zwischen den gegebenen Kurven sehr unsicher ist, wurde die Rechnung von Jasse und Ziganke nochmals durchgeführt. Es handelt sich hier für die in Abb. 1 dargestellte übliche Nut um die Berechnung der in dem Bereiche h_3 gelegenen Streuung. Daher wurde die Nut entsprechend Abb. 2 idealisiert, indem die parallelen Nutenwände ins Unendliche verlängert wurden. Die halbe in Abb. 2 gezeigte Nut wurde nun durch konforme Abbildung in ein Rechteck verwandelt und auf diese Weise der Leitwert der Nut bestimmt, der durch folgende Formel ausgedrückt wird:

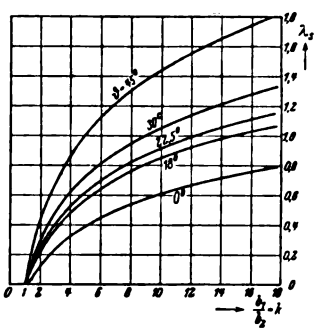


Abb. 3. Leitwert einer Nut für verschiedene Übergangswinkel der Nut zum Nutschlitz.

$$\lambda = \frac{h_2}{b_1} + \lambda_\delta + \frac{h_4}{b_2},$$

bezogen auf die Längeneinheit senkrecht zur Zeichnung. Die Rechnung wurde für folgende Sonderfälle durchgeführt:

$$\vartheta = 0°,\ 18°,\ 22{,}5°,\ 30°,\ 45°,$$

und die aus den erhaltenen Formeln berechneten Zahlenwerte sind in Abb. 3 über dem Breitenverhältnis der Nut $k = b_1/b_2$ aufgetragen. Für den Übergang von der Nut zum Nutenschlitz wählt man meist eine Neigung von 25 ... 30 °. Wir nehmen also $\vartheta = 30°$ an sowie $k = 4$, was etwa den üblichen Verhältnissen entspricht. Für den untersuchten Bereich wird nun meist die Formel gegeben

$$\lambda_3 = \frac{h_3}{b_1 - b_2} \ln \frac{b_1}{b_2} = \frac{1}{2} \operatorname{tg} \vartheta \ln k,$$

welche parallelen Kraftlinienverlauf senkrecht zur Mittelebene der Nut voraussetzt. Für die eben gewählten Zahlenwerte erhält man

$$\lambda_3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \ln 4 = 0{,}400.$$

Meistens wird sogar statt des Logarithmus nur das erste Glied seiner Reihe eingeführt, so daß die Formel lautet

$$\lambda_3 = \frac{2\,h_3}{b_1 + b_2} = \frac{b_1 - b_2}{b_1 + b_2} \operatorname{tg} \vartheta = \frac{k-1}{k+1} \operatorname{tg} \vartheta.$$

Hierfür wird

$$\lambda_3 = \frac{4-1}{4+1} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 0{,}346.$$

Dieser Wert ist also noch kleiner als der vorige, während die strenge Rechnung für den gewählten Fall den Wert $\lambda_\delta = 0{,}615$ ergibt. Der Unterschied gegenüber der üblichen Rechnungsweise ist also recht beträchtlich und kann bei der Gesamtstreuung schon wesentlich mitsprechen. (E. Jasse u. E. Ziganke, Arch. El. Bd. 22, H. 2, S. 177.)

Hebezeuge und Massenförderungen.

Demag-Doppelwinde. — Eine von der Demag, Duisburg, ausgeführte Doppelwinde für 125 kg Tragkraft dient zum Heben und Senken von Lasten in landwirtschaftlichen und industriellen Betrieben, Lagerhäusern usw. Sie zeichnet sich durch kompendiöse Bauart und dadurch aus, daß die beiden Lasthaken sich abwechselnd mit einer Geschwin-

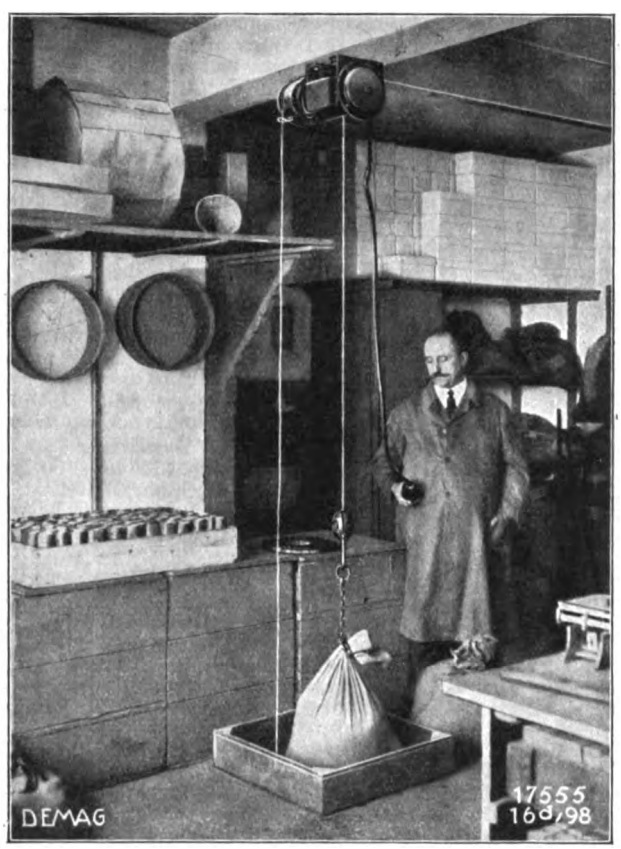


Abb. 4 Doppelwinde in einer Samenhandlung.

digkeit von rd. 22 m/min heben und senken, so daß die tote Zeit gespart wird, die bei Zügen mit nur einem Seilstrang zum Senken des leeren Hakens erforderlich ist. Durch gleichlaufende, nicht schraubenförmige Rillen wird außerdem erreicht, daß Auf- und Ablaufstelle ihre Lage nicht ändern. Windengetriebe und Elektromotor sind zu einem Ganzen in vollkommen geschlossener wetterfester Bauart vereinigt. Der Antriebmotor von rd. 0,75 PS hat einen konischen Kurzschlußläufer, der in Rollenlagern läuft und mit einer Lastbremse gekuppelt ist. Bei ruhendem Motor kommt die Bremsscheibe des Läufers durch eine Feder zur Anlage an die Bremsfläche des Gehäuses; beim Einschalten wird der Läufer in das magnetische Feld des Ständers hineingezogen und dadurch die Bremse gelöst.

[1] F. H. Douglas, Transact. Am. Inst. El. Engs. Bd. 34, Teil 1, S. 1067. Ref.: ETZ 1916, S. 170.

Digitized by Google

Dadurch hat man einen Bremsmagnet vermieden, der neben höheren Kosten auch einen besonderen Raum beanspruchen würde. Der Läufer arbeitet über ein doppeltes Zahnradvorgelege auf die beiden Treibscheiben, um die ein Drahtseil mit zwei Hakengeschirren nach Art einer Spillwinde herumgelegt ist. Hierbei umschlingen 2,5 Windungen die beiden Scheiben, damit von ihnen gleichviel Seil auf- und abläuft. Ein Zuhochfahren der Last wird durch einen Endschalter verhindert, der durch Anfahren des Hakengeschirres an einen Bügel betätigt wird und den Motor stromlos macht, so daß der Verschiebeanker unter Einwirkung der Feder die Bremse anlegt und die Winde sofort stillsetzt. Die Bedienung der Winde erfolgt durch einen Handschalter mit je einem Druckknopf für jeden Haken. Beim Aufhören des Druckes geht der Knopf zurück, der Motor wird stromlos und die Last sofort angehalten. Die Knöpfe sind gegeneinander verriegelt, so daß gleichzeitiges Drücken ausgeschlossen ist. Hat der Endschalter durch Zuhochfahren eines Hakens angesprochen, so kann der letztere durch Drücken auf den Knopf für den anderen Haken wieder gesenkt werden. Bei Ausbleiben des Stromes wird die Winde ebenfalls durch den Verschiebeanker stillgelegt. Anstatt des Druckknopfschalters kann auch ein durch zwei Steuerketten betätigter Umkehranlasser verwendet werden, so daß eine Steuerung aus verschiedenen Stockwerken möglich ist. Die Hubhöhe ist beliebig und nur von der Länge des Seiles abhängig. Durch Seilverlängerungen, die in die Hakengeschirre eingehängt werden, können mehrere Stockwerke bedient werden. Wenn die Seilstränge über seitlich angebrachte Rollen geführt werden, so kann man auch aus verschiedenen Bodenluken arbeiten. Das geringe Gewicht der Doppelwinde (rd. 50 kg) gestattet ihre Anbringung an vorhandene Dachgiebel, Balken usw. ohne besondere Montagekosten. Die Seilstränge können auch mit einrolligen Unterflanschen versehen werden, wobei allerdings die Hubgeschwindigkeit zugunsten der Tragfähigkeit vermindert wird. Abb. 4 zeigt eine an einem dicken Träger befestigte Doppelwinde mit Druckknopfbetätigung in einer Samenhandlung. *fi*

Bergbau und Hütte.

Elektrische Ausrüstung des Drehstrom-Lichtbogenofens. — Zur elektrischen Ausrüstung eines Elektrostahlofens gehören Ofentransformatoren, selbsttätige Elektrodenregelung, Reaktanzdrosselspule, Schaltanlage, Kippanlage und Leitungsführung zwischen Transformator und Ofen. Für Öfen von 3 ... 15 t festen Einsatz sind für das Einschmelzen Unterspannungen des Transformators von etwa 170 ... 220 V vorteilhaft; bei kleineren Öfen bis 1,5 t liegt die wirtschaftliche Grenze für die Einschmelzspannung bis etwa 130 V. Die Spannung für das Verfeinern wird für den größeren Ofen zumeist im Verhältnis $1 : \sqrt{3}$ kleiner gewählt als für das Einschmelzen, also mit 100 bis 125 V. Es hat sich noch die Anwendung einer Mittelspannung für den Beginn des Einschmelzens und zum Überhitzen des Bades vor dem Abstich als günstig erwiesen.

Bei der konstruktiven Durchbildung des Transformators muß auf den Ofenbetrieb besonders Rücksicht genommen werden. Zur Begrenzung der unvermeidlichen kurzzeitigen Stromstöße beim Einschmelzen wird eine Drosselspule vorgesehen. Die Bemessung der Drossel erfolgt gewöhnlich für eine Begrenzung der praktisch auftretenden Stromstöße auf etwa 1,5 bis 2fachen Normalstrom. Hierbei ist die Induktivität der Niedervoltleitung zu berücksichtigen, deren Größe durch Messungen an vorhandenen Anlagen ermittelt wurde.

Wirtschaftliche Erwägungen ergeben, daß die günstigste Leistung etwas unterhalb des Lichtbogenmaximums liegt; der entsprechende Schmelzstrom ist hauptsächlich beim Einschmelzen möglichst konstant zu halten, was am besten durch selbsttätige Elektrodenregelung[1] geschieht. Da durch den Elektrodenstrom die Leistung eindeutig bestimmt ist, arbeiten die weiter beschriebenen Elektrodenregelungen in Abhängigkeit vom Schmelzstrom. Zur Erzielung einer einwandfreien Arbeitsweise der selbsttätigen Regelung darf die Bewegungsgeschwindigkeit der Elektroden nicht unabhängig von der augenblicklichen Stromabweichung sein, wie dies bei verschiedenen Relaissteuerungen der Fall ist, bei welchen die Elektrodenmotoren immer an volle Spannung gelegt werden. Die Bewegung der Elektroden muß immer größer sein, je mehr der augenblickliche Strom vom eingestellten Wert abweicht, und kleiner werden, wenn er sich dem richtigen Wert nähert. Durch diese Eigenschaft wird das Arbeiten der Vorrichtung nicht stoßartig, sondern elastisch, wobei gleichzeitig Überregulieren vermieden wird. Die AEG hat zu diesem Zweck zwei Systeme entwickelt und mehrfach ausgeführt.

Bei dem durch Patente geschützten elektrischen System werden die Elektrodenmotoren in Leonard-Schaltung gesteuert. Die selbsttätige Regelung wirkt in der Weise, daß die Erregung der Leonard-Dynamos durch Tirrill-Schnellregler beeinflußt wird. Es werden nur die geringen Feldströme durch das Fluktuieren der beiden Tirrill-Kontakte feinfühlig verändert und hierdurch die Drehrichtung und Geschwindigkeit der Elektrodenmotoren bestimmt. Die Ankerspannungen der Leonard-Generatoren werden bei Abweichung des Schmelzstromes durch die Tirrill-Regler, im Zusammenhang mit der Fremderregung der Felder, praktisch ohne Zeitverzögerung eingeregelt. Durch die selbsttätige Elektrodenregelung werden auch die auftretenden Stromstöße, deren Höhe durch die Drossel und die Induktivität der Anlage begrenzt ist, auf eine praktisch geringste Zeitdauer eingeschränkt.

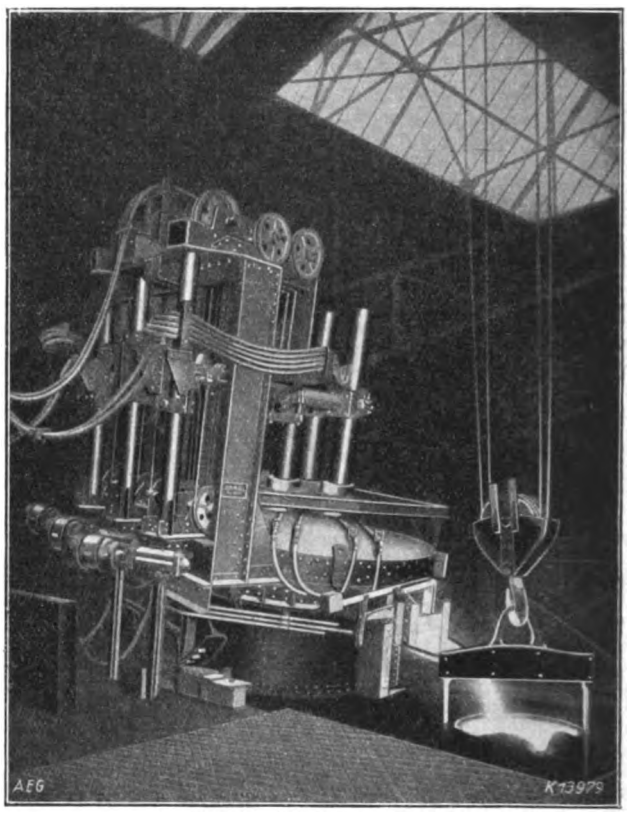


Abb. 5. 5 t Héroult-Ofen mit einfacher Elektrodenabdichtung, in Kippstellung (Demag-Ausführung).

Beim elektro-hydraulischen System dienen zum Heben und Senken der Elektroden hydraulische Druckzylinder, die durch Membranventile gesteuert werden. Eigentliches Regelorgan ist ein elektro-hydraulisches Stromrelais, dessen Magnetkern in Abhängigkeit von der Größe des Schmelzstromes seine Lage verändert und damit das Druckwasser durch einen Steuerschieber zum Kolben des Elektrodenstellzylinders steuert. Hierdurch wird das Heben oder Senken der Elektroden bewirkt.

Die Hochstromleitungen werden vom Transformator als Flachkupferschienen bis in die Nähe des Ofens ausgeführt; an dieser Stelle wird auch meist der Sternpunkt für die Niedervolt-Wicklung gebildet und die Hin- und Rückleitung so geführt, daß sich die Kraftlinienfelder möglichst kompensieren. Der Übergang zu den Elektrodenklemmen erfolgt durch biegsame Kabel, welche in dünne lackisolierte Litzen weitgehend unterteilt sind (Abb. 5). (Schey, AEG-Mitt. 1929, S. 522.) *Sb.*

Fernmeldetechnik.

Zweibandfernsprechen im dritten deutsch-schwedischen Fernsprech-Seekabel. — Es ist bekannt, daß die Sprache im Fernsprechbetrieb mit den üblichen Fernsprechapparaten hinreichend deutlich übermittelt wird, wenn die benutzte Leitung imstande ist, ein Frequenzband von 300 bis

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 583.

Digitized by Google

2400 Hz, also mit einer Breite von 2100 Hz, zu übertragen. Wenn nun die Leitung befähigt ist, noch ein zweites Frequenzband derselben Breite mit Hilfe einer Trägerfrequenz zu übertragen, so besteht bei geeigneter Gruppierung der beiden Frequenzbänder die Möglichkeit, das eine Frequenzband in der einen Richtung und unabhängig davon das zweite Band in der entgegengesetzten Richtung auf ein und derselben Doppelleitung zu übertragen. Um die beiden über die Leitung gemeinsam übertragenen Frequenzbänder wieder zu trennen, werden an beiden Enden Wellensiebe eingebaut (Abb. 6), durch die auch eine störende

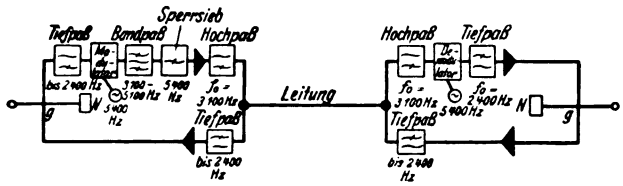


Abb. 6. Schaltung (mit mehr Einzelheiten) für Zweibandfernsprechen.

Rückkopplung an den Enden der Leitung verhindert wird. Der Hochfrequenzweg ist hierbei gewissermaßen der Ersatz für den einen Zweig einer Vierdrahtleitung, die also im Zweibandbetrieb zu einer Doppelleitung zusammenschrumpft. Man kann die Zweibandleitung auch als eine besondere Form der gewöhnlichen Zweidrahtleitung ansehen, u. zw. ist sie eine verbesserte Form, weil die Zweidraht-Zwischenverstärker einfacher gebaut werden können. Die Verwendung zweier zur Vermeidung gegenseitiger Störungen durch ein Band von 700 Hz voneinander getrennter Frequenzbänder gestattet, die Zwischenverstärker ohne Leitungsnachbildung und Brücken- oder Differentialschaltungen zu bauen (Abb. 7), da die Gefahr der Rückkopplung innerhalb der Verstärkerschaltung durch die Wellensiebe vermieden, zum mindesten sehr verringert wird.

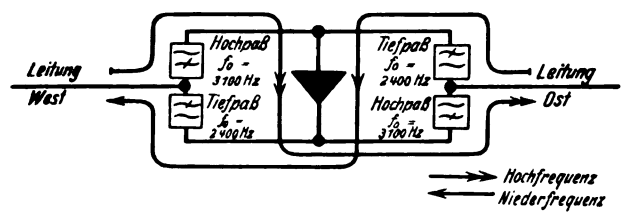


Abb. 7. Zwischenverstärker im Zweibandbetrieb.

Es bot sich Gelegenheit, das von S & H entwickelte Zweibandfernsprechen im dritten deutsch-schwedischen Fernsprech-Seekabel[1] Stralsund—Malmö in Zusammenarbeit mit der schwedischen Telegraphenverwaltung zu erproben. Das von der Felten & Guilleaume Carlswerk AG. hergestellte Kabel ist ein Blei-Papier-Kabel mit 12 schwach pupinisierten Viererseilen in Sternverseilung. Die Grenzfrequenz der Stammleitungen ist etwa 5400 Hz. Zwei Leitungen Berlin—Stockholm werden seit etwa zwei Monaten auf der Seekabelstrecke als Zweibandleitungen mit bestem Erfolg betrieben. Aus dem Ergebnis der Messungen des betriebsmäßigen Nebensprechens ist zu folgern, daß es möglich sein wird, alle Stammleitungen des dritten deutsch-schwedischen Fernsprech-Seekabels für das Zweibandfernsprechen nutzbar zu machen, also statt 12 normalen (Einband-) Sprechkreisen 24 Zweibandsprechkreise zu betreiben. (Höpfner, Europ. Fernspr. 1929, S. 229.) *Bkm.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Die Vorgänge am System Halbleiter—Leiter. — Die quantitativen Versuche über den Johnsen-Rahbek-Effekt zeigen noch große Abweichungen, die darauf beruhen, daß die Versuche sehr schwer exakt reproduzierbar gestaltet werden können. Einen großen Einfluß haben besonders die Feuchtigkeitsverhältnisse. H. Toby untersucht daher die Erscheinungen im Vakuum, dem gemessene Mengen Wasserdampf zugeführt werden. Die elektrische Adhäsion wurde dadurch bestimmt, daß ein nach Zugkraft geeichter Elektromagnet die Trennung der Elektroden besorgte. Die Abhängigkeit der Adhäsion von der Spannung läßt sich nur dann scharf erfassen, wenn man die Einflüsse der Auflagezeit und der vorangegangenen Spannung berücksichtigt. Wählt man die Auflagezeit so groß, daß sich ein Endzustand einstellt, und beseitigt man die durch vorhergehende Spannungen bedingte remanente Adhäsion, so erweist sich, daß die Adhäsion vollkommen der Thomsonschen Formel $F = c\frac{\varepsilon S V^2}{8\pi r^2}$ folgt. Sie ist also von dem durch das System gehenden Strom in weiten Grenzen unabhängig. Ein Einfluß der mit wachsender Spannung auftretenden Abstandsverringerung auf die nach der Abreißmethode gemessene Adhäsion ist nicht vorhanden. Der Einfluß der Feuchtigkeit besteht darin, daß mit wachsender Feuchtigkeit die Oberflächenstruktur des Halbleiters zu kleineren Elektrodenabständen verändert wird. Bei höchster Trockenheit und höchster Feuchtigkeit verschwindet die Adhäsion. Die Stärke des durch das System gehenden Stromes ist in erster Linie eine Funktion des auf die Kontaktflächen ausgeübten Druckes, also auch derjenigen Adhäsion, die vor dem Angreifen von Zugkräften an der Platte herrscht. Nach einer theoretischen Überlegung des Verfassers steigt die Stromstärke mit der 0,5. Potenz dieser Adhäsion, also mit der 2. ... 3. Potenz der Spannung. Die Gleichrichtung ist eine Folge des verschiedenen Verhaltens der Adhäsion verschiedener Polarität gegenüber. Bei höchster Trockenheit wird der Strom Null; bei höchster Feuchtigkeit nimmt er elektrolytischen Charakter an. (H. Toby, Ann. Phys. Bd. 86, S. 353.) *Br.*

Chemie.

Der chemische Vorgang im Bleiakkumulator. — M. A.-P. Rollet sucht zu entscheiden, welche der beiden z. Z. bekannten Theorien über die chemischen Vorgänge bei Ladung und Entladung des Bleisammlers die richtige ist, u. zw. die alte von Gladstone:

$$PbO_2 + Pb + 2\,H_2SO_4 \underset{\text{Ladung}}{\overset{\text{Entladung}}{\rightleftarrows}} 2\,PbSO_4 + 2\,H_2O$$

oder die neue von Féry:

$$Pb_2O_5 + 2\,Pb + H_2SO_4 \underset{\text{Ladung}}{\overset{\text{Entladung}}{\rightleftarrows}} 2\,PbO_2 + Pb_2SO_4 + 2\,H_2O.$$

Gegen die letztere spricht der durch Analysen festgestellte Gehalt der entladenen positiven Platte an $PbSO_4$, welcher der ihr entnommenen Strommenge genau entspricht und sich nach Féry nicht erklären läßt. Bezüglich der Theorie von Gladstone hat Verfasser das Bedenken, daß die wirksame Schicht der positiven Planté-Platte trotz ihrer geringen Dicke nur etwa 40 % derjenigen Strommenge liefert, welche nach dem Faradayschen Gesetz zu erwarten ist; diese Minderleistung kann nach seiner Ansicht weder durch die eintretende Abnahme der Leitfähigkeit der Masse noch durch die erschwerte Diffusion der Schwefelsäure erklärt werden.

In einer Bemerkung zu obigem Artikel versucht Féry die Bildung des Bleisulfats bei der Entladung der positiven Platte damit zu erklären, daß die frisch geladene Platte in ihren Poren Säure hoher Dichte enthält, in welcher eine verhältnismäßig große Menge Bleisulfat gelöst ist, und daß die Verdünnung dieser Säure während der Ruhe und der Entladung das in dünner Säure schwerer lösliche Bleisulfat sich kristallinisch innerhalb der Platte abscheidet. (M. A.-P. Rollet, Bull. Soc. Franç. El. Bd. 9, S. 832.). *Dr. Str.*

6. Jahresbericht der Chemisch-Technischen Reichsanstalt. — Die 5 Abteilungen der Chemisch-Technichen Reichsanstalt, welche bekanntlich in dem ehemaligen Militärversuchsamt zu Berlin-Plötzensee ihr Heim gefunden hat, gaben ihren Rechenschaftsbericht über ihre vielseitige Tätigkeit im Jahre 1927[1]. Die Abteilung für allgemeine Chemie hat ihre Azetylenarbeiten weitergeführt, im besonderen die Prüfung von porösen Massen für „Dissous-Azetylen"[2]. Die Grundsätze für die Zulassungsprüfung und die Durchführung werden eingehend behandelt. Die Prüfung von Wasservorlagen zur Sicherung von Azetylen-Hochdruckanlagen wurde verbessert. Die Verwendung von gereinigtem Azetylen als Betäubungsmittel bei Operationen („Narzylen") erforderte den Neubau handlicher Apparate. Für die Schweißtechnik wurde der Einfluß von Verunreinigungen des Sauerstoffes festgestellt. Andere Arbeiten galten der Sicherheit beim Verschicken von Dimethylsulfat, einer giftigen,

[1] ETZ 1927, S. 1312 u. 1371.

[1] Jahresbericht VI der Chemisch-Techn'schen-Reichsanstalt 1927. Mit 93 Abb. i. Text, 3 Taf., X und 253 S. in 8°. Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin 1929. Preis kart. 15 RM.

[2] Weil sich Azetylen zwar leicht verflüssigen läßt, aber dann höchst explosiv ist, so löst man es zur Aufspeicherung in Azeton, welches von einer porösen Masse aufgesaugt ist. Bei 15 atü nimmt eine 40 l-Flasche über 6 kg Azetylen auf. Die poröse Masse soll bei etwaigem Zurückschlagen der Schweißflamme eine Explosion verhüten.

Digitized by Google

leicht flüchtigen Flüssigkeit, und von Zellonlacken, der Lagerung von Werg, der Feststellung, unter welchen Umständen von dem Feuerlöschmittel Tetrachlorkohlenstoff das giftige Kohlenstoffoxydchlorid ($COCl_2$, „Phosgen") in schädlicher Menge abgespalten wird, der Brauchbarkeit von Lederölen, einem Fleckwasser usw.

Die Abteilung für Sprengstoffe hat unter anderem die große Gasexplosion in der Landsberger Straße und die Knallkörperexplosion in Dahlem begutachtet. Im Rahmen der Arbeiten über die Sicherheit beim Handhaben und beim Verschicken wurde die Behauptung, Phosphorkupfer sei selbstentzündlich, als irrig nachgewiesen. Ferner wurden wissenschaftliche Untersuchungen über die Detonationsgeschwindigkeit von Gelatinedynamit, über die Schnelligkeit, mit welcher Gasschwaden der Detonationswelle nachstürzen, über Explosionsdrucke, über die Bestimmung geringer Kohlenoxydmengen und über die Selbstentzündlichkeit von zerkleinertem Magnesium durchgeführt. Magnesiumpulver entzündet sich an der Luft bei 500 bis 600°, Aluminiumstaub dagegen schon bei 300°. Durch einen starken Zündfunken gerät trockenes Magnesiumpulver ins Glühen, aber ein Gemisch mit 10 % Wasser verpufft.

Die Abteilung für Metallchemie und Metallschutz berichtet wieder über ihre umfangreichen Arbeiten. Unter anderem ist bei der Einwirkung von Laugen auf Aluminiumlegierungen der wesentliche Einfluß einer sich von selbst ausbildenden Deckschicht anerkannt worden. In Seewasser wurde eine an sich besonders widerstandsfähige Aluminiumlegierung erheblich angegriffen, wenn Messing sie berührte, während ihre Vereinigung mit Eisenschrauben widerstandsfähiger war als diese einzelnen Metalle. Zur Prüfung von galvanisch verbleitem Eisen auf Porenfreiheit möchte ich aus eigener Kenntnis bemerken, daß durch Eisengehalt des Bleis Rostflecken verursacht werden können, welche aber nicht in die Tiefe gehen. Die Untersuchungen über Schutzschichten auf Aluminium (Tauchverfahren von Jirotka), über Grundanstriche mit Mennige, Bleiweiß oder Eisenoxyd, über Wasseraufnahme von Anstrichen usw. seien kurz erwähnt. Auf S. 206 wird unter der Überschrift „Verzinkung und Verbleiung von Dachverblechungen" kühn behauptet: „Gegen besondere Beanspruchung gewährt die Verzinkung keinen genügenden Rostschutz." Gemeint ist der Schutz gegen Rauchgase, welche schweflige Säure enthalten. In Wirklichkeit bewährt sich auch hier gute Verzinkung ausgezeichnet. Jene Äußerung bedeutet eine einseitige Empfehlung des Verbleiens.

Die physikalische Abteilung hat Zündschnüre und Zünder untersucht, Dampfdrucke von Methylbromid gemessen, Schutzvorrichtungen von Benzintanks geprüft und ist der Ursache von Bränden beim Pulvern von Aluminium (für Bronzefarben und Sprengstoffe usw.) nachgegangen. Aluminiumpulver, das langsam an der Luft erhitzt wird, schützt sich durch Verstärken seiner Oxydhaut; kommt aber unter Luftabschluß erhitztes Aluminiumpulver plötzlich mit dem Luftsauerstoff in Berührung, so kann es sich entzünden. Verreiben mit einem chemisch untätigen Fett, z. B. Vaseline, vermindert die Gefahr.

Das Referat für mechanisch-technische Untersuchungen hat 1927 nicht weniger als 3663 Einzeluntersuchungen ausgeführt, unter anderem über die Abnahme der Kerbzähigkeit mit sinkender Temperatur.

Wie man sieht, bietet der Jahresbericht wieder viel Gutes und Wichtiges. K. Arndt.

Werkstatt und Baustoffe.

Isolieröle für Hochspannungskabel. — Die Standard Telephones and Cables, Ltd., hat umfangreiche Untersuchungen von Ölen angestellt, wie sie bei der Tränkung von Hochspannungskabeln Verwendung finden. Die Ansichten über die erforderlichen Eigenschaften solcher Öle gehen bekanntlich zur Zeit noch in manchen Punkten wesentlich auseinander; gerade deshalb aber ist neues experimentelles Material von Bedeutung. Obige Untersuchungen erstreckten sich auf das chemische, physikalische und elektrische Verhalten der Öle und die Verfallserscheinungen. Im ganzen wurden 40 verschiedene Sorten geprüft.

In chemischer Hinsicht müssen die Öle vor allem Konstanz ihrer Eigenschaften aufweisen und säurefrei sein, da Säuregehalt stets die Leitfähigkeit, also die Verluste erhöht. Die beachtlichen physikalischen Eigenschaften sind geeignete Viskosität, Dehnbarkeit, Wärmeleitfähigkeit, die elektrischen geringe dielektrische Verluste und im Interesse niedriger Kapazität eine niedrige Dielektrizitätskonstante.

Von den zahlreichen Messungsergebnissen kann nur einiges hervorgehoben werden:

Die dielektrischen Verluste hängen stark von dem Erstarrungspunkt des Tränköls ab, s. Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

	2000 V/mm	3000 V/mm	4000 V/mm	5000 V/mm	
tg δ bei 50 Hz und 16°	0,0105	0,0115	0,0117	0,0115	Erstarrungspunkt 13°
	0,006	0,024	0,08	0,099	„ 55°

Ein in gleicher Weise behandeltes, jedoch mit einem Öl, das bei — 5 ° erstarrt, getränktes Kabelprüfstück zeigte bei den obigen Beanspruchungen ein konstantes tg δ von etwa 0,003. Öle mit hohem Erstarrungspunkt führen nach Ansicht von Riley und Scott zu Porenverstopfungen und demzufolge zu Hohlraumbildung; bei solchen Kabeln ist der Ionisationspunkt ausgeprägt. Der Erstarrungspunkt hängt seinerseits von der Abkühlungsgeschwindigkeit ab; schnelle Abkühlung hält das Öl bis zu tiefen Temperaturen flüssig, bei Ölen mit hohem Erstarrungspunkt ist Tränkung mit schneller Abkühlung wesentlich günstiger als langsame. Harzzusatz erhöht den Erstarrungspunkt, ist also in dieser Hinsicht nachteilig. Außerdem sinkt der Ausdehnungskoeffizent mit steigendem Harzgehalt. Die Bedeutung der Ausdehnung der Tränkmasse zeigen folgende, an einem Dreifachkabel mit Gürtelisolation gemessene tg δ-Werte:

Zahlentafel 2.

Drehstromspannung	10 kV	20 kV	40 kV	50 kV
A	0,006	0,006	0,0085	0,0115
B	0,01	0,011	0,01	0,009
C	0,006	0,007	0,03	0,034

Dabei gilt Fall A für das Kabel gleich nach der Fabrikation, B nach Erwärmung auf 60 °, infolge deren sich die Tränkmasse ausdehnt und den Bleimantel aufweitet; während der Abkühlung geht der Mantel nicht auf sein anfängliches Maß zurück, es bilden sich Hohlräume, und die Verluste sind entsprechend größer (Fall C). Diese Feststellungen bestätigen die in letzter Zeit häufiger vertretene Ansicht über die Volumenänderung des Bleimantels, wie auch aus der Diskussion zu dem hier referierten Vortrag hervorgeht; dagegen berichtet Beaver über Messungen zur Feststellung des Verhaltens des Bleimantels bei Erwärmung und Abkühlung, die keinerlei bleibende Aufweitung erkennen ließen, und von Messungen an Kabeln, welche eine bemerkenswerte Stabilität der dielektrischen Eigenschaften trotz mehrfacher Erwärmungs- und Abkühlungszyklen offenbarten.

Bei verschiedenen Ölen wurde auch die Dichte in Abhängigkeit von der Temperatur sowie der beträchtliche Einfluß von Harzzusätzen bei verschiedenen Prozentsätzen und Temperaturen untersucht; besonders bei niedrigeren Temperaturen, z. B. 40 °, steigt die Viskosität sehr schnell mit hohen Anteilen an Harz, verhältnismäßig wenig dagegen bei 80 °. Das bedeutet, daß Harzzusätze die gute Tränkung erschweren. Öle mit nahezu gleichen Viskositätswerten bei 60 ° können bei andern, besonders niedrigeren Temperaturen voneinander außerordentlich abweichende Werte zeigen. Auch bei der Drainage spielt die Viskosität eine wichtige Rolle. Versuche zu einer theoretischen Formulierung der Abhängigkeit der Viskosität-Temperatur-Charakteristik von den Eigenschaften verschiedener Öle bilden bemerkenswerte Ansätze zu einem tieferen Verständnis der Bedeutung der Viskosität für die dielektrischen Eigenschaften der Kabelisolation. Auch die Wärmeleitfähigkeit hängt unter anderm mit der Hohlraumbildung zusammen. Sie steigt mit zunehmender Temperatur, d. h. mit besserer Ausfüllung der Hohlräume mit Tränkmasse. Der thermische Widerstand K liegt für Kabel zwischen 300 und 1300 ° C/Wcm², bei getrocknetem Papier allein unter 1 mm Druck bei etwa 3000, für Öl allein bei 50 ... 60 ° bei etwa 200. K sollte nach Ansicht der Verfasser für ein gut getränktes Kabel etwa 550 sein. Auch im Interesse geringen thermischen Widerstandes sind also Gaseinschlüsse möglichst zu vermeiden.

Von den elektrischen Eigenschaften ist der Gleichstromwiderstand besonders wichtig. In der Transformatoren- und Kabeltechnik gebräuchliche Öle zeigen selbst nach intensiver Vakuumtrocknung noch dielektrische Absorption. Der Gleichstromwiderstand steigt stark mit der Spannung und mit der Zeitdauer; trocknes Papier verhält

Digitized by Google

sich umgekehrt, soweit überhaupt aus den besonders schwierigen Messungen Schlüsse gezogen werden dürfen. Abb. 8 zeigt die bei Kabeln gleichen Papiers aber verschiedener Tränköle bei 800 Hz gemessenen tg δ-Werte in Abhängigkeit von der Temperatur. Alle Proben waren gründlich im Vakuum getrocknet und vor der Tränkung durch tg δ-Messungen während des Trocknens auf gleiche Charakteristik gebracht. Den Öleigenschaften kommt nach Abb. 8 entscheidende Bedeutung zu. Umgekehrt

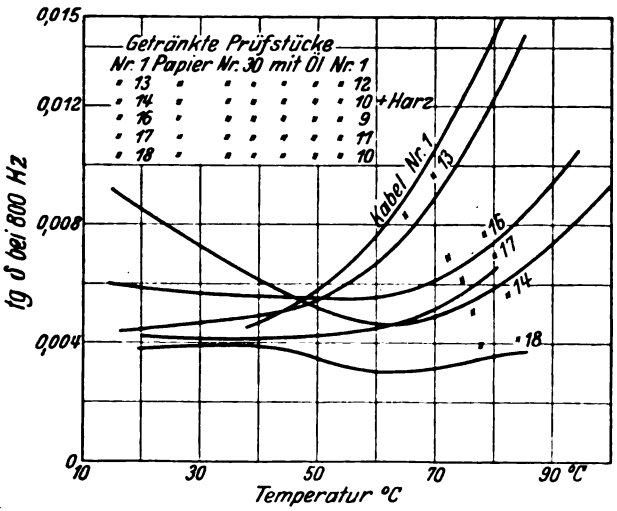


Abb. 8. Verlustwinkel von Kabeln mit verschiedener Öltränkung, abhängig von der Temperatur (Frequenz 800 Hz).

wurden auch verschiedene Papiersorten und Trocknungsgrade vor der Tränkung mit demselben bestimmten Öl untersucht. Bei allen diesen Messungen spielt der mit der Spannung wachsende Kontaktwiderstand eine Rolle. Den Verlustfaktor von 2,54 mm dicken Ölschichten bei verhältnismäßig geringen Spannungen zeigt für ein bestimmtes Öl die Zahlentafel 3.

Zahlentafel 3.

Temperatur °C	bei 50 Hz		
	1000 V	2500 V	Verhältnis
104	0,0514	0,055	1,07
50	0,0023	0,0027	1,17
20	0,0006	0,0008	1,33

Der Anstieg von tg δ mit der Spannung ist also am stärksten bei kleinen Temperaturen.

Zerfallserscheinungen des Öls sind die Folge von Oxydation bei Luftzutritt oder durch Lufteinschlüsse im Dielektrikum, von Instabilität der chemischen Struktur und Änderung der letzteren durch Einwirkung des elektrischen Feldes. Ein 500 h erhitztes Öl zeigte bei der Messung bei 15 ° eine prozentuale Änderung der Viskosität um — 4,5 %, der Dichte um 0,05 %, also nur geringe Unterschiede, dagegen einen Unterschied der tg δ-Werte vor und nach dem Erhitzen von 507 %. Das ist im wesentlichen der Oxydation zuzuschreiben, wie Kontrollversuche im Vakuum bewiesen. Jedenfalls gestattet die tg δ-Messung während mehrstündiger Erhitzung auf 100 °, gute und schlechte Öle voneinander deutlich zu unterscheiden. Entsprechende Ergebnisse liefert die deutsche Verteerungsprüfung. Bei niedrigeren Frequenzen tritt die schädigende Oxydationswirkung viel stärker in Erscheinung als bei hohen: so zeigt ein Öl nach 95 h Erwärmung an der Luft bei 92 ° z. B. bei 70 ° und 50 Hz ein tg δ von 0,27, bei 800 Hz von 0,02. Vom chemischen Standpunkt aus sind Öle, welche vor Berührung mit Luft hinreichend geschützt werden, ausreichend stabil.

Schädigungen des Öls durch elektrische Feldwirkungen treten selbst bei 6- bis 7facher Normalbeanspruchung nicht auf, wenn sich nicht Koronaerscheinungen in Gasblasen einstellen, woraus wiederum die Notwendigkeit folgt, solche zu vermeiden. Eine Regeneration schlecht gewordenen Öls durch Filtration, Zentrifugieren und chemische Reinigung ist nach diesbezüglichen Versuchen nur mit geringem Erfolg möglich, d. h. nur soweit, als die festen Bestandteile (wie die Verschlammung von Transformatorenöl) beseitigt werden können. Vermutlich bleiben andere Oxydationsprodukte im Öl in Lösung, die anscheinend auch auf chemischem Wege nicht zu entfernen sind.

Ein ausführliches Literaturverzeichnis ist der umfangreichen Arbeit angefügt. Im Anhang wird die zu den tg δ-Messungen bei Tonfrequenz benutzte Meßbrücke mit den üblichen Abschirmungen kurz beschrieben; zu Niederfrequenzmessungen bei Hochspannung diente eine Scheringbrücke. Zur Vermeidung von Kriech- und Gleitentladungen an den Enden der Prüfstücke wurden die bekannten Vorsichtsmaßnahmen getroffen.

Die ebenfalls sehr ausführliche Diskussion ergab, wenn auch in einzelnen Punkten die Ansichten, wie bereits einmal erwähnt wurde, weit auseinandergingen, Übereinstimmung darin, daß die physikalischen Eigenschaften der Tränköle besondere Beachtung verdienen und daß auf diesem Gebiete noch viel Forschungsarbeit geleistet werden muß, bis die Zusammenhänge aller einzelnen Faktoren eindeutig erkennbar werden. (T. N. Riley u. T. R. Scott, J. Inst. El. Engs. London, Bd. 66, S. 805.) *Eg.*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Brüsseler Konferenz über internationale Normung im Bahnwesen. — In einer gemeinsamen Sitzung von Vertretern der IEC, der Union Internationale de Tramways und der Union Internationale de Chemins de Fer in Brüssel war beschlossen worden[1], ein „Committee Mixte" mit der Vorbereitung einer internationalen Normung auf dem Gebiete des Bahnwesens zu betrauen. Das Committee Mixte hat nun eine Besprechung nach Brüssel anberaumt, die in der 2. Aprilwoche stattfinden soll. Die obengenannten Verbände entsenden je fünf Delegierte, außerdem sollen die Länder Deutschland, Frankreich, Schweden, Schweiz, Belgien je einen Vertreter der Fabrikanten von Bahnmotoren benennen, so daß insgesamt 20 Delegierte an der Tagung teilnehmen werden. *nkl*

Ausstellungen und Messen, deren Beschickung der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie nicht empfiehlt. — Die Ausstellungs- und Messekommission des ZV empfiehlt ihren Mitgliedern, die Ausstellung für Gesundheitstechnik und Städtehygiene auf der 20. Prager Internationalen Mustermesse (16. bis 23. III.), die Internationale Ausstellung für Verkehr und Touristik, Posen (6. VII. bis 19. VIII.) und die Frühjahrsausstellungen Zagreb (5. bis 14. IV.) nicht zu beschicken. Für die messereverspflichtigen Firmen wurde die Beteiligung an der Veranstaltung Berliner Hausfrauenvereine „Hauswirtschaftlicher Betrieb im Einküchenhause", Berlin, dem 59. Landwirtschaftlichen Maschinenmarkt, Breslau (15. bis 18. V.), der Deutschen Bäckereifachausstellung, Kiel (9. bis 17. VIII.), der 3. Süddeutschen Gastwirtsmesse, Mainz (3. bis 12. V.) und an der Ausstellung „Frauenwirken in Haus und Familie", Düsseldorf (9. III. bis 13. IV.) abgelehnt.

Elektrizitätsausstellung in Enschede (Holland) 1930. — Eine für die Zeit vom 19. bis 30. VI. in Enschede vorgesehene Elektrizitätsausstellung umfaßt u. a. elektrische Maschinen und Apparate, Hebe- und Transportanlagen, elektromedizinisches Gerät, Heizung, Beleuchtung, Lichtreklame usw. Das Deutsche Ausstellungs- und Messe-Amt, nach dessen Ansicht eine Beschickung der Ausstellung mit Rücksicht auf die günstige verkehrstechnische Lage Enschedes von der westdeutschen Industrie vielleicht in Erwägung gezogen werden sollte, stellt Interessenten die Drucksachen des Unternehmens zur Verfügung, dessen Sekretariat sich in Enschede, Stadsgravenstr. 50, befindet.

Internationale Hygieneausstellung Athen 1930. — Anläßlich des 1. Panhellenischen Hygienekongresses wird das Organisationskomitee auf Beschluß des hellenischen Gesundheitsamts und verschiedener medizinischer Gesellschaften in Athen vom 1. V. bis 30. VI. eine Hygieneausstellung veranstalten. Es handelt sich dabei u. a. um die Vorführung von Instrumenten und Apparaten, Einrichtungen für Hospitäler usw. Schaugüter werden bis zum 25. IV. angenommen, die Einschreibegebühr beträgt 1 £, die Platzmiete je 1 m² 3 ... 20 £.

Allgemeine Landesausstellung Windhuk 1930. — Wie der Daumadienst berichtet, wird vom 22. bis 24. V. zum erstenmal seit der Vorkriegszeit in Windhuk eine allgemeine Landesausstellung stattfinden, die deutsche Firmen unmittelbar beschicken können. Das Schaugut ist an die Ausstellung zu Händen ihres Sekretärs zu richten. Nähere Auskunft erteilt das Deutsche Ausstellungs- und Messe-Amt.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1885.

Digitized by Google

Mailänder Mustermesse 1930. — Die diesjährige Messe, an der sich die deutsche Regierung und die deutschen Wirtschaftskreise wieder beteiligen werden, findet vom 12. bis 27. IV. statt. Reichskommissar ist, wie im Vorjahr, Ministerialrat Dr. Willecke, Berlin W 10, Viktoriastraße 34; von ihm können die allgemeinen Bestimmungen für die Messe und die Anmeldeformulare bezogen werden.

Internationale Mustermesse Posen 1930. — Die im Vorjahr nicht abgehaltene Messe findet diesmal vom 27. IV. bis 4. V. statt. Ausländische Waren müssen mit einem von dem zuständigen polnischen Konsulat visierten Ursprungszeugnis versehen sein. Die Messedrucksachen sind beim Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amt erhältlich.

Energiewirtschaft.

Die elektrischen Anlagen in Norwegen. — Nach den Jahresberichten der Staatlichen Inspektoren für die elektrischen Anlagen in Norwegen haben sich diese im Rechnungsjahr 1928 wie folgt entwickelt[1]:

	Stand am 31. XII. 1928	1927
Zahl der Stromerzeugungsanlagen	2 149	2 023
Gesamte Generatorenleistung kW	1 686 256	1 579 086
Zahl der Akkumulatorenbatterien	389	307
Kapazität der Batterien kWh	18 925	19 638
Für Motoren verwendet kW	582 264	564 238
Für elektrochemische Zwecke verwendet kW	675 973	654 810
Im ganzen installiert:		
Glühlampen	5 934 289	5 771 356
Motoren	80 354	75 888

Wie im Bericht für 1927 mitgeteilt wurde, sind die elektrischen Anlagen auf Schiffen nicht einbegriffen. Bis Ende 1928 waren etwa 19 548 km Hochspannungsfernleitungen im Betrieb (19 188 i. V.); das Niederspannungsnetz umfaßte insgesamt 27 371 km (27 014 i. V.). Die durchschnittliche Größe der Anlagen betrug im Berichtsjahr etwa 785 kW. Die Verwendung elektrischer Arbeit für elektrochemische Zwecke, Beleuchtung und Antriebe steigt weiter recht langsam. Ende 1928 waren, auf den Einwohner gerechnet, 2,1 Glühlampen installiert (2,08 i. V.). Die Durchschnittsleistung der Motoren betrug etwa 7,24 kW (7,4 i. V.).

Etwa 105 Brände und 28 Unglücksfälle sind 1928 durch Elektrizität verursacht worden, von letzteren waren 12 tödlich. *N. Sch.*

Im Anschluß an diesen Bericht seien Mitteilungen skandinavischer Zeitungen erwähnt, denen zufolge der norwegische Wasserbauingenieur Kinck zusammen mit zwei anderen Herren einen Plan entworfen hat, elektrische Arbeit von Norwegen nach Norddeutschland, evtl. auch Dänemark und Schweden zu übertragen. Der Verwirklichung dieses Gedankens sollen drei Wasserkraftwerke in Telemarken und Sörland dienen, von deren Gesamtleistung man rd. 0,6 Mill kW über Svelvik an der schwedischen Grenze und Trälleborg je nachdem durch Kabel über Saßnitz oder über die dänische Insel Seeland nach Lübeck zu leiten beabsichtigt. Die Gesamtkosten werden auf rd. 500 Mill Kr geschätzt. Mit der Ausarbeitung des Projekts sind nach dem Berl. Börs.-Cour. die Siemens-Schuckertwerke AG. beschäftigt.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[2]. — Die Elektrowerke AG., Berlin, haben 1929 ihre Kraftwerke bestimmungsgemäß erweitert. u. zw. Zschornewitz um 210 000 kW, Lauta um 40 000 kW und Trattendorf um 30 000 kW, so daß die gesamte installierte Leistung am Ende des Geschäftsjahres 730 000 kW betrug. Die beiden erstgenannten Zentralen sind durch eine 100 kV-Doppelleitung von 140 km Länge verbunden worden, die gestattet, je nach den Bedürfnissen des Betriebs und des Absatzes erhebliche Leistungen von Zschornewitz in das östliche Versorgungsgebiet und von den Lausitzer Kraftwerken in die Provinz Sachsen zu liefern, gleichzeitig aber auch einen Ausgleich in der Ausnutzung der Gruben erlaubt. Das 100 kV-Netz umfaßte am Jahresschluß rd. 1060 km Doppelleitung. Mit den Lonza-Werken, Elektrochemische Fabriken G. m. b. H. wurde ein neuer Lieferungsvertrag geschlossen, und infolge eines Abkommens mit den Electricitäts-Werken Liegnitz haben die Elektrowerke von 1930 an für diese eine Grundstromlieferung übernommen; das Liegnitzer Werk wurde auf die Erzeugung des Spitzenstroms beschränkt. Damit ist die letzte der vier großen niederschlesischen Überlandzentralen an die Fernstromversorgung der Berichterstatterin angeschlossen. Die Gesamterzeugung letzterer hat sich von 2009 auf 2332 Mill kWh gesteigert; die Zunahme erstreckte sich gleichmäßig auf die Lieferungen an die Großchemie und an die Landesversorgung. Die Beteiligungen haben befriedigende Ergebnisse gebracht, einige erfuhren Erhöhungen, besonders die bei der Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt AG., welche nunmehr nom. 3,2 Mill RM ausmacht. Neu erworben wurde die Aktienmehrheit des Braunkohlenunternehmens Greppiner Werke in Wolfen bei Bitterfeld. Der Betriebsüberschuß betrug 17 450 745 RM (14 440 220 i. V.), die Einnahme aus Zinsen und Dividenden 2 858 370 RM (2 668 612 i. V.). Aus 5 734 182 RM Reingewinn mit Vortrag (5 221 596 i. V.) entfielen bei nunmehr 90 Mill RM Aktienkapital wieder 8 % Dividende. In der GV. wurde auf das hier schon erwähnte Abkommen der Elektrowerke mit dem Provinzialverband Sachsen und sodann auf eine Verlängerung des Stromlieferungsvertrags mit der Bewag bis 1948 hingewiesen, die, veranlaßt durch ein Darlehnsgeschäft zwischen den Elektrowerken und der Stadt Berlin, eine Erhöhung der Bereitstellung von bisher 60 000 um 50 000 kW Grundstrom vorsieht und die Basis für eine weitere noch engere Zusammenarbeit der beiden Unternehmungen schafft.

Infolge Wegfalls der aushilfsweisen Belieferung eines benachbarten Elektrizitätswerks ist die nutzbare Stromabgabe des Großröhrsdorfer Elektrizitätswerks G. m. b. H., Großröhrsdorf i. Sa., 1928/29 von 11,945 auf 8,944 Mill kWh zurückgegangen, und auch der Umsatz der Installationsabteilung hat sich gegen das Vorjahr verringert. Der Anschlußwert erreichte 15 196 kW (14 861 i. V.). Einschließlich des Installationsgewinns stellten sich die Betriebseinnahmen auf 1 403 186 RM (1 591 861 i. V.) und der Reingewinn mit Vortrag auf 163 482 RM (162 316 i. V.). Auf das unveränderte Gesellschaftskapital von 1,5 Mill. RM gelangten wieder 10 % Dividende zur Verteilung.

Im Herbst 1929 hatte das Präsidium der RWE, um die lang andauernden Auseinandersetzungen über die Regelung der Elektrizitätswirtschaft im Saargebiet zu beenden, den Beschluß gefaßt, die Saarland-Lothringen Elektrizitäts-AG. (SLE) aufzufordern, dem Demarkationsabkommen zwischen der Preag und dem RWE vom 26. VI. 1926 beizutreten, widrigenfalls ein Beschluß des Präsidiums vom März 1928, der die Bereitwilligkeit des RWE erklärte, seinen Vertrag mit der Weiherzentrale auf den Wunsch ihrer Organe wieder rückgängig zu machen, als erledigt zu betrachten sei. Im Fall des Beitritts sollten in einer Aussprache mit dem Zweckverband Weiherzentrale, der Preag und der SLE die übrigen Elektrofragen erörtert werden. Die SLE ist dann dem Demarkationsabkommen beigetreten, und nunmehr hat der Zweckverband Weiherzentrale ebenso wie der Kreisausschuß von Saarlouis beschlossen, sich dem Stromnetz der SLE anzuschließen. Damit ist die seit langem erstrebte Einigung in der Elektrizitätswirtschaft des Saargebiets i. a. erreicht.

In der GV. des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerks, die Ende 1929 eine Erhöhung des Aktienkapitals von 62 Mill RM auf 243 Mill RM beschlossen hat, ist eine Steigerung des Stromabsatzes in den ersten fünf Monaten des laufenden Geschäftjahres auf 1220 Mill kWh, d. h. um fast 70 % gegen die gleiche Zeit des Vorjahres (730 Mill kWh), bekanntgegeben worden. Der Prospekt für die Zulassung der neuen Inhaberaktien an verschiedenen Börsen besagt, daß das zusammenhängende Versorgungsgebiet der Gesellschaft und ihrer Tochterunternehmungen nunmehr den größten Teil der Rheinprovinz, große Teile der Provinzen Westfalen, Hessen-Nassau, Hannover, Rheinhessen sowie Teile von Oldenburg und des Saargebiets, insgesamt 45 400 km² umfasse. Die Abrundung und der Zusammenschluß in diesem Bereich werde auch im laufenden Jahr fortgesetzt. So seien die Anlagen der Elektrizitäts-Zweckverbände Kreis St. Goar und Bacharach-Niederheimbach sowie des Landkreises Düren übernommen worden. Die Zusammenarbeit mit der zum Konzern der Gesellschaft gehörigen Braunkohlen-Industrie AG. Zukunft (Biag) verstärkte sich durch Angliederung der Kraftwerk Zukunft AG., Weisweiler. Der Betrieb der Kraftwerksgesellschaft erfolgt in Verbindung mit dem Wasserkraftwerk der Urfttalsperren-Genossenschaft durch die Biag. Mittels Erwerb von Kuxen hat das RWE seinem Konzern das Braunkohlen- und Kraftwerksunternehmen der Ge-

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1378.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 219.

Digitized by Google

werkschaft Gustav in Dettingen angeschlossen und infolgedessen auch wesentliche Stromlieferungsverträge mit der Hessischen Eisenbahn-AG., Darmstadt, der Preag und nach Bayern zu erfüllen. Das Kraftwerk Dettingen ist über die Station Kelsterbach mit der Hauptsüdleitung zusammengeschlossen. — Nach Berichten der Tagespresse erwarb das RWE aus dem Besitz des Landkreises Aachen 50 % der Gesellschaftsanteile der Rheinischen Licht- und Kraftwerke G. m. b. H. in Brand. Es hat ferner der Stadt Remscheid ein Angebot auf Übernahme sämtlicher der Stadt gehörenden Leitungen, Hausanschlüsse usw. gegen einen Betrag von 5 Mill RM gemacht und sich den Strom der Wasserkraftwerke gesichert, die auf der Teilstrecke der Neckarkanalisierung zwischen Heidelberg und Gundelsheim liegen; es wird diese unterhalten und binnen 25 Jahren vollständig an die Erbauerin, die Neckar AG., abzahlen. Die beiden hierfür in Frage kommenden Werke sind die Staustufen Neckargemünd und Neckarsteinach. Zu erwähnen sind schließlich die Projekte eines neuen Dampfkraftwerks des RWE von etwa 0,1 Mill kW, das den bei der Emscher Genossenschaft anfallenden Kohlenschlamm verwerten dürfte, und der Anlage eines Speicherkraftwerks an der Ruhr, ähnlich dem soeben in Betrieb genommenen von Herdecke, Pläne, an denen sich evtl. auch die VEW beteiligen würden.

RECHTSPFLEGE.

Gehören die bei der Anlage von Fernleitungen vorkommenden Erdarbeiten dem Baugewerbe oder der Elektrotechnik an? — Eine Überlandzentrale, die neben der Versorgung ihres Bezirkes mit Strom auch Landleitungen baut und die Anschlüsse installiert, stellte im Auftrage einer Stromversorgungs-AG. eine Doppelleitung her. Eine Leitung wurde neu angelegt, die andere instandgesetzt. Bei diesen Arbeiten beschäftigte sie Bauhilfsarbeiter, die nach einem bei ihr eingeführten Metallarbeitertarif entlohnt wurden. Die Arbeitnehmer beanspruchten den höheren Lohn nach dem allgemeinverbindlichen Landestarifvertrag für das Baugewerbe. Arbeitsgericht und Landesarbeitsgericht erkannten diesen Anspruch als zu Recht bestehend an. Das Reichsarbeitsgericht hielt die vorgenommenen Arbeiten fachlich für nicht dem Baugewerbe, sondern der Elektrotechnik zugehörig und verneinte demgemäß die Anwendbarkeit des Baugewerbetarifs. (Urteil v. 6. XI. 1929 — RAG. 270/29.)

Es handelte sich um folgende Arbeiten: Auf einer Strecke von 650 m wurden 30 ... 40 hölzerne Masten zwecks Abkürzung der Leitung neu gesetzt. Die Arbeiter wurden mit dem Transport der Holzmasten, der Leitungseile und der Eisenkonstruktionsteile, mit dem Ausziehen der Leitungsdrähte, aber auch mit dem Graben der Mastenlöcher und ihrem Ausfüllen beschäftigt. AG. und LAG. sahen hierin Tiefbauarbeiten. Es sei nicht richtig, daß der Bau von Fernleitungen mehr auf dem Gebiete der rein elektrotechnischen Arbeiten läge. Denn mit dem Bau von Fernleitungen sei z. B. auch die Errichtung von Transformatorenstationen, eine Hochbauarbeit also, verbunden, bei der Festlegung von Eisenmasten die gleichfalls unter den Baugewerbetarif fallende Betonarbeit. An sich sei zwar die Überlandzentrale keine „Baufirma", mache jedoch ein Bauunternehmen zum Gegenstand ihrer betrieblichen Tätigkeit. Es sei im übrigen Gegenstand allgemeiner Kenntnis, daß mit der Neuanlage von Fernleitungen, besonders mit der Aufrichtung und Feststellung der Leitungsmasten erhebliche Erdarbeiten verbunden seien. Erdarbeiten jeder Art sehe aber der Baugewerbetarif als Tiefbauarbeiten an. Daraus resultiere der Anspruch auf Entlohnung nach dem Baugewerbetarif.

Nach Auffassung des RAG. handelte es sich jedoch nicht um Erdarbeiten allein, sondern um solche, die in ständigem Zusammenhang mit Arbeiten auszuführen sind, die fachlich nicht dem Tiefbaugewerbe, sondern der Elektrotechnik zugehören. Ebenso wie z. B. nach der Rechtsprechung des RAG. (Urt. v. 18. IX. 1929 — RAG. 29/29) die an sich als Erdarbeit anzusprechende Neuanlegung von Gleisen zum Zwecke eines Eisenbahnbetriebes aus der Geltung des Bautarifs herausfalle, seien hier die vorgenommenen Erdarbeiten nicht für die Charakterisierung der ganzen Arbeit ausschlaggebend. Vielmehr müßten die bei dem Leitungsbau vorkommenden Erdarbeiten richtiger als bloße Hilfsarbeiten für das den Arbeitsvorgang kennzeichnende elektrotechnische Werk bezeichnet werden. Der Aufwand an Arbeitszeit für die Erdarbeiten sei weit geringer gewesen als der Zeitaufwand für elektrotechnische Arbeiten, auch die für die Erdarbeiten beschäftigten Kräfte hätten sich weit in der Minderzahl gegenüber den aus dem Fach stammenden befunden. Zwar könnten auch die mit der Anlage von Fernleitungen verbundenen Erdarbeiten einen solchen Umfang annehmen, daß sie arbeitstechnisch s e l b s t ä n d i g seien und geeignet wären, einem Tiefbauunternehmen gesondert übertragen zu werden, aber um eine so bedeutende und selbständige Arbeit handele es sich im vorliegenden Fall nicht. Der Baugewerbetarif sei daher nicht anzuwenden.

Dr. jur. C. v. d e m B u s c h.

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

Wiedereinsetzung in den vorigen Stand wegen Versäumung der Berufungsfrist. — In einer Nichtigkeitsklage war die Berufung mittels eines Schriftsatzes eingereicht worden, der am Kopf die Firmenbezeichnung der Klägerin und am Ende einen Vollmachtstempel, jedoch keine Unterschrift auswies. Da infolgedessen die Berufung nicht frist- und formgerecht eingelegt war, stellte die Klägerin Wiedereinsetzungsantrag und berief sich darauf, daß der Leiter ihrer Patentabteilung den Berufungschriftsatz einer in letzterer ständig mit den einschlägigen Verrichtungen beschäftigten, als zuverlässig und gewissenhaft erwiesenen Hilfskraft zur Vornahme von Verbesserungen ununterzeichnet gegeben und diese ihn versehentlich, ohne die Unterschrift einzuholen, beim Reichspatentamt eingereicht habe.

Das RG. hat in einer Entscheidung des ersten Zivilsenats vom 27. XI. 1929, I. 195/29 die Wiedereinsetzung mit folgender Begründung beschlossen:

Bei einem Betrieb von der Bedeutung des klägerischen erscheint eine Arbeitsteilung als zulässig, bei welcher mechanische Arbeiten, wie die Fertigmachung und Absendung von Schriftsätzen, der Fürsorge von Hilfskräften überlassen bleiben. Ein Versehen letzterer ist in solchem Falle nicht dem Abteilungsleiter oder Geschäftsführer zur Last zu legen, wenn diese ihrer Überwachungs- und Sorgfaltspflicht nachgekommen sind. Als Maßnahme, die im vorliegenden Fall voraussichtlich den Formfehler ausgeschlossen hätte, kommt die Einrichtung einer alle ausgehenden Schreiben nochmals überprüfenden Stelle in Betracht. Billige Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit und Vereinfachung des Geschäftsverkehrs läßt es jedoch als geboten erscheinen, die Anforderungen in dieser Richtung, welche die Gefahr einer Überorganisation mit sich bringen, nicht zu überspannen. Die Sorgfaltspflicht wird, von besonderen Fällen abgesehen, in erster Linie ihren Ausdruck darin finden, daß nur eine in solcher Tätigkeit erprobte und als zuverlässig befundene Kraft ständig mit ihr betraut wird, selbstverständlich, ohne daß damit eine Überwachung dieser Tätigkeit, wie sie sich im täglichen Verkehr ohne weiteres als möglich ergibt, wegfiele. . . . . Im vorliegenden Fall sind hinreichend Anhaltspunkte für die Notwendigkeit, eine derartige Überwachungsstelle einzuschalten, nicht gegeben

Danach beruht die Nichtunterzeichnung der Berufungsschrift nicht auf einem Verschulden leitender Stellen der Beklagten, sondern auf dem als unabwendbaren Zufall zu bezeichnenden Versehen einer an sich erprobten Hilfskraft.

Verfügungsbefugnisse eines deutschen Konkursverwalters über österreichische Patentanmeldungen. — Der Masseverwalter in einem im Deutschen Reich anhängigen Konkursverfahren hatte das Recht aus einer österreichischen Patentanmeldung an einen Dritten ordnungsgemäß zediert und übertragen, der nun seinerseits beim österreichischen Patentamt Antrag stellte, die Anmeldung auf seinen Namen zu übertragen. Die juristische Anmeldeabteilung des österreichischen Patentamtes lehnte in einer Entscheidung vom 26. III. 1929 diesen Antrag ab, indem sie zwar anerkannte, daß die vorgelegten Beweismittel ordnungsgemäß seien, jedoch sei Gegenseitigkeit der entsprechenden Bestimmung (§ 67) der österreichischen Konkursordnung im Verhältnis zum Deutschen Reich nicht gegeben und der ausländische Masseverwalter daher nicht berechtigt, über inländische Vermögen des Gemeinschuldners zu verfügen, wozu österreichische Patente bzw. Rechte aus österreichischen Patentanmeldungen gehören. Die Anmeldung werde daher auf den Namen des ursprünglichen Anmelders weiter behandelt werden.

Patentschutz auf den Philippinischen Inseln. — Die Philippinischen Inseln hatten 1919 ein Patentgesetz erlassen, das jedoch infolge der Schwierigkeiten, die sich bei der Durchführung herausstellten, zurückgezogen worden ist. Infolgedessen gilt wieder das Gesetz vom 10. II. 1913, gemäß welchem die in den Vereinigten Staaten von Amerika erwirkten Patente auch auf den Philippinen Schutz genießen.

Digitized by Google

Beitritt zu den Haager Abkommen. — Die mexikanische Regierung ist mit Wirkung vom 16. I. 1930 dem Pariser Abkommen zum Schutz des gewerblichen Eigentums und dem Madrider Abkommen über die internationale Registrierung von Waren-, Fabrik- oder Handelsmarken in der Fassung der Haager Konferenz vom 6. XI. 1925 beigetreten.

Holländische Entscheidung über Ausübungszwang von Patenten. — Ein britischer Untertan besaß ein holländisches Patent auf eine Sprechmaschine und lieferte jährlich etwa 2000 Exemplare hauptsächlich nach Niederländisch-Indien. Eine Fabrikation war in Holland nicht eingerichtet worden, der Patentinhaber hatte aber rechtzeitig Anzeigen in einer Tageszeitung und einer Fachzeitschrift erscheinen lassen sowie an elf Fabrikanten und Händler Rundschreiben des Inhalts gerichtet, daß er geneigt sei, das Patent zu verkaufen oder Lizenz darauf zu erteilen, ohne daß sich jedoch Reflektanten dafür gemeldet hätten. Es war nun Antrag auf Zurücknahme des Patents wegen Nichtausübung gestellt worden. Die Zentralabteilung des niederländischen Patentamts wies in ihrem Urteil vom 12. XII. 1929 die Klage zurück unter dem Hinweis darauf, daß die Anzeigen erfolgt seien, daß ferner nicht anzunehmen sei, daß der Absatz hätte vergrößert werden können, und schließlich, daß die Errichtung einer Fabrik in Holland ein großes Kapital erfordern würde, dessen Aufbringung im Zusammenhang mit dem beschränkten Absatz nicht gerechtfertigt sein würde.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld I, Berlin.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur außerordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 18. März 1930, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dr.-Ing. Erwin Marx, ordentlicher Professor a. d. Technischen Hochschule Braunschweig über das Thema: „Der elektrische Durchschlag der Luft im unhomogenen Felde."

Inhaltsangabe:

Es werden Versuche beschrieben, die eine starke Abhängigkeit der Durchschlagspannung unsymmetrischer Elektrodenanordnungen von der Polarität und vom Spannungsverlauf ergeben. Diese Erscheinung sowie die Verschiedenheit von positiven und negativen Gleitfiguren werden unter Zugrundelegung der Townsendschen Theorie erklärt. Es ergeben sich aus diesen Zusammenhängen wichtige Gesichtspunkte für die Isolation von Hochspannungsanlagen.

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste sind in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins erhältlich. Ohne Karten kein Zutritt.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:
Dr. Feyerabend.

Jahresversammlung

am 28. Januar 1930 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Zunächst Herr Präsident Professor Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner; später Herr Dr.-Ing. E. h. Feyerabend, Staatssekretär im Reichspostministerium.

Vorsitzender: Ich eröffne die heutige Jahresversammlung des Elektrotechnischen Vereins und heiße Sie willkommen.

Seit der letzten ordentlichen Sitzung sind 72 Anmeldungen eingegangen. Die Liste liegt hier zur Einsicht aus.

In der nächsten ordentlichen Sitzung am 25. Februar wird Herr Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. phil. Haas vom Großkraftwerk Rheinfelden vortragen über das Thema: „Deutsche Stromwirtschaft". Im Fachausschuß für Elektromaschinenbau wird am 4. Februar Herr Dr. Mandl die Frage erörtern: „Synchrone oder asynchrone Phasenschieber?"

Wie in den letzten Jahren ist die Vereinstätigkeit auch im abgelaufenen Jahre eine rege gewesen. Die zahlreichen Vorträge, fast ausnahmslos mit anschließender Besprechung, waren sehr gut besucht, so daß die Frage der Auswahl eines großen Vortragssaales immer brennender wird. Es haben 9 ordentliche Sitzungen stattgefunden. In diesen wurde vorgetragen über die Themen:

1. „Der gegenwärtige Stand der Blitzschutzfrage" (Herr Professor Matthias);
2. „Über die Entwicklung elektrischer Fernmeßgeräte" (Herr Professor Dr. Keinath);
3. „Ein- und Ausführung von Platten und Filmen an Kathodenoszillographen ohne Störung des Hochvakuums" (Herr Professor A. Matthias und Herr Dipl.-Ing. Hochhäusler);
4. „Elektro-akustische Übertragungssysteme mit besonderer Berücksichtigung der Telephonie auf weite Entfernungen und des Klangfims" (Herr Direktor Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E. h. Lüschen);
5. „Die Beurteilung elektrischer Maschinen durch Toleranzen auf Grund statistischer Methoden" (Herr Professor Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing. R. Rüdenberg);
6. „Verschiedene Anwendungen von Elektronenröhren in der Meßtechnik" (Herr Manfred von Ardenne);
7. „Die Glühlampe und ihre Erfinder" (Herr Direktor Dr. Finckh);
8. „Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren" (mit experimentellen Vorführungen. Herr Professor Dr. Pirani);
9. „Neue Resultate auf dem Gebiete der ultrakurzen Wellen" (Herr Direktor W. Hahnemann);
10. „Ergebnisse der im April 1929 bei den Berliner Rundfunkteilnehmern gehaltenen Umfrage über die Empfangsverhältnisse" (Herr Oberpostrat Professor Dr. F. Kiebitz);
11. „Hochfrequenzverstärkung kurzer Wellen" (Herr Dr.-Ing. W. Runge);
12. Untersuchungen über quarzgesteuerte Schwingvorgänge" (Herr Dipl.-Ing. P. v. Handel);
13. „Der Expansionsschalter (Hochleistungschalter ohne Öl)" (Herr Obering. Dr.-Ing. Kesselring).

Die ordentliche Sitzung am 22. Oktober hat in Gemeinschaft mit der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft, der Deutschen Gesellschaft für Technische Physik und der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin stattgefunden.

Die ordentliche Sitzung am 19. November war verbunden mit der 6. Hauptversammlung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens.

Ferner haben sechs außerordentliche Sitzungen stattgefunden. In diesen wurden folgende Themen behandelt:

1. „Amerikanische Elektrizitätswirtschaft (Eindrücke einer Studienreise)" (Direktor Dr.-Ing. Adolph);
2. „Vorführung der Reflexion, Brechung, Interferenz und Beugung sehr kurzer Wellen" (Herr Privatdozent Dr. Karl Kohl, Erlangen);
3. „Neue Anwendungen ultrakurzer Wellen" (Herr Professor Dr. A. Esau);
4. „Versuche mit ultrakurzen Wellen im Flugzeugverkehr" (Herr Profesor Dr. H. Faßbender);
5. „Hertzsche und infrarote Strahlen als Nachrichtenmittel" (Herr Direktor Dr. F. Schroeter);
6. „Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren" (wiederholt). (Herr Professor Dr. Pirani);
7. „Ergebnisse einer experimentellen Untersuchung des Einflusses der magnetischen Felder auf die dielektrische Festigkeit von Isolatoren" (Herr Professor Smurow, Leningrad);
8. „Experimentelle Untersuchung des Alterns von Transformatorenölen" (Herr Professor Smurow, Leningrad);

Digitized by Google

9. „Die Herstellung der Quecksilberdampf-Gleichrichter." Vorführung eines Lehrfilms der Siemens-Schuckertwerke A.G. mit zugehörigen Erläuterungen.

Die außerordentliche Sitzung im Februar war durch das Mittel der Fernübertragung verbunden mit einer Sitzung unseres Brudervereins in Breslau. Durch Mikrophone und Lautsprecher waren die Sitzungssäle hier und in Breslau über ein Fernkabel miteinander verbunden, so daß beide Versammlungen am Vortrag und an der lebhaften Diskussion teilnehmen konnten.

Die außerordentliche Sitzung am 12. März war dem Thema „Ultrakurze Wellen" gewidmet und hat in Gemeinschaft mit der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens stattgefunden.

In der gleichfalls mit der Heinrich-Hertz-Gesellschaft am 27. November veranstalteten Festsitzung im Neuen Rathaus in Schöneberg wurde dem Vorsitzenden des Elektrotechnischen Vereins die Goldene Heinrich-Hertz-Medaille überreicht. Zahlreiche hervorragende Vertreter der Behörden, der Industrie, der Wissenschaft und Technik wohnten der stark besuchten Versammlung bei. Herr Direktor Dr. Schroeter hielt den mit eindrucksvollen Versuchen ausgestatteten Festvortrag über das Thema: „Hertzsche und infrarote Strahlen als Nachrichtenmittel." Den Schluß der Veranstaltung bildete ein zwangloses Beisammensein mit einfachem Imbiß in der Brandenburghalle.

Am 20. Dezember 1929 waren 50 Jahre seit der Gründung unseres Vereins verflossen. Die am 24. und 25. Januar veranstaltete Jubiläumsfeier hat einen glänzenden Verlauf genommen. An ihr beteiligten sich die leitenden Persönlichkeiten der Behörden, an ihrer Spitze der Reichspostminister, der Generaldirektor der Deutschen Reichsbahn und der Bürgermeister der Stadt Berlin, ferner die Führer der deutschen Elektroindustrie und -wirtschaft, die Preußische Akademie der Wissenschaften, die Universität Berlin, sämtliche deutschen Technischen Hochschulen und die Technischen Hochschulen in Brünn, Budapest, Danzig, Delft, Kopenhagen, Prag, Wien und Zürich. Mit besonderer Freude verzeichnen wir die Teilnahme des Verbandes Deutscher Eletrotechniker mit fast sämtlichen ihm angeschlossenen Elektrotechnischen Vereinen. Auch der Verein deutscher Ingenieure und mit ihm zahlreiche andere technische Vereinigungen, die Vereinigung der Elektrizitätswerke, die Mathematiker und Physiker waren durch ihre führenden Persönlichkeiten vertreten. Die Teilnahme von Delegationen der Elektrotechnischen Vereine aus den Vereinigten Staaten von Amerika, Argentinien, China, Dänemark, England, Frankreich, Italien, Japan, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Tschechoslowakei und Ungarn, von denen verschiedene dem Verein künstlerisch ausgeführte Glückwunschadressen überbrachten, ist ein lebendiger Ausdruck der weiträumigen Beziehungen unseres Vereins und für das Ansehen, das er überall in der Welt genießt.

Eine hohe Auszeichnung wurde dem Verein durch ein in außerordentlich warmen und anerkennenden Worten gehaltenes Anschreiben unseres allverehrten Herrn Reichspräsidenten v. Hindenburg zuteil. Ferner brachten dem Verein besondere Auszeichnungen dar die Deutsche Reichspost und der Verband Deutscher Elektrotechniker durch die Stiftung der Büsten der Gründer des Vereins Heinrich v. Stephan und Werner v. Siemens, sowie die Associazione Elettrotecnica Italiana durch die Stiftung eines bronzenen Portraits von Galileo Ferraris.

Der Verein erteilte eine Reihe von Auszeichnungen. Zu Ehrenmitgliedern wurden ernannt: Herr Wirklicher Geheimer Oberpostrat Wilhelm Christiani, Herr Professor Clarence Feldmann, Herr Professor Dr. Luigo Lombardi, Exzellenz Oskar v. Miller, Herr Professor Michael Pupin und Herr Präsident Dr. Emil Warburg. Ferner wurden 23 hervorragende und verdiente ausländische Elektrotechniker zu Korrespondierenden Mitgliedern ernannt.

Am Abend des 24. Januar fand ein Festessen mit Ball statt, der außerordentlich stark besucht war und einen glänzenden Verlauf nahm.

Der zweite Tag war einer wissenschaftlichen Tagung gewidmet, in der folgende Vorträge gehalten wurden:

1. „Die Entwicklung der Kraftübertragung in Deutschland, von den ersten Anfängen bis zum Ausblick in die Zukunft": Herr Prof. Dr.-Ing. W. Petersen (Berlin);
2. „Aus der Geschichte der Kraftübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom": Herr Prof. Dr. sc. techn. h. c. Thury (Genf);
3. „Gleichrichtung großer Wechselstromleistungen": Herr Geheimrat Prof. Dr. E. Orlich (Berlin);
4. „Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn": Herr Geheimrat Prof. Dr.-Ing. W. Reichel (Berlin);
5. „Die neuzeitlichen Mittel des Nachrichtenverkehrs": Herr Dr.-Ing. E. h. Feyerabend, Staatssekretär im Reichspostministerium (Berlin);
6. „Die Mehrfachausnutzung der Leitungen": Herr Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E. h. Lüschen (Berlin);
7. „Kurzwellen-Phänomene und ihr Einfluß auf die drahtlose Nachrichtenübermittelung": Herr Dr. phil. h. c. Graf v. Arco (Berlin).

Am Abend des 25. Januar vereinigten sich die auswärtigen Teilnehmer mit ihren hiesigen Freunden im Hotel Esplanade zu einem gemütlichen Beisammensein.

Der Verein hat aus Anlaß seines Jubiläums das Bedürfnis empfunden, über das, was er in den 50 Jahren seines Bestehens erstrebt und geleistet hat, Rechenschaft abzulegen. Dies geschah in der Form einer Festschrift, deren Abfassung unser Ehrenmitglied, Herr Geheimrat Görges, gütigst übernommen hat. Aus dieser Festschrift ist ein stattlicher Band von über 400 Seiten geworden. Ihr erster Teil — etwa 100 Seiten — gibt ein imponierendes Bild von der vielseitigen Tätigkeit in den letzten 50 Jahren. Auch wer sich seit Jahren im Verein betätigt, wird beim Durchlesen dieses Teiles der Festschrift überrascht sein, welche Fülle von Arbeiten der Verein in dieser Zeitspanne geleistet hat. Der zweite, umfangreichere Hauptteil der Festschrift — über 300 Seiten — wird vielen unserer Mitglieder besonders wertvoll sein; denn er gibt in 24 Abschnitten, die sich mit den verschiedenen Teilgebieten der Elektrotechnik befassen — vom Maschinenbau, den Transformatoren und den Isolierstoffen anfangend bis zur Elektromedizin — ein ausgezeichnetes Bild von der historischen Entwicklung dieser Teilgebiete. Ist doch unser Verein ungefähr so alt wie viele Teile der Elektrotechnik. So erklärt es sich, daß sich die geschichtliche Entwicklung der Elektrotechnik in unseren Vereinssitzungen und in der Zeitschrift in allen Phasen widerspiegelt. Durch die zahlreichen Literaturhinweise und durch die vielen schönen Bilder, mit denen dieser Teil der Festschrift geschmückt ist, wird er sicherlich unseren Mitgliedern besonders wertvoll erscheinen.

Der Verein gibt die Festschrift an seine Mitglieder vorläufig zu dem außerordentlich mäßigen Preise von 10 RM ab, der die hohen Kosten der Festschrift noch nicht einmal zur Hälfte deckt. Wegen der großen Kosten konnte die Festschrift nur in einer beschränkten Auflage hergestellt werden. Ich möchte daher den Mitgliedern, die sich für die Festschrift interessieren, raten, recht bald ihre Bestellung aufzugeben. Der stark ermäßigte Preis gilt nur für eine gewisse Zeit, nach deren Ablauf wir die Festschrift für den allgemeinen Verkauf freigeben werden.

Die vier Fachausschüsse haben im vergangenen Jahre eine Reihe von Vorträgen veranstaltet, die sich eines starken Besuchs erfreuten. Bei vielen Vorträgen war der Saal überfüllt. Von den 17 Vorträgen entfallen 3 auf die Fachgruppe für Elektromaschinenbau, 3 auf die Fachgruppe für elektrisches Nachrichtenwesen, 5 auf die Fachgruppe für Installationstechnik und 6 auf die Fachgruppe für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken.

Die Zweiggruppe unseres Vereins in Frankfurt a. O., die zur Zeit 46 Mitglieder zählt, war wie in früheren Jahren lebhaft tätig. Sie hat 8 Sitzungen mit 9 Vorträgen abgehalten. Den Bemühungen des rührigen Vorstands ist es gelungen, Behörden und andere Kreise für die Bestrebungen der Zweiggruppe zu interessieren.

Der Gemeinsame Fachausschuß des Elektrotechnischen Vereins und des Außeninstituts der Hochschule hat im vergangenen Jahre 2 Vortragsreihen veranstaltet über die Themen: „Elektrische Lichttechnik" und „Funktionentheorie und ihre Anwendung in der Technik". Diese Vortragsreihen, von denen die letztere noch andauert, hatten starken Erfolg und bewiesen aufs neue, daß die Vortragsreihen unseres Vereins einem wirklichen Bedürfnis Rechnung tragen.

Die vor 2 Jahren neu eingerichteten Vortrags- und Diskussionsabende für jüngere Fachgenossen waren im vergangenen Jahre, wo 3 solcher Abende veranstaltet wurden, gut besucht.

Die Fortbildungskurse für Starkstrommonteure, je 2 Parallelkurse im Frühjahr

Digitized by Google

und im Herbst, erfreuten sich wie immer lebhafter Beteiligung. Das Interesse der Firmen und das eifrige Streben der Monteure nach Weiterbildung geht daraus klar hervor. Auch die Zweiggruppe in Frankfurt a. O. hat 3 gut besuchte Monteur-Fortbildungskurse veranstaltet, u. zw. je einen Kursus für Anfänger, für Fortgeschrittene und einen sogenannten Oberkursus.

Unsere Bibliothek erfreute sich eines sehr guten Besuchs. Der Verein deutscher Ingenieure hat auch im vergangenen Jahre die Aufbewahrung und Ausgabe unserer Bücher und zahlreichen, meist ausländischen Zeitschriften in entgegenkommender Weise besorgt. Für diese Mühewaltung sei dem VdI auch an dieser Stelle der Dank des Vereins ausgesprochen.

Von den „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik", die der Verein neuerdings herausgibt, ist der 2. Band erschienen, der den sehr interessanten Aufsatz des Herrn Dr.-Ing. E. h. Vogelsang enthält: „Geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik".

Unter Aufwand großer Kosten und vieler Mühe hat der Elektrotechnische Verein gemeinsam mit dem Verbande Deutscher Elektrotechniker im vergangenen Jahre ein Gesamtinhaltsverzeichnis der ETZ für die Jahre 1903/1927 herausgebracht, um einem allgemeinen Bedürfnis und immer wieder geäußerten Wünschen Rechnung zu tragen. Das Verzeichnis enthält in übersichtlicher Weise alle Aufsätze, Mitteilungen und Referate, die in den Jahren 1903—1927 in der ETZ erschienen sind. Weiterhin sind auch die ersten 18 Bände des Archivs für Elektrotechnik berücksichtigt. Es gewährt somit einen ausgezeichneten Überblick über alle wichtigen Arbeiten auf jedem einzelnen Sondergebiete der Starkstrom- und der Fernmeldetechnik und liefert dem forschenden Ingenieur reiches Unterlagenmaterial. Alle Kreise technischer Wissenschaft und werktätiger Elektroindustrie sollten sich die wertvollen Dienste, die dieses Verzeichnis leisten kann, nutzbar machen.

Die Besichtigungen technischer und anderer Betriebe haben im vergangenen Jahre lebhaften Anklang gefunden. Die Besichtigung der Sternwarte der Universität Berlin in Neubabelsberg war mit einem Ausflug mit Damen verbunden. Die Fahrt auf den schönen Havelseen mittels Sonderschiffs wird den rund 500 Teilnehmern in angenehmer Erinnerung bleiben.

An den Arbeiten des Ausschusses für Blitzableiterbau (ABB, Vorsitzender: Herr Präsident Professor Dr. Strecker) hat sich der Verein auch im Berichtsjahr beteiligt. Die Arbeiten zur Normung der Blitzableiterbauteile wurden weiter gefördert. In der ETZ sind bereits 17 Entwürfe veröffentlicht worden, von denen 11 zur Zeit dem Präsidium des Deutschen Normenausschusses zur Genehmigung vorliegen. In nächster Zeit werden noch weitere 7 Entwürfe in der ETZ veröffentlicht werden. Die zweite Auflage des Buches „Blitzschutz" ist im vergangenen Jahre ausverkauft worden. Eine dritte Auflage ist in Vorbereitung und wird voraussichtlich noch in der ersten Hälfte des laufenden Jahres erscheinen.

Der AEF, Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen (Vorsitzender: Herr Präsident Professor Dr. Strecker) hat im Jahre 1929 2 Sitzungen abgehalten und dabei eine Reihe von Sätzen und Entwürfen teils angenommen, teils weitergebracht.

Der Ausschuß zur Erforschung elektrischer Unfälle (AEU, Vorsitzender: Herr Präsident Professor Dr. Strecker) hat seine Arbeiten fortgesetzt und im Jahre 1929 eine Sitzung abgehalten. Das Interesse an den Bestrebungen des Ausschusses geht daraus hervor, daß sich die Deutsche Gesellschaft für gerichtliche und soziale Medizin dem Ausschuß angeschlossen hat. Bekanntlich gehören bereits mehrere hervorragende medizinische Gesellschaften dem Ausschuß an.

Die Mitgliederzahl des Vereins hat sich im Jahre 1929 trotz der wirtschaftlich ungünstigen Verhältnisse von 3424 auf 3656 gehoben. Hierin sind 597 ausländische Mitglieder. Daß die Bestrebungen des Vereins lebhaften Anklang finden, beweist der Umstand, den ich schon erwähnte, daß gegenwärtig wieder 72 Neuanmeldungen vorliegen.

Der Tod hat im vergangenen Jahre folgende Mitglieder hinweggerafft:

Herrn Ingenieur Max Barth in Massow (Kreis Naugard);
Herrn Obering. Albert Bennewitz in Berlin;
Herrn Studienrat Dr. Max Breslauer, Bln.-Wilmersdorf;
Herrn Ingenieur Wilhelm Buchner in Biebrich (Rhein);
Herrn Direktor Dipl.-Ing. Georg Graf in Baden-Baden;
Herrn Elektrotechnikermeister Karl Günther, Bln.-Pankow;
Herrn Dipl.-Ing. Jelen, Allenstein;
Herrn Obering. Dr. Ludwig Kohlfürst in Kaplitz;
Herrn Generaldirektor Martin Kubierschky in Bln.-Lichterfelde;
Herrn Vizepräsident und General Manager of The New York Edison Company, Dr. Lieb in New York;
Herrn Direktor August Mohl in Hof a. d. Saale;
Herrn Obering. August Rotth, Berlin W 35;
Herrn Dipl.-Ing. Norbert Schachtmeyer in Berlin;
Herrn Maschinenmeister Fritz Schäfer in Frankfurt a. d. Oder;
Herrn Dr.-Ing. Artur Scherbius in Berlin-Wannsee;
Herrn Obering. Otto Schiele in Rostock;
Herrn Ing. Erich Schubert in Bln.-Schöneberg;
Herrn Ing. Alfred Schulz in Bln.-Zehlendorf;
Herrn Patentanwalt Otto Siedentopf in Berlin;
Herrn Obering. Fritz Ströbel in Scholwin-Feldmühle;
Herrn Direktor Adolf Thomas in Schweidnitz;
Herrn Geheimen Regierungsrat Dr. Weber in Berlin-Dahlem.

Ich bitte Sie, sich zum Gedächtnis der Verstorbenen von den Plätzen zu erheben (Geschieht). Ich danke Ihnen. —

Gestatten Sie mir nun, dem traditionellen Brauche folgend, einen kurzen Rückblick auf die wichtigsten Arbeiten auf den verschiedenen Gebieten der Elektrotechnik während des verflossenen Jahres zu werfen. Selbst bei Beschränkung auf die wichtigsten Dinge ist aus dieser Zusammenstellung ein starkes Manuskript geworden; ich will es Ihnen ersparen, es vollständig vorzulesen. Ein ausführlicher Rückblick wird demnächst in der ETZ veröffentlicht worden. Nur einige kurze Ausführungen bitte ich mir zu gestatten, damit wir der Tradition Genüge tun. (Beifall.)

Der Vorsitzende trägt die wichtigsten Punkte aus dem „Rückblick" vor.

Wir kommen nunmehr zur Vorlage des Kassenberichts. Da der Herr Schatzmeister unseres Vereins, Herr Dr. Thürmel, zur Zeit im Auslande weilt, wird er in der nächsten ordentlichen Sitzung am 25. Februar diesen Bericht vorlegen.

Satzungsmäßig sind 2 Rechnungsprüfer zu wählen. Ich schlage Ihnen vor, die Herren Blanc und Lux zu wählen, die dieses Amt seit einer Reihe von Jahren mit der größten Gewissenhaftigkeit verrichtet haben. Sofern Sie damit einverstanden sind, würden die beiden Herren die Prüfung der Bilanz vornehmen, so daß sie in der nächsten ordentlichen Sitzung über das Ergebnis berichten können. Ich bitte hierzu um Ihre Zustimmung. (Zustimmung.) — Ich stelle Ihr Einverständnis fest und danke Ihnen.

Wir kommen nun zum 2. Gegenstand der Tagesordnung:

Neuwahl des Vorstandes und Ergänzungswahl des Ausschusses.

Auf den vor Beginn der Sitzung verteilten Blättern sind Ihnen die Wahlvorschläge mitgeteilt worden. Danach würde sich der Vorstand wie folgt zusammensetzen:

Vorsitzender: Herr Staatssekretär im Reichspostministerium Dr.-Ing. E. h. Feyerabend;
Stellv. Vorsitzender: Herr Präsident Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner;
Schatzmeister: Herr Direktor Dr. phil. Thürmel;
Schriftführer: Herr Professor A. Matthias, ord. Professor a. d. Techn. Hochschule;
Syndikus: Herr Dr.-Ing. Schapira, Direktor und Vorstandsmitglied der Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie;
Beisitzer: Herr Dr.-Ing. Adler, Direktor und Vorstandsmitglied der AEG; Herr Ministerialdirektor a. D. Arendt.

Aus dem Ausschuß scheiden satzungsgemäß aus die Herren: Banneitz, Kesselring, Meißner, Pohl, Schüler, V. Vieweg, Wallot, Weber (durch Tod) und Windel. Vorgeschlagen wird die Wiederwahl der Herren: Meißner, Pohl, Schüler und Wallot, ferner zur Ergänzung die Wahl der Herren: Postrat Dr. Moench (Reichspostzentralamt), Obering.

Digitized by Google

O. Mayr (AEG), Dr. Pohlhausen (Siemens-Schuckerwerke AG.), Dr.-Ing. Runge (Telefunken Gesellschaft für drahtlose Telegraphie) und Regierungsrat Dr. R. Vieweg (Physikalisch-Technische Reichsanstalt) auf ein Jahr.

Von den auswärtigen Mitgliedern des Ausschusses scheiden aus die Herren: Diesselhorst (Braunschweig), Emde (Stuttgart), Lieb (New York) durch Tod, Rogowski (Aachen) und Sieg (Köln). Vorgeschlagen wird die Wiederwahl der Herren Emde, Rogowski und Sieg; ferner als Ersatz die Wahl der Herren Professor Dr. Grüneisen a. d. Universität Marburg und Ingenieur Rudolf Hellmund in East Pittsburgh.

Nach § 9 unserer Satzung hat der Vorsitzende die Art der Wahl vorzuschlagen. Der Vorschlag gilt als angenommen, wenn nicht mindestens zehn anwesende Vereinsmitglieder widersprechen. Zur Abkürzung des Verfahrens schlage ich die Wahl durch Zuruf vor. Ich frage, ob gegen diesen Vorschlag Widerspruch erhoben wird. Das ist nicht der Fall. Dann frage ich, ob gegen die Vorschlagsliste Einwendungen erhoben werden. — Das ist nicht der Fall. Ich stelle fest, daß die von mir verlesenen Herren gewählt sind. (Beifall.) —

Es ist mir ein dringendes Bedürfnis, an dieser Stelle meinen Kollegen im Vorstand für ihre tatkräftige Mitarbeit im vergangenen Jahre herzlich zu danken, nicht minder auch dem Ausschuß und insbesondere seinem Vorsteher Herrn Professor Dr. Wallot. Ferner danke ich auch den Fachausschüssen und Unterausschüssen sowie ihren Herren Vorsitzenden (Beifall).

Ganz besonderer Dank gebührt dem Generalsekretär des Vereins, Herrn Ministerialrat Dr. Schmidt. (Lebhafter Beifall.) Hinter uns liegt ein Jahr schwerer Arbeit. Daß diese Arbeit überhaupt geleistet werden konnte und daß das Jubiläum des Vereins einen — wie mir von allen Seiten versichert wird — befriedigenden Verlauf genommen hat, verdanken wir allermeist der unermüdlichen Hingabe unseres lieben Herrn Dr. Schmidt, der wahrhaft Übermenschliches geleistet hat. (Lebhafte Zustimmung.) Es ist mir ein persönliches Bedürfnis, das hier auszusprechen und ihm aufs allerherzlichste zu danken. (Lebhafter Beifall und Händeklatschen.) —

Bevor ich nun aus meinem bisherigen Amte scheide, habe ich die Ehre, den neuen Vorsitzenden, Herrn Staatssekretär Dr. Feyerabend, hier im Namen des Vereins zu begrüßen und ihn herzlich willkommen zu heißen. Ich bitte Sie, Herr Staatssekretär, das Amt des Vorsitzenden zu übernehmen. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender, Herr Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend: Meine sehr geehrten Damen und Herren! Sie haben mir mit der Wahl meiner Person zum Vorsitzenden eine außergewöhnliche Ehre und Auszeichnung erwiesen. Ich betrachte diese Auszeichnung allerdings hauptsächlich als eine Anerkennung der umfangreichen Arbeit, die meine Verwaltung, die Deutsche Reichspost, auf dem wichtigsten und ältesten Gebiete der Elektrotechnik, auf dem Gebiete des Fernmeldewesens zu Nutz und Frommen des Nachrichtenverkehrs und der Wirtschaft dauernd leistet. Ich nehme die Wahl mit verbindlichem Dank an und darf versichern, daß ich mich nach Kräften bemühen werde, meinen Dienst dem Verein zu widmen.

Indem ich den Vorsitz hiermit übernehme, ist es mir eine angenehme Pflicht, in erster Linie von dieser Stelle aus namens des Vereins dem scheidenden Vorsitzenden für seine hervorragenden Verdienste, die er dem Verein geleistet hat, verbindlichsten Dank zu sagen. (Lebhafter Beifall.)

Sehr geehrter Herr Professor Wagner!

In Ihre Amtsperiode fallen neben den laufenden Geschäften, die an sich schon umfangreich genug sind, noch zwei Aufgaben besonderer Art, die von Ihnen hingebende Arbeit und ein hohes Maß von Geschicklichkeit gefordert haben. Es handelt sich in erster Linie um die Regelung der Rechte des Elektrotechnischen Vereins und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker an dem gemeinschaftlichen Besitz der Elektrotechnischen Zeitschrift und des Archivs für Elektrotechnik. Diese Regelung hat schwierige Vertragsabschlüsse und Vereinbarungen erfordert, die Sie mit Geschicklichkeit geleitet und bei deren Erledigung Sie die Interessen des Vereins mit Erfolg vertreten haben.

Sodann ist Ihnen die nicht geringe Aufgabe zugefallen, die Feier des Goldenen Jubiläums des Elektrotechnischen Vereins vorzubereiten und bei den festlichen Veranstaltungen an erster Stelle den Verein zu vertreten. Wir alle stehen noch unter dem imponierenden Eindruck der feierlichen Veranstaltungen, den wohl alle Teilnehmer gewonnen haben. Die Veranstaltungen haben Zeugnis abgelegt von dem hohen Ansehen, das der Elektrotechnische Verein in aller Welt besitzt. Sie haben dem Verein große Ehrungen vom In- und Ausland sowie reiche Anerkennung für die nun schon 50 Jahre dauernde gemeinnützige Arbeit an der Förderung von Wissenschaft und Technik erbracht. Ein wesentlicher Anteil an dieser Anerkennung gebührt Ihnen, Herr Wagner, für die Hingebung, mit der Sie die viele Kleinarbeit bei der Vorbereitung des Jubiläums auf sich genommen haben, und für die würdige Art, mit der Sie diese Veranstaltungen geleitet haben.

Meine Herren! Ich bin Ihrer aller Zustimmung sicher, wenn ich dem scheidenden Vorsitzenden auch für diese wertvollen Sonderleistungen, die er im Interesse des Vereins getan hat, unseren ganz besonderen Dank nochmals ausspreche (Lebhafter Beifall). —

Wir kommen nunmehr zum dritten Gegenstand unserer Tagesordnung, zu dem Vortrag des Herrn Regierungsrat Vieweg über: „Elektrische Messungen zur Untersuchung der Lagerschmierung". Darf ich den Herrn Vortragenden bitten, nunmehr seinen Vortrag zu halten.

Vortrag und Besprechung folgen.

Vorsitzender: Die Ausführungen des Herrn Vortragenden haben uns gezeigt, daß es mit den immer weiter verfeinerten Methoden der Wissenschaft und der Meßtechnik möglich ist, Vorgängen, die durch Jahrtausende lange praktische Erfahrungen und, wie wir gehört haben, auch schon durch Jahrhunderte alte wissenschaftliche Untersuchungen längst geklärt erschienen, immer wieder neue Erkenntnisse abzugewinnen. In diesem Falle sind die Mittel zu der Gewinnung dieser Erkenntnisse verfeinerte elektrische Meßmethoden gewesen, was für uns Elektrotechniker von besonderem Interesse ist.

Ich darf dem Vortragenden den Dank des Vereins dafür aussprechen, daß er uns an seinen Untersuchungen und Erkenntnissen hat teilnehmen lassen. Ich schließe damit die Sitzung."

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Alexander, Peter, cand. ing., Berlin
Afanesieff, Andreas, Dipl.-Ing., Berlin
Alftan, Karl Magnus Alfons, Helsingfors
Augsten, Helmut, Dipl.-Ing., Berlin
Augustin, Karl, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Bock, Heinz, Ingenieur, Berlin
v. Böckh, Bela, Obering., Budapest
Böckh, Karl, Obering., Bln.-Niederschönhausen
Brand, Hugo, Oberpostrat a. D., Bln.-Friedenau
Buttenberg, Albert, Konstrukteur, Bln.-Reinickendorf
Cerny, Willibald, Regierungsrat, Wien
Dallmeier, Hermann, Elektroing., Charlottenburg
Decker, Hans, Dr., Berlin
Denk, Franz, Dipl.-Ing., Berlin
Ebenhöch, Rudolf, Fabrikdirektor, Landeck/Tirol
Esders, Bernhard, Dipl.-Ing., Georgsmarienhütte
Eversberg, Ernst, Dipl.-Ing., Potsdam
Ferrari, Franz, Dipl.-Ing., Bln.-Marienfelde
Friedrich, Herbert, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Friedrichsen, Heinrich, Betriebsleiter, Bln.-Treptow
Frohwein, Leopold, Student, Bln.-Friedenau
Giese, Artur, techn. Inspektor, Bln.-Charlottenburg
Graefe, Friedrich, ber. Ing., Eichwalde
Haltmeier, Alwin, Dipl.-Ing., Bln.-Grunewald
Hauck, Ernst, Dipl.-Ing., Berlin
Hengstenberg, Alfried, Ingenieur, Birkenwerder
Irsai, Ervin, Dipl.-Ing., Budapest
Joseph, Hans, Patentanwalt, Dr. phil., Berlin
Karasek, Otto, Ingenieur, Pilsen
Kaufmann, Werner, Dipl.-Ing., Bln.-Siemensstadt
Klein, Paul-Eduard, stud. ing., Bln.-Charlottenburg
Kleinschmidt, Anton, Ingenieur, Olmütz
Kokkin, Jon, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Krenzlin, Willi, Ingenieur, Berlin
Kugler, Gustav Adolf, cand. ing., Berlin
Lammers, Bruno, Obering., Bln.-Charlottenburg
Landesberg, Nathan, Dr. techn., Bln.-Charlottenburg
Laut, Ernst, Ingenieur, Berlin
v. Ledebur, Wigbert, Dipl.-Ing., Bln.-Schöneberg
Lehmann, Herbert, Dr.-Ing., Berlin
Lehner, Michael, Dipl.-Ing., Bln.-Neutempelhof
Lobenstein, Joseph, Ingenieur, Berlin
zur Megede, Werner, Dr.-ing., Bln.-Charlottenburg
Meja, Theobald, Elektroing., Schneidemühl
Metzer, Friedrich, Ingenieur, Bln.-Treptow
Meyer, Erwin, Privatdozent, Bln.-Steglitz
Mollier, Heinz, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Ott, Alois, Dipl.-Ing., Bln.-Spandau
Palizyn, Iwan, Dipl.-Ing., Moskau
von Planner, Richard, Ingenieur, Graz
Radtke, Ernst, Elektroing., Berlin
Ramisch, Friedrich, Dipl.-Ing., Bln.-Friedenau
Rehm, Helmut, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Roggendorf, Alexander, cand. ing., Bln.-Charlottenburg
Rottenbücher, Felix, Direktor, Zagreb
Seip, Willy, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Spieß, Johannes, Bln.-Charlottenburg
Schein, Walter, Dipl.-Ing., Bln.-Siemensstadt
Schlesinger, Louis, Ingenieur, Bln.-Steglitz
Schliemann, Karl, Ingenieur, Berlin
Schmitz, Wilhelm, stud. ing., Berlin
Schoepplenberg, Eberhard, stud. ing., Bln.-Friedenau
Schulz, Franz, Ingenieur, Guben

Digitized by Google

Schulz, Hermann, Oberpostrat, Bln.-Tempelhof
Steinbach, Wilfried, Dipl.-Ing., Bln.-Schmargendorf
Tenzer, Georg, Dr.-Ing., Budapest
Tschirch, Hans, Verbandsdirektor, Dr. jur., Bln.-Charlottenburg
Urso, Ignazio, Dipl.-Ing., Palermo
Violet, Paul-Gerhardt, Dipl.-Ing., Berlin
Weber, Ernst, Dr. phil., Dr. techn., Bln.-Spandau
Wilken, Fritz, Dipl.-Ing., Bln.-Tempelhof
Zinkernagel, Gustav, Dipl.-Ing., Mahlow

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär.
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Installationsmaterial.

Nachstehend geben wir den vom Sonderausschuß „Porzellantoleranzen" des Unterausschusses „Verlegungs- und Verbindungsmaterial" im Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie aufgestellten Entwurf 1 zu dem Normblatt

DIN VDE 680 Bl. 1 bis 4, „Keramische Isolierteile für Spannungen bis 1000 V, Toleranzen, Maßeintragung. Richtlinien"

mit Erläuterungen bekannt.

Einsprüche sind in doppelter Ausfertigung bis zum 15. April 1930 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Kommission für Installationsmaterial.

Normenblatt-Entwürfe.

Erläuterungen.

Vom Verband Deutscher Elektrotechnischer Porzellanfabriken (VDEP) wurden im Jahre 1927 Richtlinien über Toleranzen und Maßbezeichnungen für elektrotechnisches Niederspannungsmaterial aus Porzellan und Steatit aufgestellt und in einer Druckschrift den in Frage kommenden Kreisen bekanntgegeben. Mit dieser Druckschrift hat der VDEP vorerst eine Grundlage für ein leichteres Zusammenarbeiten der Porzellanfabriken mit ihren Abnehmern und für die vorliegende Normung geschaffen.

Die Bezeichnungen: Grobtoleranz, Feintoleranz und Edeltoleranz wurden geändert in: Grobtoleranz, Mitteltoleranz und Feintoleranz. Im Durchmesser oder Längenbereich wurde die Stufung ab 60 mm mit größeren Sprüngen durchgeführt, weil der vom VDEP vorgesehene Sprung um je 5 mm bei den größeren Durchmessern bzw. Längen für zu fein gehalten wurde.

Die Toleranzen wurden nicht in Prozenten angegeben, um das Umrechnen der Prozentwerte in Maßwerte zu

Noch nicht endgültig

Keramische Isolierteile

für Spannungen bis 1000 V
Toleranzen und Maßeintragung Richtlinien
Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 680
Blatt 2

Maßeintragung

Allgemeines

In der Regel sind nur die Maße mit zahlenmäßigen Toleranzangaben zu versehen, auf deren Einhaltung es ankommt, und die nach Mittel- bzw. Feintoleranzen ausgeführt werden sollen.

Maßeintragung bei den 3 Gütegraden

1. Feintoleranzen werden durch eine Wellenlinie unter der Maßzahl gekennzeichnet. Die Maßzahl ist stets mit der Angabe der Abmaße zu verschen. (Siehe unter 1a, b, c.)

2. Mitteltoleranzen. Maßzahlen mit gleichen Abmaßen (±) stellen ohne besondere Kennzeichnung eine Mitteltoleranz dar. (Siehe unter 2a.) Darf die Abweichung nur nach einer Seite liegen (oben oder unten), dann kommen die Werte der Gesamtabweichung zur Anwendung, die bei der Maßzahl angegeben werden müssen. (Siehe unter 2 b u. c.)

3. Grobtoleranzen. Für Maße ohne Toleranzangabe gelten die ± Werte der Grobtoleranzen. Darf die Abweichung nur nach einer Seite liegen (oben oder unten), dann kommen die Werte der Gesamtabweichung zur Anwendung, die bei der Maßzahl angegeben werden müssen. (Siehe unter 3 b u. c.)

Kettenmaße

Stellt ein Gesamtmaß die Summe zweier oder mehrerer Einzelmaße dar, so ist, um Widersprüche zu vermeiden, entweder beim Gesamtmaß oder bei einem der Einzelmaße die Toleranzangabe wegzulassen, und zwar bei dem Maß, dessen Genauigkeit gegenüber den anderen Maßen von geringerer Bedeutung ist. (Siehe Zeichnungsbeispiele.)

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
März 1930 Verband Deutscher Elektrotechnischer Porzellanfabriken

Noch nicht endgültig

Keramische Isolierteile

für Spannungen bis 1000 V
Toleranzen und Maßeintragung Richtlinien
Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 680
Blatt 1

Toleranzen

Die Genauigkeit der Ausführung und somit die Größen der zugelassenen Toleranzen hängen vom Verwendungszweck ab. Es werden 3 Gütegrade unterschieden:

1. Feintoleranz für Maße an Teilen, die mit anderen sehr genau zusammenpassen müssen und z. B. besonders bei Preßporzellan anzuwenden sind. (Besondere Kennzeichnung siehe Blatt 2).

2. Mitteltoleranz für Maße an Teilen, die mit anderen mit geringem Spiel zusammenpassen müssen und z. B. besonders bei Preßporzellan anzuwenden sind.

3. Grobtoleranz für Maße an Teilen, die mit anderen mit größerem Spiel zusammenpassen, bei denen Abweichungen keinen Einfluß auf die Konstruktion haben und die besonders für gedrehte und gegossene Teile in Frage kommen.

Grobtoleranzen sind nach Möglichkeit zu bevorzugen, weil sie den geringsten Fertigungsausfall bedingen und am wirtschaftlichsten sind.

Maße in mm

Durchmesser- oder Längenbereich	Feintoleranz	Mitteltoleranz Gesamtabweichung	Mitteltoleranz Abmaße ±	Grobtoleranz Gesamtabweichung	Grobtoleranz Abmaße ±
bis 2	Feintoleranzen sind kleiner als Mitteltoleranzen und besonders zu vereinbaren. Sie sind nur anzuwenden, wo größtmögliche Genauigkeit verlangt wird.	0,2	0,1	0,4	0,2
über 2 „ 4		0,3	0,15	0,8	0,4
„ 4 „ 6		0,4	0,2	1,2	0,6
„ 6 „ 8		0,5	0,25	1,4	0,7
„ 8 „ 10		0,6	0,3	1,6	0,8
„ 10 „ 13		0,7	0,35	2	1
„ 13 „ 16		0,8	0,4	2,4	1,2
„ 16 „ 20		0,9	0,45	2,4	1,2
„ 20 „ 25		1	0,5	3	1,5
„ 25 „ 30		1,1	0,55	3	1,5
„ 30 „ 35		1,2	0,6	4	2
„ 35 „ 40		1,3	0,65	4	2
„ 40 „ 45		1,4	0,7	4	2
„ 45 „ 50		1,6	0,8	5	2,5
„ 50 „ 55		1,8	0,9	5	2,5
„ 55 „ 60		2	1	5	2,5
„ 60 „ 70		2,4	1,2	6	3
„ 70 „ 80		2,8	1,4	7	3,5
„ 80 „ 90		3,2	1,6	8	4
„ 90 „ 100		3,6	1,8	9	4,5
„ 100 „ 110		4	2	10	5
„ 110 „ 125		4,4	2,2	11	5,5
„ 125 „ 140		5	2,5	12	6
„ 140 „ 155		5,6	2,8	13	6,5
„ 155 „ 170		6	3	14	7
„ 170 „ 185		6,8	3,4	15	7,5
„ 185 „ 200		7,6	3,8	16	8
„ 200 „ 250				18	9
„ 250 „ 300				20	10
„ 300 „ 350				22	11
„ 350 „ 400				24	12
„ 400 „ 450				26	13
„ 450 „ 500				28	14

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
März 1930 Verband Deutscher Elektrotechnischer Porzellanfabriken

Digitized by Google

Noch nicht endgültig

Keramische Isolierteile

für Spannungen bis 1000 V

Toleranzen und Maßeintragung Richtlinien Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 680 Blatt 3

Maße in mm

Beispiel	Maßeintragung	Kennzeichnung
1. Feintoleranzen.		
a Nennmaß mit gleichen Abmaßen	40±0,4	Wellenlinie unter d. Maßzahl
b Nennmaß mit oberem Abmaß (+) und unterem Abmaß 0	$40^{+0,8}$	
c Nennmaß mit oberem Abmaß 0 und unterem Abmaß (—)	$40_{-0,8}$	
2. Mitteltoleranzen.		
a Nennmaß mit gleichen Abmaßen	40±0,65	
b Nennmaß mit oberem Abmaß (+) u. unterem Abmaß 0	$40^{+1,3}$	
c Nennmaß mit oberem Abmaß 0 und unterem Abmaß (—)	$40_{-1,3}$	
3. Grobtoleranzen.		
a Nennmaß ohne Abmaßangabe	40	
b Nennmaß mit oberem Abmaß (+) u. unterem Abmaß 0	40^{+4}	
c Nennmaß mit oberem Abmaß 0 und unterem Abmaß (—)	40_{-4}	

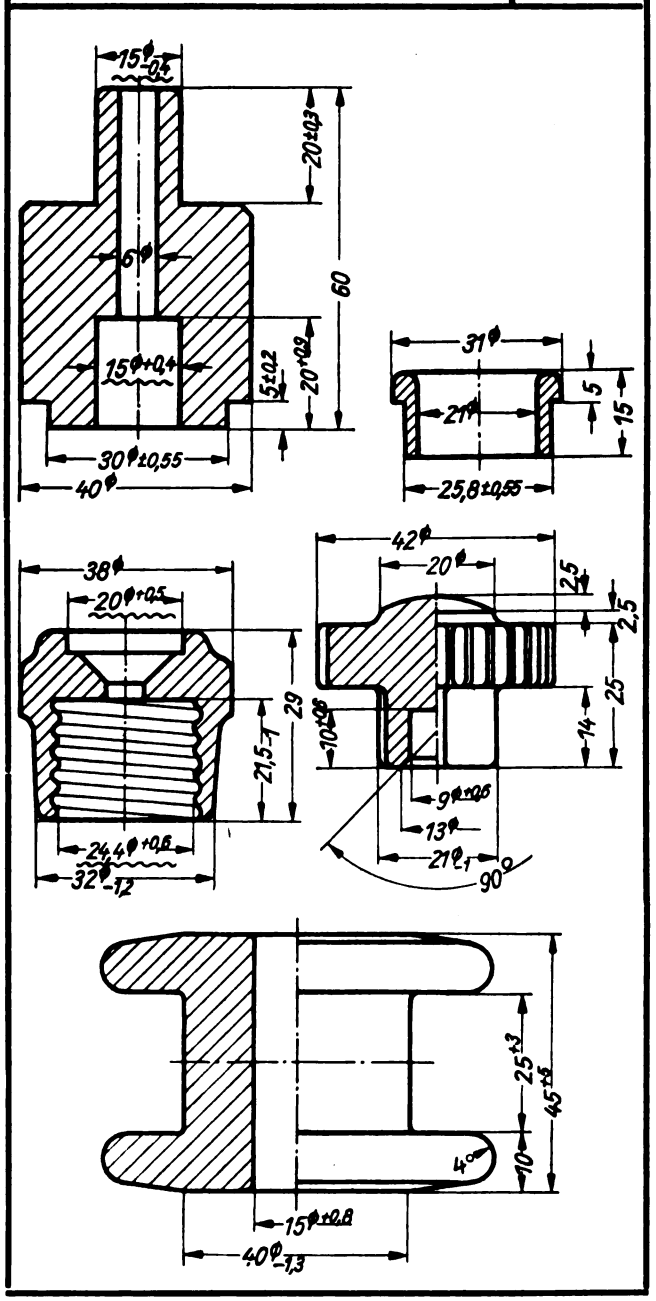
Für keramische Isolierteile sind Einzelzeichnungen zu bevorzugen. Über Eintragung von Toleranzen siehe auch DIN 406 Bl. 5 und 6. Zeichnungsbeispiele siehe DIN VDE 680 Bl. 4

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Verband Deutscher Elektrotechnischer Porzellanfabriken
März 1930

Zeichnungsbeispiele

zu DIN VDE 680 Blatt 1 bis 3

DIN Entwurf 1 VDE 680 Blatt 4



vermeiden. Die Angabe in Prozenten war auch irreführend, da sie den ganzen Durchmesser- und Längenbereich umfaßte, in Wirklichkeit aber nur für den mittleren Bereich stimmte, während der Prozentwert bei den kleinen Durchmessern größer und bei den großen kleiner war.

Von der in der Druckschrift des VDEP aufgenommenen Aufstellung von keramischen Teilen, die in Installationsmaterial und Montagematerial unterschieden werden, wurde Abstand genommen, weil sie sich aus installationstechnischen Gründen nicht aufrecht erhalten ließ.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betrifft: Installations-Selbstschalter.

Unter Hinweis auf die früheren Veröffentlichungen in der ETZ 1929, Heft 51, S. 1863, und ETZ 1930, Heft 2, S. 70, wird hierdurch bekanntgegeben, daß die Stöpsel-Installations-Selbstschalter der Firma Stotz G. m. b. H. Fabrik elektrotechn. Spezialartikel, Mannheim-Neckarau, für 10 A, 250 V Gleichstrom, 380 V Wechselstrom, mit elektromagnetischer Auslösung und durch Erwärmung beeinflußter Auslöseverzögerung den neuen am 1. VII. 1930 in Kraft tretenden Leitsätzen des VDE für Installations-Selbstschalter lt. Gutachten des Elektrischen Prüfamtes 3 in München entsprechen.

Prüfzeit: Februar 1930.

Betrifft: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

In der Privatklagesache des Verbandes Deutscher Elektrotechniker gegen den Inhaber der elektrotechnischen Werkstatt Max Wabnitz, Breslau, Fürstenstr. 3, wegen wissentlicher unberechtigter Benutzung des VDE-Zeichens hat das Amtsgericht in Breslau den Angeklagten für schuldig befunden und ihn zu einer Geldstrafe (ersatzweise Gefängnisstrafe) und zu den Kosten des Verfahrens verurteilt.

Das Urteil hat inzwischen Rechtskraft erlangt.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

Digitized by Google

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft Halle a. S. 14. III. 1930, abds. 8h, gr. Hörsaal d. Phys. Inst., Paradeplatz: Vortrag Prof. Carolus „Probleme des el. Fernsehens".

Elektrot. Gesellschaft Magdeburg. 18. III. 1930, abds. 8¼h, Saal des Pschorrbräu, Otto-von-Guericke-Str. 100; Aussprache über die neuen Errichtungs- und Betriebsvorschriften des VDE, anknüpfend an den Vortrag von Obering. O. Storde ur, Halle a. S. am 16. X. 1929.

Elektrotechn. Verein München. 20. III. 1930, abds. 8h, Hörsaal 848 der T. H.: Vortrag Dipl.-Ing. Stern, „Fernmeßanlagen zur Lastverteilung und Betriebsüberwachung von Stadt- und Überlandnetzen".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Nürnberg. 14. III. 1930, abds. 8h, Vortragsaal der SSW, Frauentorgraben 35: Vorführung des unter Leitung von Dr. H. Jungmichl hergestellten Lehrfilms der SSW: „Die Herstellung der Quecksilberdampf-Gleichrichter" (mit einleit. Worten von Obering. Siemens).

Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 14. III. 1930, abds. 7½h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. d. T. H.: a) Vortrag W. Meißner, „Ein neues Vibrationsgalvanometer mit weitgehender Frequenzunabhängigkeit des Ausschlages". b) Vortrag B. Lange, „Über eine neue Art von Photozellen" (m. Experimenten).

Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 17. III. 1930, nachm. 5½h, gr. Hörsaal des Phys. Inst. d. Universität, Reichstagsufer 7/8: Vortrag C. Störmer „25 Jahre Polarlichtforschung". Anschließ. Abendessen in den Räumen der Deutschen Gesellschaft von 1914, Schadowstr. 6-7. Anmeldungen bis 10. III. 1930 unter Beifügung von 5 RM auf Postscheckkonto Berlin 114 114 der Dt. Phys. Ges.

Deutsche Maschinentech. Gesellschaft, Berlin. 18. III. 1930, abds. 7h, gr. Saal des Ingenieurhauses, Friedrich-Ebert-Straße 27: a) Vortrag Obering. Huzel „Die Technik des Films". b) Vortrag Reichsbahnrat van Hees „Der Film in der Technik".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Hochschulnachrichten. — Die T. H. Darmstadt hat Herrn Dr.-Ing. Heinz Voigt, Kassel-Wilhelmshöhe, als ordentlichen Professor auf den durch den Tod Prof. Eberles freigewordenen Lehrstuhl für Wärmetechnik berufen. Dr.-Ing. Voigt wurde 1885 zu Frankfurt a. M. als Sohn des Herrn Dr.-Ing. E. h. Heinrich Voigt geboren und war zuerst bei den Preußischen Kraftwerken „Oberweser" tätig. Seit 1922 leitete er als Direktor die Kraft-, Wärme- und Elektrizitätswirtschaft der dem Wintershall-Konzern angehörenden Werke.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Praxis des Beleuchtungswesens und die techn. Hilfsmitel der Lichtreklame. Von Ziv.-Ing. R. Illersperger. Mit zahlr. Abb. u. 99 S. in kl. 8°. Verlag Georg D. W. Callwey, München 1929. Preis geb. 3,30 RM.

Auf knapp 100 Seiten kleinen Formats hat der Verfasser sein Thema mit gutem praktischen Blick behandelt. Die theoretischen Grundlagen sind nur kurz gestreift und in der Hauptsache die praktische Ausführung der Beleuchtungsanlagen für einige wichtige Anwendungsgebiete besprochen. Auch installationstechnische Fragen sind hierbei mit berücksichtigt. Der zweite Teil des Büchleins beschäftigt sich mit der Reklamebeleuchtung und gibt einen kurzen Überblick über deren neuere Entwicklung. Bei dem nur geringen Umfang kann und will der Verfasser natürlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Der lichttechnisch nicht Geschulte, der kein umfassenderes Buch anschaffen oder durcharbeiten will, wird aus dem kleinen Büchlein manche für ihn recht brauchbare Hinweise entnehmen können. L. Bloch.

Das Neumeyer-Hilfsbuch für Kabel und Leitungen. Von Dr. phil. H. W. Droste. 1. Aufl. Eine Sammlung v. Formeln m. 69 Zahlentaf., 15 Rechenbehelfen u. 71 Abb., XIX u. 287 S. in 8°. Herausg. v. Kabel- u. Metallwerke Neumeyer AG., Nürnberg 1929. Preis geb. 7,50 RM.

Das von der Firma Kabel- und Metallwerke Neumeyer AG., Nürnberg, herausgegebene Buch enthält eine recht vollständige Zusammenstellung der für den Hersteller und Benutzer von Leitungsdrähten und Kabeln wichtigen Tatsachen, Formeln und Maße. Das Buch gliedert sich in die Hauptteile: Isolierte Leitungen in Starkstromanlagen, Schwachstromkabel und Hochspannungskabel, und gibt in jedem Abschnitt die wichtigsten Angaben über die Fabrikation, die für die Abnahme erforderlichen Messungen, die Vorschriften des VDE sowie theoretische Darlegungen. Außerordentlich wertvoll sind die vielen Zahlentafeln und vergleichenden Aufstellungen, mit deren Zusammenfassung einem wirklichen Bedürfnis abgeholfen ist. Das Buch wird daher allen, die sich berufsmäßig mit Leitungen und Kabeln zu beschäftigen haben, ein wertvolles Hilfsmittel sein. Apt.

Formeln für Entwurf u. Berechn. v. Gleichstrommaschinen, Drehstrom- u. Einphasenmotoren. Von E. Schulz. 5. Aufl. Mit 23 Abb. i. Text, XV u. 85 S. in 8°. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1929. Preis kart. 3,60 RM.

Die Verwendung des Büchleins setzt die Kenntnis der betreffenden Maschinengattungen voraus, so daß es nur im Zusammenhang mit einem Lehrbuch oder Kollegheft zu verwenden ist. Wie der Verfasser selbst angibt, sind die von ihm genannten Zahlenwerte der heutigen Ausnutzung der Maschinen nicht angepaßt, so daß das Büchlein sich nur für den schulmäßigen Entwurf von Gleichstrommaschinen, Drehstrom- und Einphasenmotoren eignet. Der in der Praxis stehende Ingenieur soll die in dem Büchlein angegebenen Zahlenwerte mit Vorsicht verwenden. Es würde sich bei der nächsten Auflage empfehlen, die Abbildungen hinsichtlich Beschriftung sorgfältiger auszuführen. Das Büchlein ist den Studierenden der technischen Mittelschulen und den Besuchern von technischen Abendkursen zu empfehlen.

M. Liwschitz.

Teoría de los Campos electromagnéticos (Electrodinámica industrial). Von Prof. J. A. Pérez del Pulgar, S. J. Mit zahlr. Fig. i. Text u. 319 S. in gr. 8°. Verlag Talleres Tipográficos de „El Financiero", Madrid 1928. Preis 16 RM.

Das Buch bildet den ersten Teil des höheren Kursus über Elektrizitätslehre am Istituto Católico de Artes e Industrias in Madrid und enthält eine Einführung in die klassische Theorie des elektromagnetischen Feldes unter Berücksichtigung der speziellen Relativitätstheorie. In den einleitenden Kapiteln werden die Grundbegriffe und Rechenregeln der Vektoranalysis und die allgemeinen Lehrsätze über stetige Vektorfelder auseinandergesetzt. Hier wird auch, zunächst rein formell, auf die Funktionen der vierdimensionalen Vektoren eingegangen und gezeigt, wie diese zu den Maxwellschen Grundgleichungen führen. Die folgenden Kapitel behandeln die Vektorfelder mit Unstetigkeitspunkten und -flächen, die Erscheinungen der Polarisation und die wichtigsten Grundsätze des elektrischen und des magnetischen Feldes. Bei der Behandlung der Dielektra vermißt man ein näheres Eingehen auf die neueren Forschungen über dielektrische Festigkeit. Sehr eingehend werden dann die elektromagnetischen Grundgesetze, die Ausbreitung elektromagnetischer Zustände bei ruhendem und bei bewegtem Medium und die elektromagnetische Lichttheorie behandelt. Die letzten Kapitel endlich enthalten die Eigenschaften und Koeffizienten elektrischer Leitungen und die Grundsätze über das dynamische Gleichgewicht elektromagnetischer Systeme. Das Buch ist mit großer Klarheit und Sorgfalt in den mathematischen Ableitungen geschrieben und eignet sich daher vorzüglich als Einführung in die mathematische Elektrizitätslehre. Fraenckel.

Verbrauchssteuern. I. Leuchtmittelsteuer-Gesetz vom 9. VII. 1923 nebst Ausführungsbestimm. m. Einleit. u. Anmerk. von Oberzollinsp. Bergmann. Mit 135 S. in Klemmrückenmappe, kl. 8°. Hanseatischer Rechts- u. Wirtschaftsverlag G. m. b. H., Hamburg 1, 1929. Preis 4,50 RM.

Ein Praktiker, der als Lehrer an der Technischen Prüfungs- und Lehranstalt der Reichszollverwaltung in Berlin tätig ist, hat das Gesetz und seine Ausführungsbestimmungen kommentiert. Jede der einzelnen Bestimmungen ist mit ausführlichen Anmerkungen versehen, wichtige Entscheidungen des RFH. sind mit ihrem das wesentliche wiedergebenden Wortlaute aufgenommen. Voran geht eine Einführung in das Wesen des jetzigen Gesetzes sowie eine technologische Betrachtung zu den Besteuerungsgegenständen des Gesetzes. Den Abschluß bildet eine Zusammenstellung aller Muster für die vorgeschriebenen Nachweisungen usw. nebst einer Anleitung

Digitized by Google

zu ihrem Gebrauche. Das Buch führt dank klarer und knapper Darstellung schnell in die Materie ein und wird in allen Zweifelsfällen dem Praktiker ein Ratgeber sein.
v. dem Busch.

Das Gas in der deutschen Wirtschaft. In Beiträgen erster Mitarb. aus Wissenschaft u. Praxis, Wirtschaft u. Technik, d. kommun. Spitzenverbänden u. wirtschaftl. Organisationen. Herausg. v. Dr. W. Vollbrecht u. Dr. R. Sternberg-Raasch. Mit 105 Abb. i. Text u. auf Taf. u. 362 S. in gr. 8°. Verlag Reimar Hobbing, Berlin 1929. Preis geb. 18 RM.

Das Buch will in knapper Form dem Laien wie dem Fachmanne alles Wissenswerte über die unter dem Sammelnamen „Gas" bekannte Energieform übermitteln. Dieser Aufgabe hat sich eine große Anzahl geschätzter Fachleute in nicht weniger als 40 Einzelaufsätzen gewidmet und sie, wenn auch nicht immer in vollendeter, so doch in durchschnittlich recht beachtenswerter Weise gelöst. Der Leser wird nach einer wissenschaftlichen Einleitung mit der Technik der Gasproduktion im einzelnen bekannt gemacht, erfährt das Nötige über die Gasverteilung und kann sich eingehend vertraut machen mit den verschiedenen Arten des Gasverbrauches. Die öffentliche Beleuchtung, die großenteils, und die Privatbeleuchtung, die immerhin noch in einem erheblichen Umfange durch Gas besorgt wird, das Gas im Haushalte und als Wärmequelle in Gewerbe und Industrie mit seinen zahlreichen Verwendungsmöglichkeiten wie schließlich das Gas in der Großindustrie werden nacheinander unter die Lupe genommen. Auch findet man beachtenswerte Angaben über die kaufmännische Organisation der Gaswerke und den Dienst am Kunden.

Der nächste große Abschnitt vermittelt dann in fünf Kapiteln die Ansichten der Gasfachmänner über so moderne Probleme wie die Konzentration der Gaserzeugung an einzelnen günstigen Punkten und die planmäßige Verteilung über ganze Provinzen und Länder, Probleme, die heute unter dem Namen „Ferngas" zusammengefaßt und vom Gasfachmanne mit Vorliebe in der Art der Gruppen-Fernversorgung gelöst werden. Auch die Stellung der Kommunalwirtschaft zu Gaserzeugung, Verteilung und Bezug wird in diesem Zusammenhange behandelt.

Der sechste und letzte Abschnitt — die Überschrift deckt sich nicht immer völlig mit dem Inhalte — behandelt endlich Rechtsfragen, wie das Wegerecht in bezug auf Gasleitungen, Wirtschaftliches, wie Gastarife in bezug auf die kommunale Finanzwirtschaft, sowie Hygienisches und Sozialpolitisches in bezug auf Gaswerksarbeiter und Angestellte.

„Das Gas in der deutschen Wirtschaft" kann also auch dem Elektroingenieur nach dem Grundsatze „Wer vieles bringt, kann manchem etwas bringen" als Nachschlagebuch empfohlen werden. P. Heck.

Eingegangene Doktordissertationen.

Emil Bodemann, Über eine Steuerung des glühelektrischen Stromes oxydbedeckter Metallfolien durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht. T. H. Dresden 1929. Sonderdr. aus Ann. Phys. 5. Folge Bd. 3, H. 5, 1929.

Wilhelm Schüller, Die gleislose Flurförderung in der Feinblech verarbeitenden Industrie. T. H. Hannover 1929.

Georg Boll, Über den Einfluß von Luftdruck, Frequenz und Lufteinschlüssen auf den Verlustwinkel von Hartpapier. T. H. Darmstadt 1929.

Albert Callsen, Die Flußverdrängung und Flußverlagerung im verzweigten magnetischen Kreis und ihre Bedeutung für den Induktionszähler. T. H. Darmstadt 1928. (Sonderdruck aus Arch. El. 1929, Bd. 23, H. 1.)

Werner Körtje, Wirtschaftliche Betriebsführung und Organisation im Lieferdienst mittels Nutzkraftfahrzeugen. T. H. Darmstadt 1929.

Walter Maurer, Kompensation der Ladeblindlast langer Höchstspannungsleitungen mittels regulierbarer Reaktanzen. T. H. Darmstadt 1929.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Geschäftswelt.— Im Geschäftsjahr 1928/29 war die C. J. Vogel Draht- und Kabelwerke AG., Berlin, zufriedenstellend beschäftigt. Die Rationalisierungsmaßnahmen haben sich durchaus bewährt, und den dauernd gesteigerten Ansprüchen auf höhere Leistungsfähigkeit entsprechend wurden die Fabrikationsmethoden und Erzeugnisse weiter entwickelt. Betriebsüberschuß und Beteiligungsgewinn betrugen 2 810 101 RM (4 589 407 i. V.), der Reingewinn 552 299 RM (551 139 i. V.). Hieraus hat das Unternehmen bei unverändert 8,2 Mill RM Stammaktienkapital wieder 6 % Dividende verteilt. In der GV. wurde auf in der Branche eingeleitete Verständigungsverhandlungen hingewiesen, die hoffentlich ein erfreuliches Resultat zeitigen würden. — Bei der Pöge Elektricitäts-AG., Chemnitz, die rd. 1500 Arbeiter beschäftigt, hat die technische Entwicklung im Geschäftsjahr 1928/29, wenn auch mit bedeutenden Opfern (Bau elektrischer Lokomotiven), beachtliche Fortschritte gemacht, und im neuen Geschäftsjahr sind von der Verwaltung schärfere Spar- und Einschränkungsmaßnahmen ergriffen worden, die sich aber erst nach gewissen Zeitabständen finanziell auswirken können. Es sei, so heißt es in dem Bericht, bereits ein verbessertes Verhältnis zwischen Umsatz und Unkosten erkennbar, doch müsse angesichts der verschlechterten Geschäftslage und des Preisdrucks auf allen Gebieten der Elektroindustrie das Ergebnis des laufenden Jahres abermals ungünstig werden. Die Bemühungen, die Gesellschaft einem anderen Unternehmen anzugliedern, hätten keinen Erfolg gehabt. Das Bruttoergebnis ist bei einem Umsatz von 11 Mill RM von 2 339 285 auf 1 291 684 RM zurückgegangen. Nach 410 392 RM Abschreibungen ergibt sich ein Verlust von 2 323 468 RM (897 317 i. V.), der durch Herabsetzung des Aktienkapitals von rd. 6 auf 1,05 Mill RM beseitigt werden soll, u. zw. mittels Zusammenlegung der Stammaktien im Verhältnis von 6 : 1, der Vorzugsaktien A im Verhältnis von 3 : 1 und Einziehung der mehrstimmigen Vorzugsaktien B. Sodann soll das Kapital wieder um 2,95 auf 4 Mill RM Stammaktien erhöht werden. Die neuen Aktien übernimmt das unter Führung der Dresdner Bank stehende Bankenkonsortium der Gesellschaft zu 104 %. — Die in der ETZ 1929, S. 1572, bereits genannte Schwachstrom-Holdinggesellschaft ist nunmehr unter der Firma Standard Elektrizitäts-Gesellschaft AG., Berlin (W 56, Schinkelplatz 1/2) in das Handelsregister eingetragen worden. Als Gegenstand werden die Beteiligung an Unternehmungen der Elektrizitätswirtschaft auf dem Schwachstromgebiet, der Betrieb und die Finanzierung solcher Unternehmungen usw. angeführt. Das Grundkapital beträgt 10 Mill RM Stammaktien, wozu 15 Mill RM Genußscheine treten. Unter den Gründern sind die AEG und die Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Köln, genannt. Erstere hat rd. 12,76 Mill RM Aktien der Mix & Genest AG., ein anderer Mitgründer 1,678 Mill RM Aktien der Ferdinand Schuchardt AG. sowie Patente, Lizenzen usw. eingebracht. Die Vereinigte Telephon- & Telegraphen-Fabriks-AG., Wien, ist im Vorstand vertreten.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Das Ergebnis des Januar 1930 innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B ist eine Abnahme der Einfuhr, die gegenüber dem Vormonat (6300 dz bzw. 4,049 Mill RM) 986 dz (über 15 %) bzw. 0,232 Mill RM (6 %) und im Vergleich zum Parallelmonat von 1929 2950 dz (35 %) und 0,769 Mill RM (17 %) ausmachte. Importiert wurden im Januar 393 Lichtmaschinen (1240 i. V.), 6712 Dynamos, Elektromotoren usw. (12 850 i. V.), 345 Bogen- usw. Lampen (164 i. V.), 0,697 Mill Metalldrahtlampen (0,532 i. V.) und 26 600 Kohlefaden- usw. Lampen (0 i. V.). Die Ausfuhr war um 5600 dz (4 %) größer als im Vormonat (131 000 dz bzw. 50,963 Mill RM), weist aber wertlich eine Verringerung um 1,968 Mill RM (4 %) auf; eine solche zeigt sich auch gegenüber dem Januar 1929, u. zw. im Betrag von 557 dz bzw. 1,382 Mill RM (3 %). Der Export umfaßte 9565 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 2,261 Mill RM und der Stückzahl nach 6270 Lichtmaschinen (6756 i. V.), 58 264 Dynamos, Elektromotoren

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 411; 1930, S. 263.

VDE-Vorschriftenbuch 17. Aufl. 1930
erschienen. Zu beziehen durch Verlag des VDE, Berlin W57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz Januar 1930	Einfuhr in dz Januar 1929	Ausfuhr in dz Januar 1930	Ausfuhr in dz Januar 1929
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	46	59	588	617*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	1 882	3 449	29 556*	23 159*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	28	10	1 846*	2 340*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	388	421	4 193*	4 946*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	484	1 157	40 458*	44 569*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	26	9	269	508
911 a	Metallfadenlampen	308	241	1 115	1 089*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	15	—	38	47*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	11	23	2	15
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittelungseinrichtungen; Bestandteile davon	45	22	1 240*	1 534*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	514	651	5 745*	6 144
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	168	262	2 825*	3 389*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	—	3	1 024	624*
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	278	137	1 455*	1 347*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	2	0	21	17
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	166	226	2 224	2 836*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	8	18	1 032	878*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	856	1 446	28 362*	28 492*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	58	35	1 276*	1 670*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	29	75	9 726	10 544
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	2	12	6	6
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	—	8	47	59*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	3 557	2 331*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	1	2
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	5 314	8 264	136 600*	137 157*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*3 817*	*4 586*	*48 995**	*50 377**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	23	22	1 182	1 260
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	6	8	68	55
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	—	105	737	868
648 d	Elektroden	690	618	24 476	19 945
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	52	6 633*	5 172
740 a	Glühlampenkolben	61	8	1 478	1 311
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	103	107	8	8
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	39	9		
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	180	230	14 742*	12 116*

usw. (59 458 i. V.), 3664 Bogen- usw. Lampen (4283 i. V.), 6,509 Mill Metalldrahtlampen (5,813 i. V.) sowie 0,123 Mill Kohlenfaden- usw. Lampen (0,150 i. V.). Als Überschuß der Ausfuhr ergeben sich 131 286 dz bzw. 45,178 Mill RM (128 893 dz bzw. 45,791 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Berichtigung.

In dem Referat „Versuche über den Stromdurchgang durch den menschlichen Körper" (ETZ 1930, S. 254) sind die 7. und 8. Zeile infolge eines Versehens der Setzerei verstümmelt; diese Zeilen müssen folgendermaßen lauten: „...gestellt, die leider erst 1928 veröffentlicht wurden[1]. Weber hatte festgestellt, daß Spannungen beim Umfassen der..."

Abschluß des Heftes: 8. März 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Einheitsbürstenhalter für Gleichstrom-Bahnmotoren.

Mitteilung der AEG.

Nachdem die Abmessungen und Toleranzen für die Kohlebürsten der Bahnmotoren als deutsche Norm (Abb. 1) vorliegen, hat sich die AEG entschlossen, für diese genormten Kohlebürsten Einheitshalter (Abb. 2)

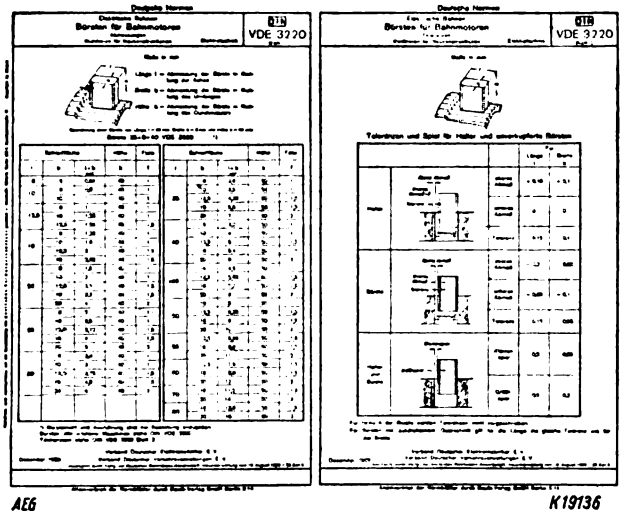


Abb. 1. Normblätter der Bürsten für Bahnmotoren.

zu schaffen, unter Benutzung bestimmter Normal-Einzelteile. Diese neuen Einheitshalter für Kohlebürsten nach den Normblättern DIN/VDE 3220, Blatt 1 u. 2, können in jede vorhandene Maschine eingebaut und auch für ältere Motoren verwendet werden.

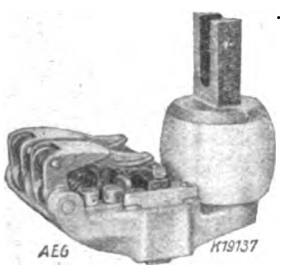


Abb. 2. Einheitsbürstenhalter.

Für die Führung der Kohlebürste im Halter ist eine auswechselbare Tasche nach einer der AEG geschützten Ausführung vorgesehen. Wie aus Abb. 3 zu ersehen ist, kann die Tasche leicht ausgebaut und ersetzt werden. Bei Abnutzung der Kohlenführung durch Verschleiß und Abbrand ist es nur erforderlich, die Tasche zu erneuern, der Bürstenhalter bleibt erhalten. Abgesehen von diesem Vorteil ist aber auch für die Herstellung des Halters die auswechselbare Tasche von Bedeutung, weil sich für die verschiedenen Bürstenabmessungen bestimmte Normalhalter verwenden lassen und nur passende Bürstentaschen eingesetzt zu werden brauchen.

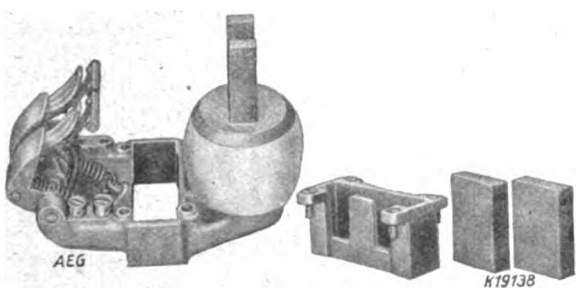


Abb. 3. Körper und Kohlen des Einheitsbürstenhalters.

Der neue Bürstenhalter arbeitet im allgemeinen mit Kohlen ohne besondere Armatur. Der Strom wird vom Kasten her über Kupferbänder zum Druckkontakt und von hier zur Bürste geleitet. Der Bürstendruck wird durch eine Schraubenfeder erzeugt, die bei Montage des Halters eingestellt werden kann. Eine Nachstellbarkeit im Betrieb soll vermieden werden; sie ist auch nicht erforderlich, weil der Druck auch bei fortschreitender Abnutzung der Kohlebürsten mit genormter Brückenhöhe praktisch konstant bleibt. Dieser Vorteil wird dadurch erreicht, daß mit dem Nachlassen der Federkraft eine Vergrößerung des wirksamen Hebelarmes eintritt. Die Übertragung der Federkraft auf die Kohlebürste erfolgt nicht direkt durch den Druckfinger, sondern unter Zwischenschaltung einer Stahlblattfeder, die sich mit zunehmender Durchbiegung auf den Druckfinger abwickelt. Die Feder erhält hierdurch eine aperiodische Charakteristik und es ist die Gewähr gegeben, daß Schwingungen vermieden werden. Im normalen Betrieb ist die Federung weich und bei stärkeren Stößen wälzt sich die Blattfeder auf der Schwinge des Druckhebels ab, wie in Abb. 4 dargestellt ist. Die Federkonstante ändert sich je nach Anlage der Feder an der Schwinge und mit zunehmender Durchbiegung wird die Federung härter. Die feinen betriebsmäßigen Erschütterungen nimmt also die Blattfeder auf, während die Schraubenfeder nur den erforderlichen Bürstendruck zu erzeugen hat. Die Gelenkstellen der Bürstendruckfinger machen im allgemeinen keine Bewegung.

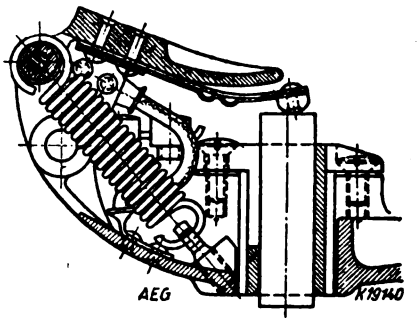


Abb. 4. Federung des Einheitsbürstenhalters.

Die Isolation der Einheitsbürstenhalter erfolgt nach dem Schema der Abb. 5. Geeignet geschnittene Glimmerplättchen werden in eine Ausdrehung des Körpers geschichtet. Ein geschlitztes Stahlrohr wird nach Erledigung dieser Arbeiten eingebracht und dann unter starkem Druck der Bürstenbolzen eingepreßt. Um zu vermeiden, daß Kohlenstaub oder Feuchtigkeit an die Isolation herantreten können, wird diese durch einen Isolator aus Steatit oder Porzellan geschützt, der oben und unten durch eine Schicht eines besonderen Kittes abgedeckt ist. Die Form der Isolatoren ist erprobt und gewährleistet gute Kriechwege vom Körper zum Bürstenbolzen. Angestrebt ist eine glatte Oberfläche. Rillen oder Absätze sind vermieden, da an diesen Kohlenstaub und Feuchtigkeit leichter haften bleiben würden und eine Reinigung der Isolatoren mit glatter Oberfläche einfacher ist.

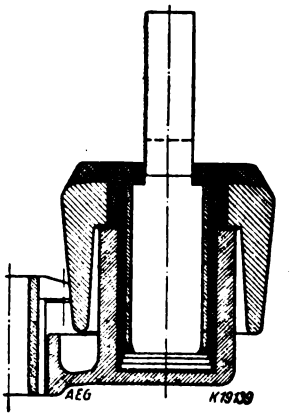


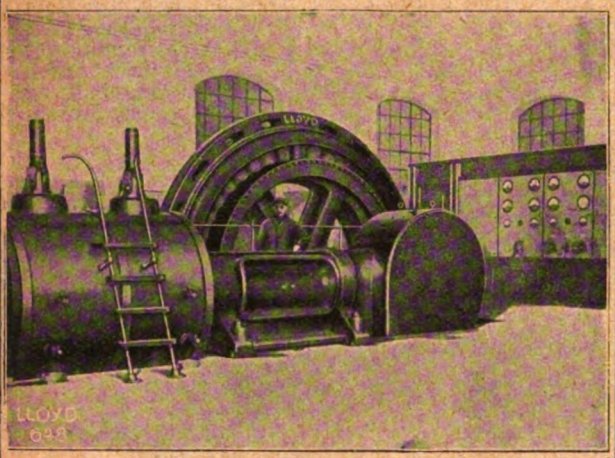
Abb. 5. Isolation des Einheitsbürstenhalters.

Alle neuen Gleichstrom-Bahnmotoren werden von der AEG bereits mit diesen Einheitsbürstenhaltern geliefert, es ist aber auch möglich, ältere Maschinen damit auszurüsten. In solchen Fällen ist die Befestigungsart dem neuen Halter abzupassen oder es sind die vorhandenen Winkel oder Bürstenbolzen zu entfernen und durch geeignete neue Teile zu ersetzen. Für die Änderung dieser Befestigungselemente werden von Fall zu Fall besondere Anweisungen gegeben, die dem Abnehmer gestatten, in eigner Werkstatt den Umbau und das Einsetzen der Einheitshalter vorzunehmen. Die Verwendung dieser Halter für ältere Motoren bietet Vorteile, weil ein einwandfreies Arbeiten der Kohlebürsten und eine gute Isolation der Bürstenhalter gewährleistet ist.

*) Die Veröffentlichung erfolgt mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses E. V.

Digitized by Google

LLOYD
GENERATOREN



Drehstrom-Generator 715 kVA, 220/380 Volt, 150 UpM.
geliefert für eine Zuckerfabrik

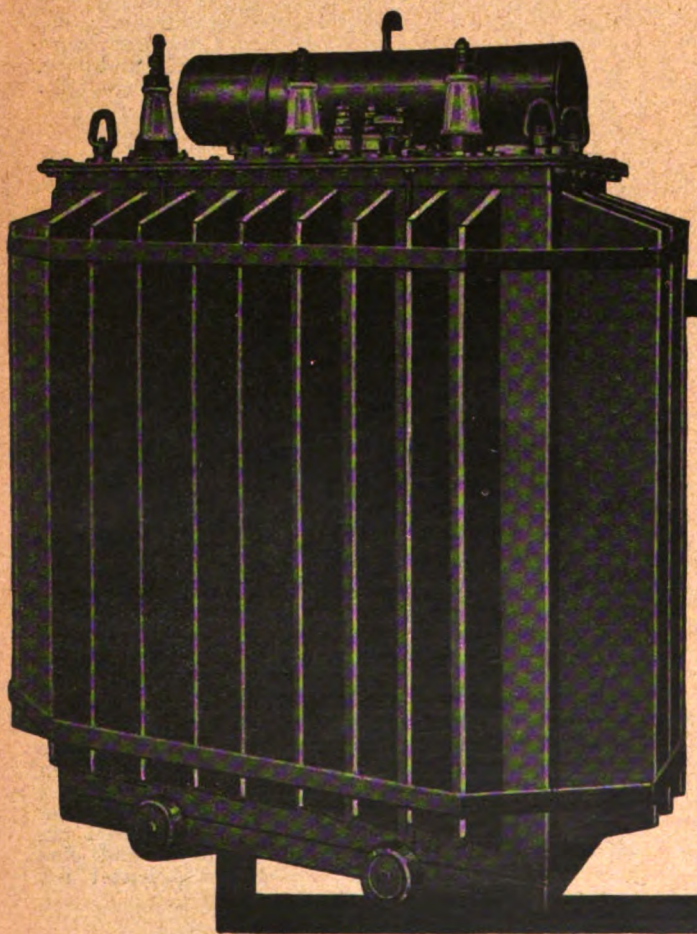
LLOYD DYNAMOWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BREMEN.

C H Co

Außer Kartell

KABELWERK RODENKIRCHEN
CARL HEINZ & CO. G.M.B.H.
RODENKIRCHEN bei Köln

BLEIKABEL
für Starkstrom
Hoch- und Niederspannung
für Schwachstrom
Fernsprech-, Signal-, Telegraphen- und Blockkabel



TRANS-FORMATOREN

FÜR JEDEN VERWENDUNGSZWECK UND FÜR HÖCHSTE SPANNUNGEN

FTF

FRANKFURTER TRANSFORMATOREN-FABRIK M. TOPP & CO. FRANKFURT A.M.

Digitized by Google

Engineering Library

APR 10 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Kraftwerksentwicklung bei den Elektrowerken, AG. Von A. Peucker. 417
Ein graphisches Verfahren zur Ermittlung der Kosten von Neuanlagen für die einzelnen Baumonate. Von H. Böhm. 419
Verlustwinkel- und Wirkungsgradmessungen mittels des thermischen Wattmeters. Von A. Herczeg. 421
Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn. Von W. Reichel (Forts.). 423
Die Berechnung von eisenlosen Drosselspulen. Von K. Faye-Hansen. 427
Ein vielseitiges selbstschreibendes Kontroll- und Alarmgerät. 430
Die Versorgung Norwegens mit elektr. Arbeit für bürgerliche Zwecke. Von Norberg Schulz. 431

Rundschau:

Das Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung. 432 — Salzkratzer u. fahrbare Förderschnecke der Kali-Umschlaganl., Antwerpen. 433 — Berechn. des magnet. Leitwerts im Luftspalt. v. Wechselstrommasch. 433 — Beitr. z. Berechn. v. Gleichstrom-Schnellschaltern. 434 — Verf. z. genauesten Mess. techn. Frequenzen. 435 — Die lichttechn. Eigensch. der Trübgläser. 436 — Verlegungsmethode f. Rohr- u. Kabelleit. 436 — Die Siemensbahn Jungfernheide—Gartenfeld. 437 — Ausbreit. kurzer Wellen b. kleiner Leistung im 1000 km-Bereich. 438 — Zündabschirm. f. Funkempfang im Flugzeug. 438 — 5. Grüne Woche Berlin 1930. 439 — El. Schiffspropeller-Antr. 440 — Neubestimm. der internat. el. Widerstandseinheit. 440 — Kontaktwirk. zw. Elektroden u. Dielektrikum. 441 — Impedanzrelais als Selektivschutz f. Freileit. 442 — Rückkühl. des Kondensator-Kühlwassers durch Streudüsen. 442 — Lichtbogenschweiß. in Amerika. 443 — Neue Normbl. des DNA. 443 — Energiewirtschaft. 444

Vereinsnachrichten. 445
Sitzungskalender. 446
Persönliches. 446. J. Biermanns, A. Güntherschulze
Literatur. VDE., E. Krohne, F. Bülz, VDI., H. Obermüller 446
Geschäftliche Mitteilungen. 448
Bezugsquellenverzeichnis. 448

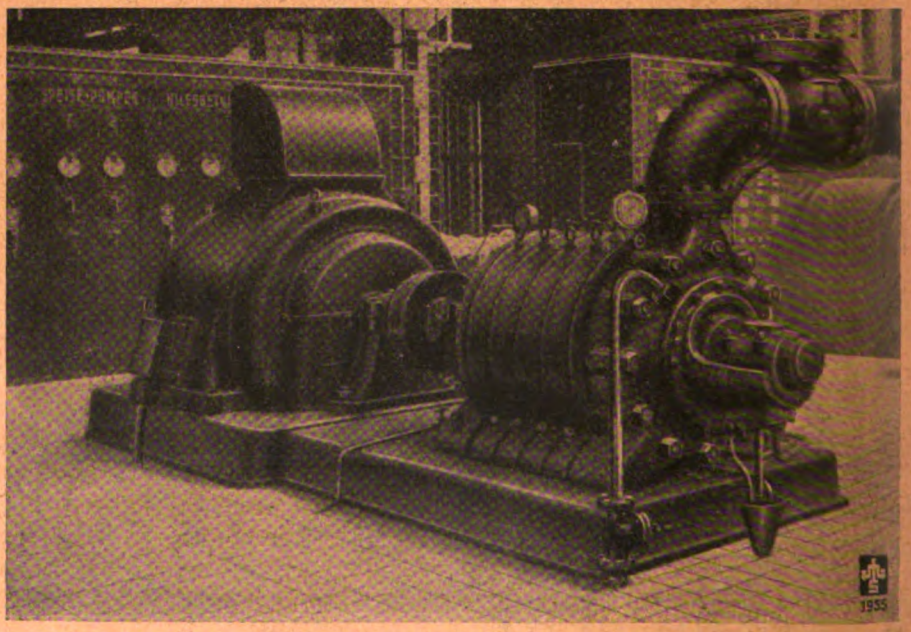
12. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(417-448) 20. MÄRZ 1930

VDE-Vorschriftenbuch 17. Auflage (1930) ist erschienen
Zu beziehen durch Verlag des »VDE«, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68

Wir besitzen besondere, jahrzehntelange Erfahrungen im Bau von

KESSEL-SPEISE-PUMPEN

- Hochwertige Bauart für höchste Drücke und Temperaturen
- Günstigste hydraulische Entwicklung mit stetig steigender Kennlinie



MAFFEI-SCHWARTZKOPFF

ABTEILUNG FÜR PUMPEN: BERLIN N4 · DRAHTWORT: TURBOMOTOR BERLIN

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 20. März 1930** **Heft 12**

Kraftwerksentwicklung bei den Elektrowerken, AG.*

Von Dr. A. **Peucker**, Berlin.

Übersicht. Nach einem kurzen Überblick über den Gesamtbetrieb der Elektrowerke wird im besonderen die Erweiterung des Kraftwerks Golpa-Zschornewitz um zwei 100 000 kVA-Maschinen mit Kesselanlagen beschrieben.

Die Elektrowerke Aktiengesellschaft sind mit einem Aktienkapital von 90 Mill RM ausgestattet, das sich vollständig im Besitze des Deutschen Reiches befindet, und haben in den V. S. Amerika Anleihen im Betrage von 12 500 000 $ aufgenommen. Sie erzeugen Elektrizität in drei Braunkohlenkraftwerken und liefern sie durch ein 110 kV-Netz an Städte, Provinzen, Vertriebsgesellschaften und chemische Industrie in ganz Mitteldeutschland. Die benötigten Braunkohlen werden hauptsächlich in eigenen Gruben im Tagebau gewonnen. Diese förderten im Jahre 1928 zusammen 4 803 678 t. Ein kleinerer Teil der Kohle wurde zugekauft. Die Braunkohle hat 54 ... 56 % Wassergehalt, 6 % Asche, einen Heizwert von 2000 ... 2250 kcal/kg und einen Aschen-Schmelzpunkt von etwa 1150 °.

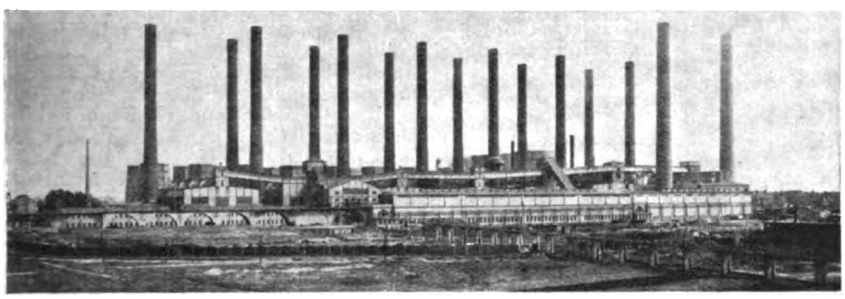


Abb. 1. Kraftwerk Golpa-Zschornewitz.

In den drei Kraftwerken der Gesellschaft waren im Jahre 1928 zusammen 460 000 kW installiert, die 2 008 915 700 kWh erzeugten. Im Jahre 1929 wurde die Maschinenleistung auf 730 000 kW = 868 490 kVA vergrößert. Die neuen Maschinen kamen aber erst in den letzten Wochen des Jahres in Betrieb und nahmen an der Jahreserzeugung von rd. 2 332 000 000 kWh noch wenig teil. Unter den Neuanlagen ist die Vergrößerung des Kraftwerks Zschornewitz (Abb. 1) um zwei Maschinen von je 100 000 kVA mit Kesselanlagen besonders bemerkenswert und soll nachstehend beschrieben werden.

Für diese Erweiterung wurde der vorhandene Kesseldruck von 16 atü beibehalten, weil Hochdruckkessel und Maschinen für mindestens 100 atü für große Anlagen noch nicht genügend erprobt sind und sich bei dem billigen Brennstoff der vorhandenen Rohbraunkohle nicht bezahlt machen würden. Einen mittleren Druck zu wählen empfahl sich nicht, da für spätere Zeit doch mit der Verwendung eines Druckes von mindestens 100 atü in einer Vorschaltanlage gerechnet wird und die dann nötige Zwischenüberhitzung vorteilhafter bei dem vorhandenen Druck von 16 atü als bei mittleren Drücken einzufügen ist.

Die neueren Kesselhäuser der Elektrowerke umfassen Kessel von je 1000 m² Heizfläche mit gußeisernen Rippenrohr-Speisewasservorwärmern, Platten-Luftvorwärmern und Überhitzern (Abb. 2). Sie werden mit Rohbraunkohle gefeuert, die in Großraumwagen direkt aus den neben den Kraftwerken liegenden Gruben unmittelbar vom Bagger her auf die Fördereinrichtungen der Kesselhäuser gefahren wird. Trotz des geringen Heizwertes der Kohle ist es gelungen, Dauerkesselleistungen von 60 t/h mit 1 Kessel zu erzielen, und es wird gehofft, durch weitere Verbesserungen bei den im nächsten Jahre aufzustellenden Kesseln gleicher Größe 70 t/h zu erreichen. Die Kessel haben geschweißte Trommeln mit eingenieteten Böden, ein System, das bei den Elektrowerken im Gegensatz zur amerikanischen Praxis seit einer Reihe von Jahren ausschließlich angewendet wird und sich ausgezeichnet bewährt hat. Die Feuerungen haben selbsttätige Muldenroste, die durch Druckölmotoren bewegt werden. Die Speisung der Kessel erfolgt durch Wasser, das nach dem Regenerativverfahren bis auf 110° vor dem Eintritt in die Rauchgasvorwärmer erwärmt

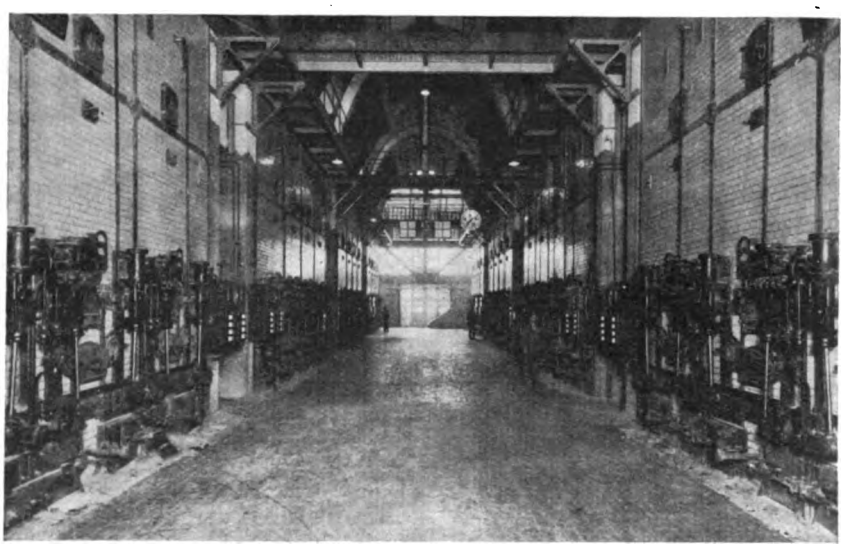
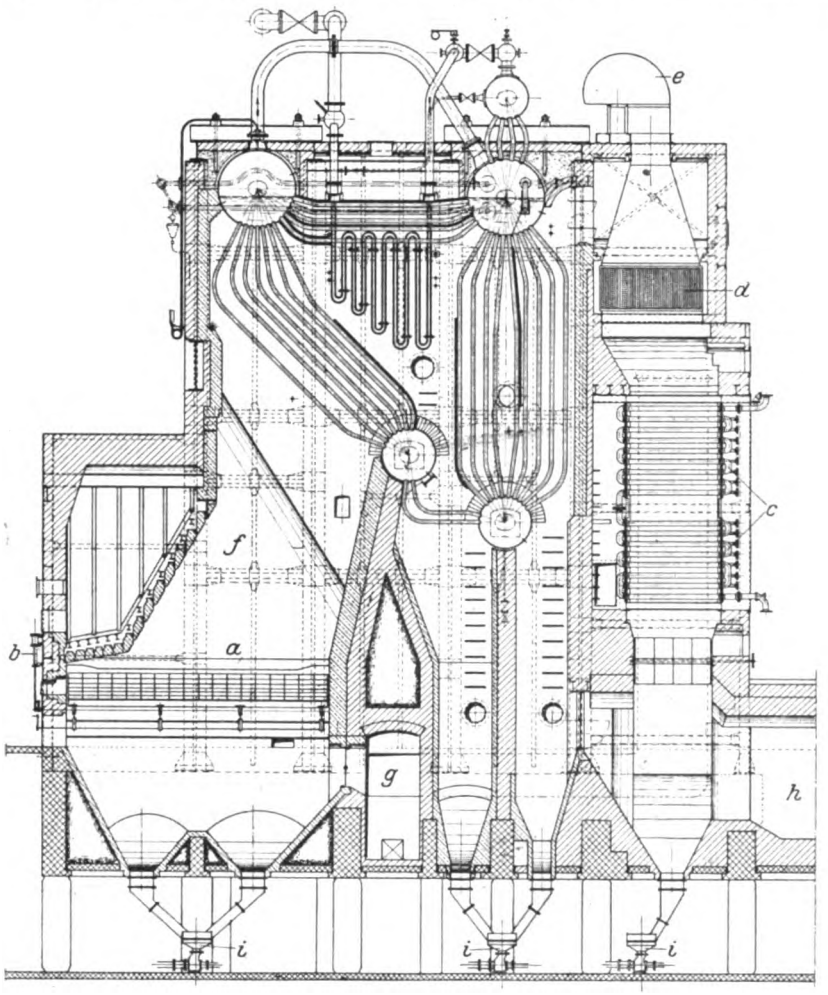


Abb. 3. Blick in das neue Kesselhaus in Golpa-Zschornewitz.

* Als Beitrag zum Jahresbericht der National Electric Light Association, New York, übergeben.

Digitized by Google

wird. Die restliche Ausnutzung der Feuergase erfolgt durch Luftvorwärmer, in denen die Verbrennungsluft auf 170 ° vorgewärmt wird. Eine höhere Luftvorwärmung



a Muldenrost *b* Ölmotor für Rostantrieb *c* Economiser *d* Luftvorwärmer *e* Ventilator *f* Feuerraum *g* Warmluftkanal *h* Fuchs *i* Druckwasser-Entaschung

Abb. 2. Schnitt durch einen der neuen Kessel von 1000 m² Heizfläche im Kraftwerk Golpa-Zschornewitz.

verbietet der niedrige Schmelzpunkt der Schlacke. Das Kesselspeisewasser wird auf einen Sauerstoffgehalt von weniger als 0,1 mg/l entgast und mit einer Geschwindigkeit von mindestens 0,5 m/s durch die Rauchgasvorwärmer geführt. Anfressungen sind auf diese Weise vollständig vermieden worden. Das Kesselhaus hat einschließlich Kohlenbunker einen umbauten Raum von 0,536 m³/kW. Abb. 3 zeigt einen Blick in das Kesselhaus.

Die Turbinen für je 100 000 kVA erhalten Dampf von 360 ... 385 °. Die eine ist als Zweizylinder-, die andere als Dreizylindermaschine, beide mit nur je einer Welle, ausgeführt (Abb. 4). Die Dreizylindermaschine besitzt eine Steuerung nach rein hydraulischem Prinzip, bei der Anfahren, Regelung und Abstellen ohne jedes Gestänge erfolgen. Beide Maschinen sind zweimal angezapft, um das Kondensat bis auf 110 ° vorzuwärmen und in Verdampfern 3 % Zusatzwasser zu destillieren. In den Dampfzuleitungen sind doppelte Schnellschlußorgane, bestehend aus je einem Ventil und einem Krämerhahn[1], mit zwei unabhängigen Sicherheitsreglern vorgesehen. Die Kondensation jeder Maschine besteht aus zwei Kondensatoren von je 6000 m² Kühlfläche mit je einem dampfangetriebenen Pumpensatz von 1000 kW Leistung. Das Kühlwasser wird in Kühltürmen rückgekühlt. Die Generatoren sind für 13 000 V gewickelt. Das Statorgewicht beträgt 210 t, das Rotorgewicht 120 t, die Umdrehungszahl der Maschinensätze ist 1500 U/min. Die Kühlluft der Generatoren wird zusätzlich durch besondere Ventilatoren umgewälzt, die neben den Erregermaschinen auf der Hauptwelle der Maschinen sitzen. Die Konstruktion der gesamten Maschinensätze wurde nach dem Grundsatze ausgeführt, daß auch bei 25 % Überdrehzahl für alle Teile noch eine doppelte Sicherheit in bezug auf die Streckgrenze besteht. Das Maschinenhaus, das zwei Laufkrane für je 110 t Tragfähigkeit enthält, erforderte auf 1 inst. kW einschließlich aller Nebenanlagen nur 0,3 m³ umbauten Raum.

Die Umspanner stehen neben den Maschinen und transformieren auf 115 kV. Die Verbindung der Umspanner mit den Sammelschienen der Schaltanlage erfolgt durch Kabel für 115 kV. Für jede Maschine sind drei Einleiterkabel von je 625 mm² und ein viertes als Reserve verlegt. Die Kupferleiter sind nicht ölgefüllte Hohlleiter, sondern haben normale Bauart in der üblichen Verseilungsform. Die Wandstärke der Papierisolation beträgt 18 mm. Der eine der beiden Kabelsätze besitzt einen Schutz aus unmagnetischem Stahldraht über dem Bleimantel, der andere ist ohne solchen ausgeführt. Die Länge jedes Kabels ist etwa 700 m und alle Kabel wurden in zwei Stücken angefertigt, um die Muffenkonstruktionen zu erproben.

Für die Rückkühlung des Kühlwassers wurden nicht die üblichen Kühltürme mit Holzausführung in Eisengerüsten gewählt, sondern Türme mit Betonmänteln und Rieseleinbauten aus Ziegelsteinen nach Patenten der Elektrowerke (Abb. 5 ... 7 auf S. 419 u. 420). Es werden hierdurch nicht nur die beträchtlichen Unterhaltungskosten der Holz-Eisen-Konstruktion gespart, sondern es wird auch deren Feuergefährlichkeit vermieden.

Da die Anlage erst kurze Zeit in Betrieb ist, können Angaben über ihren Betriebswirkungsgrad noch nicht ge-

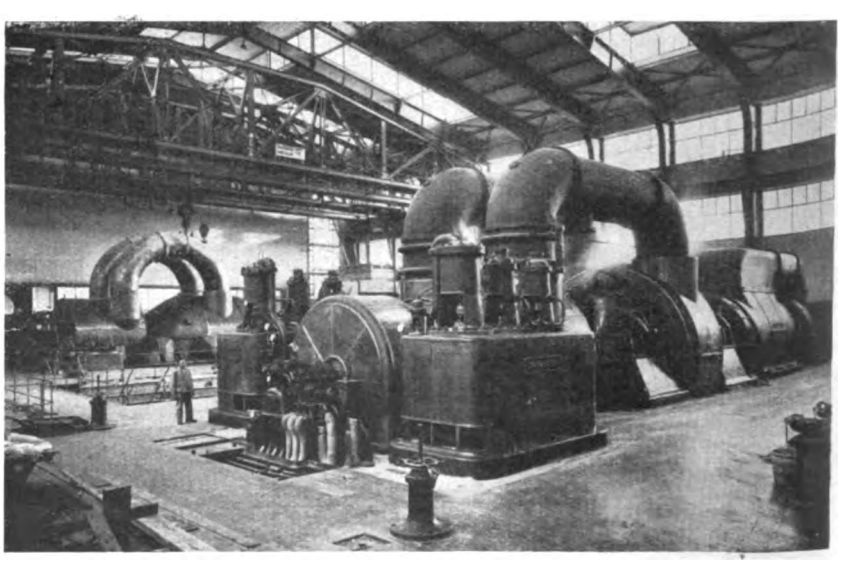


Abb. 4. Zwei neue einwellige 100 000 kVA-Turbogeneratoren in Golpa-Zschornewitz.

[1] Vgl. Power Bd. 70, S. 62, und Die Wärme vom 30. III. 1929.

Digitized by Google

macht werden, doch dürfte der Abnahme-Wärmeverbrauch der Turbinen einschließlich ihrer Hilfsbetriebe bei 3250 kcal/kWh und der Abnahmewirkungsgrad der Kessel bei 60 t Belastung bei 86 % liegen, Zahlen, die in Anbetracht des geringen Dampfdruckes, der Verwendung von Rohbraunkohle und von rückgekühltem Wasser günstig sein dürften.

Ein graphisches Verfahren zur Ermittlung der Kosten von Neuanlagen für die einzelnen Baumonate.

Von Dipl.-Ing. **H. Böhm**, Schweinfurt.

Übersicht. An einem Beispiel aus dem Gebiete des Leitungsbaues wird gezeigt, wie man auf einfache Weise die in den verschiedenen Baumonaten entstehenden Kosten vorausbestimmen kann. Diese Methode läßt sich bei sinngemäßer Abänderung auch für andere Anlagen anwenden. Grundlagen der Methode sind Kostenanschlag und Bauprogramm. Das entwickelte Diagramm ermöglicht gleichzeitig eine Kontrolle des Baufortschritts und der Zahlungen.

Neuanlagen und Erweiterungen können, insbesondere bei der gegenwärtigen Geldknappheit, nur dann in Angriff genommen werden, wenn feststeht, daß die erforderlichen Geldmittel aufzubringen sind. Meist wird man sich damit begnügen, daß diese Mittel im Laufe des Baues eingehen. Deshalb ist es stets erwünscht, schon bei der Projektierung einen Überblick über die ungefähre Höhe zu erhalten, welche die Kosten in den einzelnen Monaten erreichen. Die rechnerische Zusammenstellung erfordert jedoch verhältnismäßig viel Arbeit und Zeit und ist dabei bedeutend unübersichtlicher als eine graphische Methode, welche diese Teilbeträge sowie die jeweilige Gesamtsumme von selbst ergibt. Für den genannten Zweck kommt es nicht auf die ganz genauen Beträge in Mark und Pfennig an; deshalb ist die mit der graphischen Methode erreichte Genauigkeit völlig ausreichend. Da die Gedankengänge, welche hierbei benutzt werden, am besten an Hand eines praktischen Beispiels zu verfolgen sind, soll nachstehend der Bau einer 44 km langen Hochspannungs-Fernleitung zur Aufstellung der Diagramme benutzt werden. Im Interesse der Kürze wird angenommen, daß der Kostenanschlag bereits vorhanden ist. Aus Angaben des Kostenanschlages werden folgende Hauptgruppen ausgeschieden: 1. Erdaushub, 2. Maststellen, 3. Mastanstrich, 4. Seilzug. Die Unterarbeiten sind unter diese Hauptgruppen aufzuteilen (z. B. Mastanfuhr unter Maststellen). Die Trassierung soll bei dem vorliegenden Beispiel als bereits vollendet angenommen werden, da es hier ja nur darauf ankommt, das Wesen des Vorgehens zu zeigen. Selbstverständlich wäre auch eine andere Art der Unterteilung möglich, doch empfiehlt es sich, in jedem Falle möglichst wenig Hauptgruppen zu bilden, damit die Arbeit nicht unnötig erschwert wird. Die aus dem Kostenanschlag ausgeschiedenen Beträge für diese Arbeiten seien:

1.	Erdaushub	48 000 RM
2.	Maststellen	96 700 „
3.	Anstrich	13 300 „
4.	Seilzug	53 500 „ .

Weiterhin sei angenommen, daß für diese Arbeiten folgendes Bauprogramm aufgestellt wurde:

1. Erdaushub: Mitte September bis Mitte Januar,
2. Maststellen: Mitte September bis Anfang Februar,
3. Anstrich: Anfang November bis Mitte Februar,
4. Seilzug: Anfang Dezember bis Anfang März.

Sind diese beiden Übersichten zusammengestellt, so kann mit der Aufstellung der Diagramme begonnen werden. Man trägt auf:

I. Die erforderliche Bauzeit für die einzelnen Gruppen, abhängig von der Streckenlänge.
II. Die entstehenden Kosten für die einzelnen Gruppen, abhängig von der Streckenlänge.
III. Man leitet aus diesen beiden Diagrammen die entstehenden Gesamtkosten ab, abhängig von der Bauzeit.
IV. Man entnimmt der Gesamtkostenkurve die monatlichen Teilbeträge und trägt sie abhängig von den Baumonaten auf.

Konstruktion von Diagramm *I*. Beim Auftrag der Bauzeit wird hier angenommen, daß die Arbeiten

Abb. 5. Die neuen Beton-Kühltürme in Golpa-Zschornewitz. (Gehört zu S. 418.)

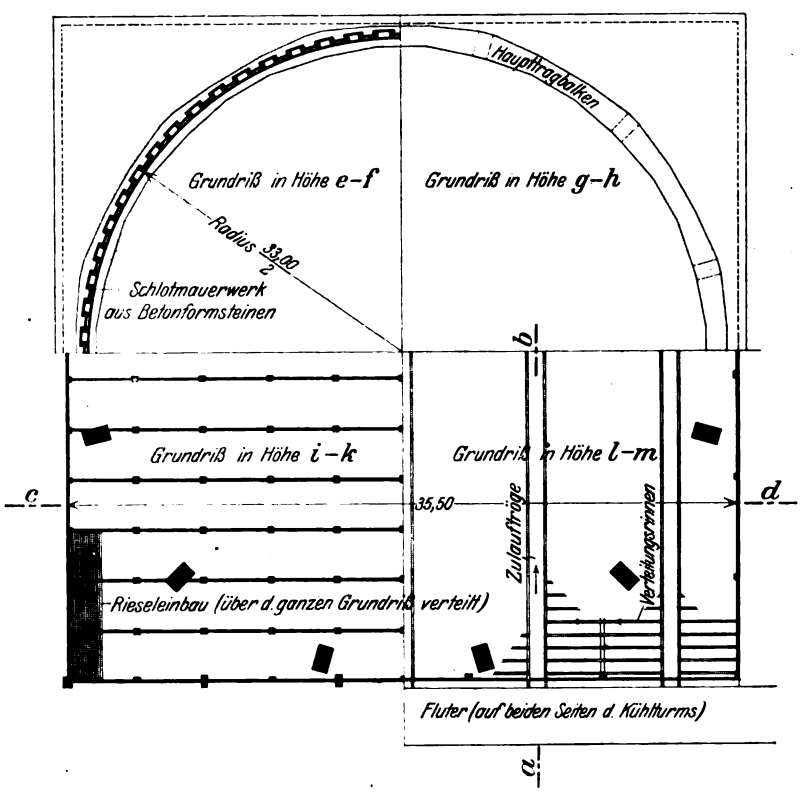


Abb. 6. Grundrisse durch einen Beton-Kühlturm. (Gehört zu S. 418.)

Digitized by Google

gleichmäßig fortschreiten. Dadurch ergeben sich gerade Linien. Es ist natürlich ebenso gut möglich, einen unregelmäßigen Verlauf anzunehmen, wodurch geknickte oder gekrümmte Linien entstünden.

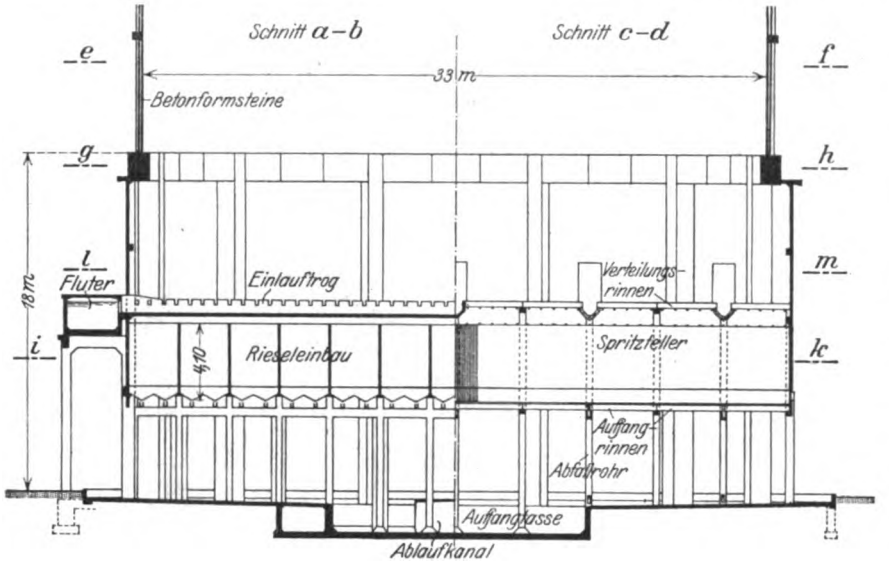


Abb. 7. Querschnitte durch einen Beton-Kühlturm. (Gehört zu S. 418.)

Konstruktion von Diagramm *II*. Die bei Diagramm *I* gemachte Annahme ergibt für die Kosten in Abhängigkeit von der Streckenlänge ebenfalls gerade Linien, da dann auch die Kosten gleichmäßig mit dem Fortschreiten der Arbeiten wachsen. Die Kostenlinien beginnen im Nullpunkt und endigen bei km 44 in Punkten, welche den Gesamtbeträgen, z. B. 48 000 RM für Erdaushub, entsprechen.

Konstruktion von Diagramm *III*. Um die Gesamtkostenkurve möglichst einfach zeichnen zu können, legt man die Diagramme *I* und *II* so zusammen, daß die — beiden gemeinsame — Achse für die Streckenlänge senkrecht nach oben, die Achse der Kosten waagerecht nach links und die Achse der Bauzeit waagerecht nach rechts vom Nullpunkt der Koordinatensysteme verlaufen. Die Bauzeitachse wird gleichzeitig für die Gesamtkostenkurve übernommen, so daß zwangläufig die Achse der Gesamtkosten senkrecht nach unten vom gemeinsamen Nullpunkt aus zu zeichnen ist (Abb. 1). Um für einen beliebigen Zeitpunkt die Gesamtkosten zu finden, braucht man nur an der betreffenden Stelle, z. B. Anfang Januar, senkrecht nach oben im Diagramm *II* bis zum Schnitt mit den Kurven bzw. Geraden für Erdaushub, Stellen, Anstrich und Seilzug zu gehen und von diesen Schnittpunkten aus waagerecht nach links ins Diagramm *I*, ebenfalls bis zum Schnitt mit den dortigen Kurven für diese Arbeiten. Zweckmäßig greift man in Diagramm *I* die einzelnen Werte (α, β, γ, δ) mit dem Stechzirkel ab und addiert sie gleichzeitig mit dem Stechzirkel in bekannter Weise, so daß man am Schluß eine Strecke im Stechzirkel hat, welche den Gesamtkosten im gewählten Zeitpunkt entspricht. Diese Strecke trägt man nun von dem gewählten Zeitpunkt aus senkrecht nach unten ins Diagramm *III* ein. Für Anfang Januar ist dies durch gestrichelte Linien in die Abbildung eingetragen. Die Gesamtkostenkurve wird eine geknickte Linie, weil die einzelnen Arbeiten nicht alle gleichzeitig beginnen. Damit man diese Linie möglichst rasch und ohne unnötige Arbeit erhält, braucht man nur die Knickstellen zu suchen. Die Gesamtkostenlinie bleibt so lange eine gerade Linie, als die Kurven für die Arbeiten in Diagramm *I* geradlinig verlaufen und keine Arbeitslinien dazu kommen oder u. U. wegfallen. Der Grund hierfür ist, daß durch Addition von Funktionen, welche geradlinig verlaufen, eine neue Gerade als Summenlinie erhalten wird. Bei dem gewählten Beispiel muß also, wie aus dem Diagramm *I* hervorgeht, die Gesamtkostenlinie geradlinig verlaufen von Mitte September bis Anfang November (nur Kosten für Erdaushub und Maststellen). Durch Hinzutritt der Linie für Anstrich erhält die Gesamtkostenlinie hier einen Knick und läuft geradlinig bis Anfang Dezember, dann wieder in neuer Richtung bis Mitte Januar, wo die Erdaushublinie aufhört. Anfang und Mitte Februar ergeben sich durch das Aufhören der Linien für Maststellen bzw. Anstrich zwei weitere Knicke. Es genügt also, wenn die Gesamtkosten bestimmt werden für: 1. Anfang November, 2. Anfang Dezember, 3. Mitte Januar, 4. Anfang Februar, 5. Mitte Februar und 6. am Endpunkt Anfang März. Zwischen diesen Punkten verläuft dann die Gesamtkostenlinie geradlinig.

Bei der Auftragung der Gesamtkosten muß berücksichtigt werden, daß in dem Moment, wo eine der Arbeiten zuende ist, die hierfür entstandenen Kosten für alle späteren Zeitpunkte mitgezählt werden müssen. Damit dies nicht zufällig einmal übersehen wird, ist es zweckmäßig, jedesmal wenn eine Arbeitslinie im Diagramm *II* endet, im Diagramm *III* dafür die Nullinie um den Betrag der Gesamtkosten für diese Arbeit zu verschieben und dann die mit dem Stechzirkel für die späteren Monate erhaltenen Werte von dieser neuen Nullinie aus abzutragen. Für die Konstruktion der Gesamtkostenkurve wird also als Grundlinie der Linienzug *Oab ... g* benutzt. Abgelesen werden natürlich die Gesamtkosten stets von der Nullinie aus. Es wäre noch darauf hinzuweisen, daß die Maßstäbe für die Kosten in Diagramm *I* und Diagramm *III* gleich groß gewählt werden müssen, weil sonst eine direkte Übertragung mittels Stechzirkels nicht möglich ist.

Konstruktion von Diagramm *IV*. Das Diagramm *IV* wird zweckmäßig in das gleiche Feld wie Diagramm *III* gezeichnet unter Benutzung von dessen Maßstäben. Für die Kurve der Einzelzahlungen ist zunächst festzulegen,

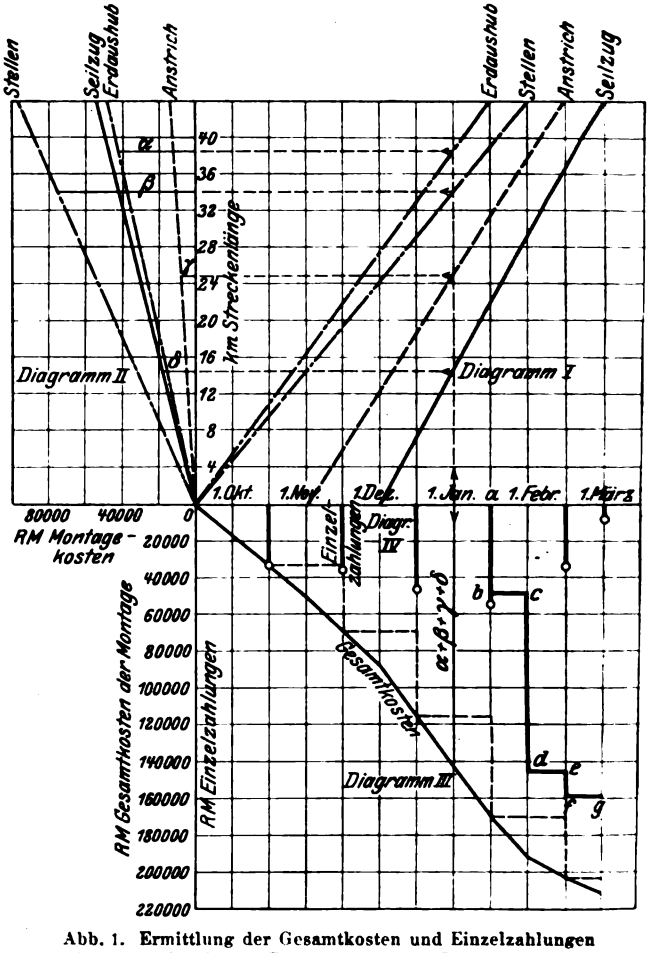


Abb. 1. Ermittlung der Gesamtkosten und Einzelzahlungen in Abhängigkeit vom Bauprogramm und Kostenanschlag.

in welchen Zwischenräumen diese erfolgen sollen. Im Beispiel sei angenommen, daß man wissen will, welche Beträge jeweils einen Monat nach Beginn des Baues ver-

Digitized by Google

fügbar sein müssen. Es ist dann nur erforderlich, an den Stellen für diese Zeitpunkte Senkrechte nach unten bis zum Schnitt mit der Gesamtkostenlinie zu ziehen und jeweils von einem solchen Schnittpunkt waagerecht bis zum Schnitt mit der Senkrechten des folgenden Termines. Dadurch entsteht die gestrichelt eingezeichnete treppenförmige Linie, von der die senkrechten Stücke die gewünschten Einzelbeträge darstellen. Diese können dann mit dem Stechzirkel nach der Nullinie übertragen werden, um ein leichteres Ablesen zu ermöglichen. Damit ist die gestellte Aufgabe gelöst. Die ganzen Verhältnisse werden durch diese drei Diagramme sehr anschaulich dargestellt und ergeben eine übersichtlichere Grundlage für die Verhandlungen zwischen Auftraggeber und Unternehmer als Zahlentafeln und lange Beschreibungen. Die Aufzeichnung der Diagramme ist bedeutend einfacher und wesentlich rascher durchgeführt, als vielleicht die Beschreibung vermuten läßt. Außer dem Überblick über die erforderlichen Einzelzahlungen ergeben jedoch die Diagramme noch weitere Anwendungsmöglichkeiten. So könnte Diagramm *IV* bzw. *III* gut für eine übersichtliche Kontrolle des programmgemäßen Zahlungseingangs durch Eintragung der tatsächlichen Zahlungen in das Diagramm benutzt werden. Diagramm *I* (Bauprogramm) ermöglicht jederzeit eine bequeme Kontrolle des Baufortschritts, wenn laufend Eintragungen während des Baues vorgenommen werden. Verzögerungen an einer oder der anderen Stelle sind dadurch schon im Entstehen festzustellen, so daß rechtzeitig Abhilfe geschaffen werden kann. Damit ist die termingerechte Fertigstellung des Baues leichter möglich.

Verlustwinkel- und Wirkungsgradmessungen mittels des thermischen Wattmeters.

Von Dr. **A. Herczeg**, München.

Übersicht. **Es wird eine Methode zur betriebsmäßigen Messung und Aufzeichnung der dielektrischen Verluste beschrieben, ferner gezeigt, daß gewisse Wirkungsgradmessungen vorteilhafter erledigt werden können, wenn man sie als Messungen von Differenzen auffaßt.**

Die Umwandlung des Wechselstromes in Gleichstrom zu Meßzwecken hat in gewissen Fällen große Vorteile. Der größte ist sicherlich, daß die Empfindlichkeit der Messung in dem Maße wie die der Gleichstrominstrumente gesteigert werden kann und man so imstande ist, auch kleine Wechselstromgrößen zu messen, ohne die Stromquelle durch den Eigenverbrauch des Instrumentes zu sehr zu belasten. Man muß natürlich geeignete Mittel zu diesem Zweck besitzen und diese bieten sich in den Thermoelementen dar. Sorgfältig konstruierte Thermoelemente erzeugen eine von der Frequenz und der Kurvenform unabhängige EMK. Sollte diese entsprechend den zu messenden kleinen Größen oder den durch konstruktive Erwägungen bedingten geringen Temperaturerhöhungen noch zu gering sein, so kann man eine beliebige Anzahl solcher Thermoelemente hintereinander schalten.

I.

Die Messung des dielektrischen Verlustes ist im wesentlichen eine Leistungsmessung. Schwierig gestaltet sich diese in der Praxis wegen des schlechten Leistungsfaktors. Selbst die empfindlichsten Torsionsdynamometer versagen vor dieser Aufgabe, denn mit einem Ausschlag von 1 ... 2 Teilstrichen im günstigsten Falle kann man wenig anfangen. Um diesen Ausschlag auch bei kleinem $\cos\varphi$ noch genügend groß zu machen, pflegt man das Wattmeter z. B. nach Duddell-Mather von Cambridge (Hartmann & Braun, Weston) mit hochüberlastbarer Feld- und Spannungspule zu bauen, wobei aber die Selbstinduktion der Spulen sehr groß wird und die Messung ungünstig beeinflußt. Ein thermisches Wattmeter leistet in solchem Falle die besten Dienste.

Das Instrument, welches diesen Betrachtungen zugrunde gelegt wird, wurde bereits von E. Kühnel[1] beschrieben. Es ist ein von H. W. L. Brückman in Delft konstruiertes und von Kipp & Zonen in Delft hergestelltes thermisches Wattmeter in der bekannten Schaltung, wonach im Prinzip durch den Heizdraht, welcher zu der einen Thermoelementenreihe eines Systems gehört, ein dem Quadrat der Summe des Stromes und der Spannung, in dem anderen, zur zweiten Thermoelementenreihe desselben Systems gehörenden Heizdraht ein dem Quadrat der Differenz dieser beiden Größen proportionaler Strom fließt und die beiden Thermoelementenreihen gegeneinandergeschaltet werden. Nach demselben Prinzip wurde schon das Hitzdraht-Wattmeter von Bauch[2] konstruiert, dessen Nachteil hauptsächlich in der Unsymmetrie des Systems liegt (Abb. 1). Die Durchrechnung zeigt nämlich, daß in den beiden Zweigen H_1 und H_2 weder die Abzweigströme des Stromkreises noch die Ströme des Spannungspfades einander gleich sind, ja daß dies sich gleichzeitig nicht einmal durch Abstimmung der Widerstände erreichen läßt. Das Brückmansche System (Abb. 2) ist symmetrisch gestaltet, doch zeigt die Durchrechnung auch hier, daß die Thermoelemente nur dann eine der Wirkleistung proportionale Spannung entwickeln werden, wenn $R_v \gg (R_s + R_H)$. Für die gebräuchlichen Spannungen ist diese Bedingung durchaus erfüllt; sonst ist eine Korrektur anzubringen, u. zw. von der Größe $+\frac{1}{2} I^2 R_s$.

Gerade bei der Messung von dielektrischen Verlusten wird das thermische Wattmeter die oben erwähnte Bedingung $R_v \gg (R_s + R_H)$ erfüllen, da man mit möglichst hohen Spannungen arbeiten wird. Anderseits wird das Korrektionsglied klein, da der Ladestrom klein sein wird. Je kleiner der Leistungsfaktor ist, um so empfindlichere Galvanometer wird man verwenden müssen; man wird aber einwandfrei messen können. Die Praxis zeigt, daß man an das Galvanometer gar keine extremen Anforderungen zu stellen braucht. Mit Hilfe eines Galvanometers mit der Empfindlichkeit von 1 μV/mm wird man schon an kleinen Papierkondensatoren mit sehr gutem (also kleinem) Verlustwinkel — auch bei Niederspannung, wo dieser noch weit kleiner ist —, Messungen mit gutem Erfolg ausführen können.

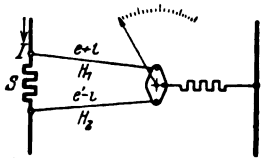


Abb. 1. Hitzdraht-Wattmeter nach Bauch.

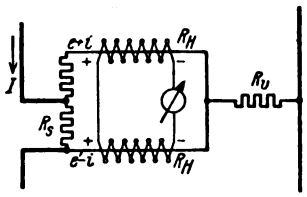


Abb. 2. Hitzdraht-Wattmeter nach Brückman.

Allgemein üblich ist es, für Verlustmessungen die Scheringbrücke zu verwenden. Diese ist sicher eine äußerst elegante und genaue, aber eben eine Laboratoriumsmethode. Bei betriebsmäßigen Messungen wird der Umstand stören, daß, da bei größeren Kabellängen ein Widerstandszweig der Brücke sehr klein werden muß, die Empfindlichkeit der Brücke herabgesetzt wird, ferner daß für das richtige Arbeiten sorgfältige Pflege und Ausschalten sämtlicher äußeren Störungseinflüsse unbedingte Voraussetzung sind.

Die Konstitution des mit Dielektrikum behafteten Materials, wie Kabel, Kondensatoren, Durchführungen, interessiert natürlich auch und sicherlich nicht zuletzt den Betriebsingenieur. Dieser kann im Betriebe schwerlich mit einer diffizilen Meßbrücke arbeiten, welche einer sorgfältigen Aufstellung bedarf, von anderen Schwierigkeiten ganz zu schweigen. Soll ein Kabel untersucht werden, dann tritt noch die oben erwähnte meßtechnische Schwierigkeit wegen der großen Länge desselben auf.

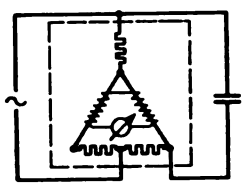
Die Messung des Verlustwinkels ist nicht in erster Linie aus wirtschaftlichen, sondern aus betriebstechnischen Gründen wichtig. Jede Änderung des Dielektrikums ist mit einer Änderung des Verlustwinkels verknüpft, u. zw. auf so empfindliche Weise, daß der kleinste Isolationsfehler in einem langen Kabel sich durch Änderung des Verlustwinkels bemerkbar macht. Die meßbaren dielektrischen Verluste entsprechen zwar dem durchschnittlichen Verhalten des Dielektrikums, doch kennzeichnet sich ein sich ausbildender Fehler durch eindeutige Änderung des Verlustes. Daraus ergibt sich, daß man den Zustand des

[1] E. Kühnel, Z. Instrumentenk. Bd. 48, S. 127.
[2] Bauch, ETZ 1903, S. 530 u. 659.

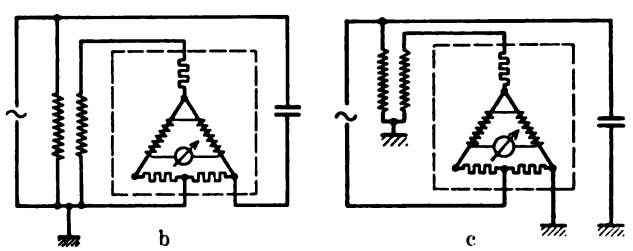
Digitized by Google

mit Dielektrikum behafteten elektrischen Materials durch periodische Messungen des Verlustes kontrollieren kann. Konstruiert man den Verlust (oder den Verlustwinkel) als Funktion der Zeit, so wird ein von Null verschiedener Wert des Differentialquotienten als das Zeichen für einen Prozeß im Dielektrikum aufzufassen sein.

Der nächstliegende Wunsch wird natürlich sein, den dielektrischen Verlust in Funktion der Zeit aufzuzeichnen. Das läßt sich mit Hilfe des thermischen Wattmeters in einer als Betriebsinstrumentarium ausgebildeten Registriervorrichtung (bestehend aus Spiegelgalvanometer, Lichtquelle und Registriertrommel) bequem bewerkstelligen. Es bereitet gar keine Schwierigkeiten, die ganze Einrichtung mehrere Stunden lang ohne Überwachung sich selbst zu überlassen, um nach Ablauf dieser Zeit den Bromidpapierstreifen mit einem Bild der Verlust-Zeit-Funktion des Dielektrikums zu entwickeln. Das Auge des Betriebsingenieurs wird sich sehr bald an diese Kardiogramme des Dielektrikums gewöhnen, und es wird ihm ein leichtes sein, nach Vergleich mit früheren Aufzeichnungen oder nach Untersuchung der verschiedenen Abschnitte der Kurve — wenn während der Versuchsdauer die Spannung erhöht wurde — die Konstitution des Materials zu beurteilen. Diese Methode der Verlustwinkelbestimmung ist weit anschaulicher, unmittelbarer, zuverlässiger und elastischer als die Dauerbelastung des Materials im Laboratorium mit der ihm zugeordneten Spannung und etwa die fünfminutliche Messung des Verlustwinkels. Zwischen zwei solchen Messungen kann der Verlust manche Schwankungen erfahren. Wenn man aber die Messungen an kurzen Kabelstücken vornimmt und den Absolutwert mit einer größeren Genauigkeit als etwa 3 ... 5 % bestimmen will, so wird man stets die Scheringbrücke bevorzugen, wenn man dabei auf die Registrierung auch verzichten muß.



a



b c

Abb. 3. Schaltungen des thermischen Wattmeters.

Bei Hochspannung ergeben sich dadurch Schwierigkeiten, daß der Fehlwinkel des normalen Spannungswandlers in derselben Größenordnung liegt wie der Verlustwinkel. Handelt es sich um Vergleichsmessungen und verwendet man stets ein und denselben Wandler guter Herkunft, so wird dieser Umstand nicht weiter stören. Bei Messung des Absolutwertes wird man den Einfluß des Fehlwinkels rechnerisch eliminieren müssen. Dazu ist selbstverständlich die genaue Kenntnis desselben erforderlich. Man kann aber Wandler mit äußerst geringem Fehlwinkel oder auch sehr genaue und zuverlässige Vorschaltwiderstände für hohe Spannungen ausführen, mit deren Hilfe die Bestimmung des dielektrischen Verlustes auch mittels des thermischen Wattmeters ohne Umrechnungen mit großer Genauigkeit möglich ist.

In den Abb. 3 a ... c sind Schaltungen des thermischen Wattmeters a) beim direkten Anschluß an die Netzspannung, b) bei Hochspannung, c) im Falle verlegter Kabel wiedergegeben. Abb. 4*[1] gibt ein Photogramm des Verlustes an einem Papierkondensator wieder (Aufnahmezeit 24 h). Die Schwankungen rühren nicht von mechanischen Erschütterungen her, sondern sind auf Spannungs-, Frequenz- und Temperaturänderungen zurückzuführen. Abb. 5 gibt den Verlauf einer Prüfung wieder. Ein Papierkondensator wurde zunächst mit der Nennspannung und dann mit dem doppelten Wert derselben belastet. Man sieht, wie sich das Dielektrikum den neuen Verhältnissen nur allmählich angepaßt hat (die Spannungsteigerung bzw. -erniedrigung erfolgte plötzlich). Interessant sind am Anfang und Ende des Streifens die überlagerten Aufzeichnungen (mit + angedeutet). Diese liegen um 24 h zeitlich getrennt und rühren daher, daß in der an demselben Netz liegenden Hochspannungsprüfanlage Durchschlagversuche an Porzellanisolatoren vorgenommen wurden. Daß diese Registrierung überhaupt erfolgt ist, ist ein schöner Beweis für die Empfindlichkeit des Wattmeters und der Registriermethode. Aus Abb. 6 ist sehr deutlich zu ersehen, daß gegen Ende des Versuches das Dielektrikum äußerst unruhig wurde (die Angaben des Spannungschreibers zeigten eine zwischen den zulässigen Grenzen schwankende Spannung). Dieses ist ein typisches Diagramm, welches

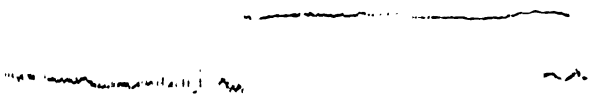


Abb. 4*[1]. Verluste in einem Papierkondensator.

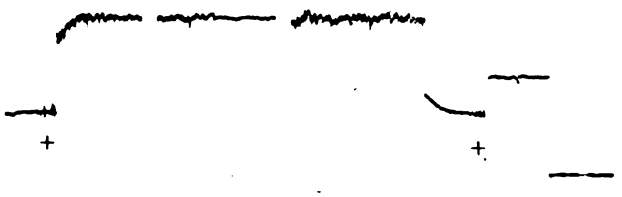


Abb. 5. Prüfung eines Papierkondensators mit einfacher und doppelter Nennspannung.

Abb. 6. Prüfung mit doppelter Nennspannung.

einen Betriebsleiter (z. B. bei Prüfung eines Kabels oder einer Kondensatordurchführung) zur Aufmerksamkeit ermahnen sollte. Um einen Durchschlag des Kondensators zu vermeiden, wurde die Spannung wieder vom doppelten auf den einfachen Wert ermäßigt. Der Kondensator zeigte im übrigen keinen merklichen Fehler, die Prüfspannung hielt er noch aus. Doch kann man wohl annehmen, daß der begonnene Prozeß bald zur Zerstörung des Dielektrikums geführt hätte.

II.

Auch bei Wirkungsgradmessungen kommen häufig Fälle vor, in denen man sich die geschmeidigen Eigenschaften der Thermoelemente zunutze machen kann. Um nur ein Beispiel zu wählen, soll die folgende Aufgabe gestellt werden: Der Wirkungsgrad eines Einankerumformers soll gemessen werden. Aus irgendwelchen Gründen ist die Belastung schwankend, so daß es Schwierigkeiten macht, an den beiden Wattmetern (gleichstrom- und wechselstromseitig) sichere Ablesungen zu machen. Man hilft sich oft so, daß man die Skalen der beiden Wattmeter zu einem bestimmten Zeitpunkt photographiert und die Angaben vergleicht. Aber selbst diese Methode versagt, wenn der Wirkungsgrad sehr gut ist und die Angaben einander fast gleich sind. Die Instrumente selbst besitzen ja irgendwelche Fehler und die Verschiedenheit der Angaben der beiden Wattmeter kann schon innerhalb dieser Fehlergrenzen liegen. Man könnte sich denken, daß ähnliche Schwierigkeiten auch bei Gleichrichtern auftreten. — In den nachfolgenden Zeilen soll kurz auseinandergesetzt

*[1] Die Abb. 4, 5 u. 6 veröffentliche ich mit Einverständnis des Herrn H. W. L. Brückman in Delft, für dessen freundliches Interesse und wertvolle Ratschläge ich auch an dieser Stelle danke.

Digitized by Google

werden, wie das thermische Wattmeter für den oben genannten Zweck mit gutem Erfolge zu verwenden ist. Die Aufgabe soll auf die folgende zurückgeführt werden:

Die Differenz der Leistungen einer Gleich- und einer Wechselstromquelle soll gemessen werden. Die beiden Leistungen mögen einander annähernd gleich sein, wodurch die Messung der Differenz mittels zweier elektrodynamometrischer Wattmeter wegen Fast-Gleichheit der Ausschläge ungenau ausfallen kann. Unter Verwendung zweier thermischer Wattmeter in der in Abb. 7 wiedergegebenen

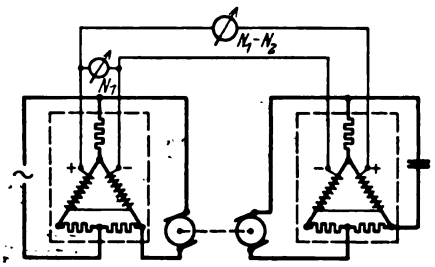


Abb. 7. Leistungsdifferenz-Messung.

Schaltung wird man gute Resultate erhalten können, wenn man nur ein entsprechend empfindliches Millivoltmeter (eventuell Spiegelgalvanometer) als Anzeigeinstrument verwendet. Die Empfindlichkeit des Instrumentes wird den Daten der beiden thermischen Wattmeter und dem zu erwartenden Wirkungsgrad entsprechend gewählt. Entwickeln die beiden thermischen Wattmeter nämlich bei voller Ausnutzung der Meßbereiche je genau 3 mV und liegt der erwartete Wirkungsgrad in der Größenordnung von 98 %, so wird die entsprechende Spannungsdifferenz der beiden Thermokonverter 0,06 mV. Es bereitet keine Schwierigkeiten, ein Galvanometer zu finden, welches bei 0,06 mV an einer um 1 m entfernten Skala einen Ausschlag von 250 mm hervorruft.

Diese Differenzmessung im Zusammenhang mit der Messung der Nennleistung ergibt schon den Wirkungsgrad, denn wenn $\eta = N_2/N_1$, so ist

$$1-\eta = \frac{N_1-N_2}{N_1}, \text{ also } \eta = 1-\frac{N_1-N_2}{N_1}.$$

Das Galvanometer zur Messung von N_1 wird einen sehr großen Widerstand haben müssen, damit die Messung der Leistungsdifferenz nicht gestört wird. Steht ein solches Galvanometer zur Verfügung, so wird man N_2 und N_1-N_2 an einer gemeinsamen Skala sozusagen mit einem Blick ablesen können, so daß auch im Falle schnell schwankender Belastung eine gute Messung gewährleistet wird. Der Gedanke liegt nahe, die Größe $\frac{N_1-N_2}{N_1}$ mit einem einzigen Meßinstrument zu messen. Theoretisch wäre diese Messung mit Hilfe eines Kreuzspulinstrumentes möglich, wobei die Einschränkung zu machen wäre, daß die Spule, welche N_1 mißt, einen mindestens 100mal so großen Widerstand haben müßte als die zweite Spule für N_1-N_2. Praktisch wird man natürlich schwerlich einen genügend empfindlichen Quotientenmesser finden.

Die Genauigkeit der Messung kann leicht überblickt werden. Das totale Differential des Ausdruckes für den Wirkungsgrad ist

$$d\eta = \frac{d N_2}{N_1} - \frac{N_2\, d N_1}{N_1^2}.$$

Mit $N_1 = C_1 a$ und $N_1 - N_2 = C_2 b$ wird

$$d\eta = \frac{C_2}{C_1}\,\frac{b\,da - a\,db}{a^2}.$$

Beim Vollausschlag, z. B. $a = 3$ mV und $b = 0{,}06$ mV, seien die maximalen Fehler $da = \frac{a}{100}$, $db = -\frac{3b}{100}$,

$$d\eta = \frac{C_2}{C_1}\cdot\frac{0{,}06\,.\,0{,}01\,.\,3 + 3\,.\,3\,.\,0{,}06\,.\,0{,}01}{9} = \frac{C_2}{C_1}\,.\,0{,}0008.$$

Im allgemeinen wird $C_2 \neq C_1$, weil die zwei entsprechenden Galvanometer ungleiche Widerstände haben, u. zw. wird $C_1 < C_2$. Als höchsten (nicht realisierbaren) Wert setzen wir

$$C_1 = \frac{1}{3}\,C_2.$$

Somit wird $d\eta = 0{,}0024$

und $\frac{d\eta}{\eta}\,.\,100 = 0{,}25\,\%$.

Der Fehler, welcher durch das Parallelschalten des empfindlichen Millivoltmeters N_1 entstehen kann, wurde in dem Fehler von b berücksichtigt; wenn die Voraussetzung erfüllt ist, daß nämlich $R_{N1} = 100\,R$, so wird der Gesamtwiderstand des in Frage kommenden Kreises $\frac{100\,R}{100+1}$ und das bedeutet einen Fehler von 1 % bei der Messung von b. R bedeutet den Widerstand des Kreises, bestehend aus den beiden Thermoelementenreihen und dem Galvanometer ($N_1 - N_2$). Trotzdem den beiden thermischen Wattmetern viel zu große Fehler zugemutet wurden und der ungünstigste Fall, nämlich daß sämtliche Fehler sich addieren, zugrunde gelegt worden ist, ist die Genauigkeit, mit welcher der Wirkungsgrad gemessen werden kann, sehr bemerkenswert; im obigen Falle 0,25 %.

Wenn keine entsprechend empfindlichen Galvanometer zur gleichzeitigen Messung von a und b zur Verfügung stehen, so wird man die Messungen auch nacheinander mit ein und demselben Galvanometer ausführen können. Die oben beschriebene Methode wird man selbstverständlich zum Vergleich jeglicher Leistungsgrößen einschließlich Hochfrequenz verwenden können. Die Methode versagt auch bei Drehstrom nicht, denn man kann stets zwei thermische Wattmeter in Aron-Schaltung verwenden.

Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn*.

Von Dr.-Ing. **Walter Reichel**, Berlin.

(Fortsetzung von S. 358.)

V. Die Elektrisierung der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen.

Nach Beendigung des Weltkrieges hatte Deutschland mehrere Jahre schwer zu kämpfen, u. a. auch gegen die Erscheinungen der Inflation. Es ist daher nicht verwunderlich, daß erst in den Jahren 1920/22 der Gedanke der Elektrisierung der Stadtbahn wieder ernstlich aufgegriffen wurde. Da inzwischen der Betrieb der Hoch- und Untergrundbahn viele Jahre lang tadellos weiter gelaufen war, so lag es nahe, erneut Vergleiche zwischen dem Betrieb mit dritter Schiene und dem Betrieb mit Wechselstrom-Oberleitung anzustellen, zumal da auch inzwischen wieder neuere Errungenschaften der elektrotechnischen Fabrikation hinzugekommen waren.

Zwei Gesichtspunkte, die für Gleichstrom stark ins Gewicht fallen, hatten sich in der Zwischenzeit mit einer gewissen Deutlichkeit herausgestellt. Der eine Gesichtspunkt war der, daß bei allen aufgestellten Entwürfen für Motorwagen mit Wechselstrom immer wieder die Notwendigkeit eines Transformators auf dem Wagen die Ausbildung der Wagen erschwerte und das Gesamtgewicht etwas höher werden ließ als für Gleichstrom-Niederspannung, u. zw. im Betrage von 10 bis zu 15 %. Damit war aber auch der Preis der Motorwagen ein höherer und dementsprechend die jährlichen Kosten des Kapitaldienstes. In bezug auf den Arbeitsverbrauch an den Stromabnehmern der Motorwagen war ein Unterschied kaum zu verzeichnen, dagegen schien es wohl den an den Überlegungen Beteiligten ratsamer, wegen der niedrigeren Preise und mit Rücksicht auf die Abnutzung des Oberbaues den Gleichstrom-Motorwagen wegen des kleineren Gewichts den Vorzug zu geben.

Ein zweiter Gesichtspunkt war der, daß man in der Zwischenzeit gelernt hatte, für elektrische Bahnbetriebe die Unterwerke, in denen die Umformung von Drehstrom in Gleichstrom mit Hilfe von Einankerumformern vorzunehmen ist, noch besser und wirtschaftlicher auszubauen

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins.

Digitized by Google

und die dazugehörigen Sonderkonstruktionen besser zu beherrschen als in der früheren Zeit. Dabei zeigte es sich auch, daß es nicht unbedingt darauf ankam, den Drehstrom aus bahneigenem Kraftwerk zu entnehmen, sondern daß ein beliebiges Kraftwerk in Frage kommen konnte[12]. Eine Umformung in einphasigen Wechselstrom war im Wirkungsgrad um etwa 7 % schlechter als Umformung in Gleichstrom. Weil nun die Stromerzeugung beliebig irgendwo stattfinden konnte, so wurde von seiten stromerzeugender Gesellschaften der Wunsch laut und sie bewarben sich lebhaft darum, daß der für die Stadtbahn erforderliche Strom aus vorhandenen Drehstromkraftwerken entnommen werden möchte.

Verschiedene Entwürfe mit Gleichstrom von 750, 1200, 1500 und sogar 3000 V zeigten, daß die Spannung von 750 V, die auch die Hochbahn hat, am vorteilhaftesten ist; daher wurde sie gewählt.

Über die Versuchsausführungen im Jahre 1924/25 der Nordstrecken Berlin—Bernau und später Berlin—Oranienburg, die ursprünglich für Wechselstrom-Elektrisierung begonnen waren und die nunmehr als Vorläufer für die spätere Gleichstrom-Elektrisierung gedacht waren, gehe ich kurz hinweg. Sie waren insofern wertvoll, als sie zur Klärung für den endgültigen Ausbau der Streckenausrüstungen, der Wagen und Unterwerke wesentlich beitrugen. Ich will nur erwähnen, daß schon hier bei der Versuchstrecke der Bequemlichkeit halber der Strom von den Berliner Elektrizitätswerken, Kraftwerk Moabit, in Gestalt von Drehstrom mit 30 kV, 50 Hz bezogen und in den verschiedenen Unterwerken Pankow, Hermsdorf, Borgsdorf, Röntgental in Gleichstrom von 800 V mit Hilfe von Einankerumformern umgeformt wurde. Ich gehe nun gleich zur endgültigen Ausführung über.

Abb. 65. Stromschiene auf den Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen, 1927.

A. Fahrleitung nebst Unterwerken.

Im Betriebe der Berliner elektrischen Hoch- und Untergrundbahn und anderer Bahnen hat sich gezeigt, daß sich bei der dritten Schiene, die mit Stromabnehmern von oben bestrichen wurde, im Winter Schnee und Eis auf der Oberfläche ablagern und unter Umständen durch das Befahren mit den Stromabnehmern noch fester aufgedrückt werden können. Infolgedessen traten öfter Unterbrechungen und Lichtbogen auf, die unter Umständen zu Kurzschlüssen ausarteten. Daher ging man bei den neueren Bahnen und insbesondere bei der Stadt- und Ringbahn sogleich bei der ersten Projektierung im Jahre 1922 davon aus, den Stromabnehmer an der dritten Schiene von unten anlaufen zu lassen, weil man sicher sein konnte, auf diese Weise eine bessere Stromabnahme zu erzielen[13]. Glatteis

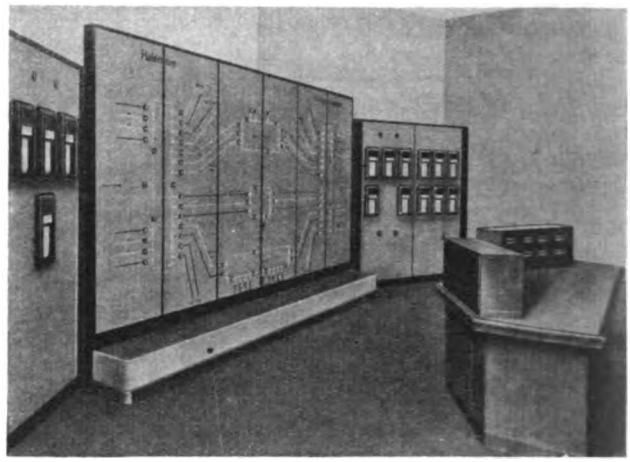


Abb. 67. Zentral-Lastverteilerstelle für die Gleichrichterwerke der Berliner Stadt- und Ringbahn, 1927.

allerdings kann sich gelegentlich einmal auch an den unteren Flächen ansetzen; das gehört aber zu den größten Seltenheiten. Dementsprechend wurden der Aufbau und die Isolation der dritten Schiene ausgestaltet (Abb. 65) und der dazugehörige Stromabnehmer entwickelt.

War somit die Grundlage für die unmittelbar die Energie zuführenden Fahrleitungen geschaffen, so kam es nur noch darauf an, die Speisung der Fahrleitungen von seiten der Unterwerke zu bewirken, in denen der Gleichstrom aus dem hochgespannten Drehstrom umzuformen war, und diesen letzteren von den Schaltstellen bzw. von den Kraftwerken der BEWAG und der Elektrowerke je zur Hälfte zuzuführen. Zwei Gesichtspunkte waren noch zu beachten: 1. Mit welchen Mitteln wird die Umformung bewirkt? 2. Wie werden die Unterwerke, von denen doch sofort zu erkennen war, daß sie sehr zahlreich werden würden, zu bedienen sein? Die wichtigste dabei entstandene Frage war zunächst die der Umformung. Bei dem Ausbau der ersten nördlichen Versuchstrecken in den Jahren 1922 und folgende hatte man die Unterwerke mit Einankerumformern ausgerüstet und einen leidlich guten Betrieb erzielt. Jedoch war zu der damaligen Zeit noch nicht davon Gebrauch gemacht, durch zwei Schnellschalter zwi-

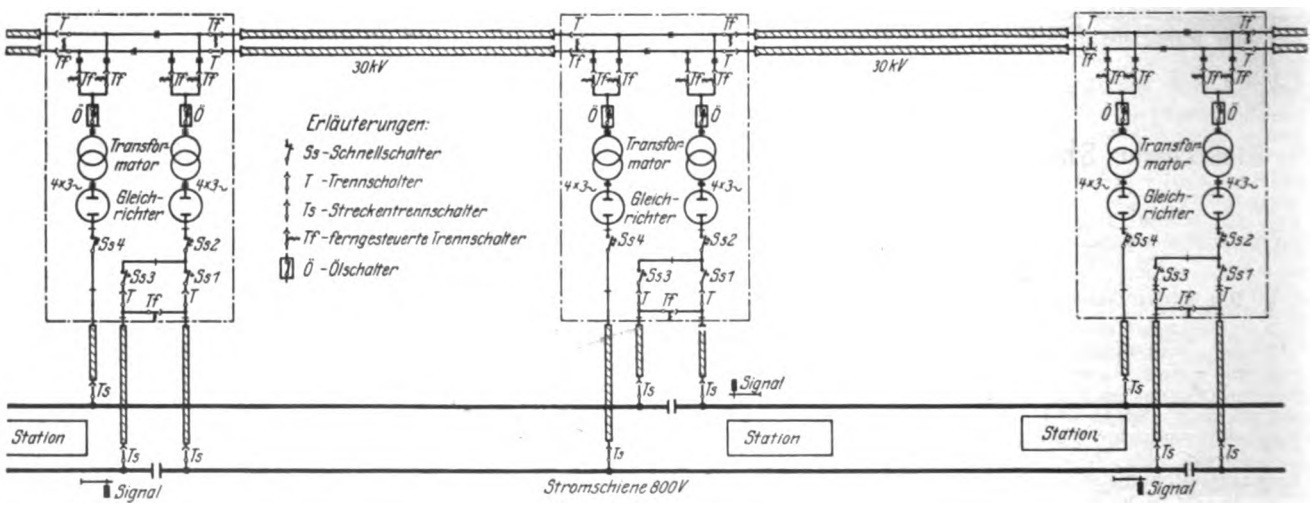


Abb. 66. Verteilte Speisung der Stromschienen auf der Berliner Stadt- und Ringbahn, 1927.

[12] Vgl. a. ETZ 1926, S. 633, 757, 761, 764 u. 765.

[13] Schlemmer, Glas. Ann. Sonderheft (Jubiläumsheft) vom 1. VII. 1927.

Digitized by Google

schen Umformer und dritter Schiene die Maschinen zu sichern, und daher kam es öfter vor, daß bei nicht genügend schnellem Auslösen am selbsttätigen Schalter Rundfeuer an den Kommutatoren der Umformer entstand.

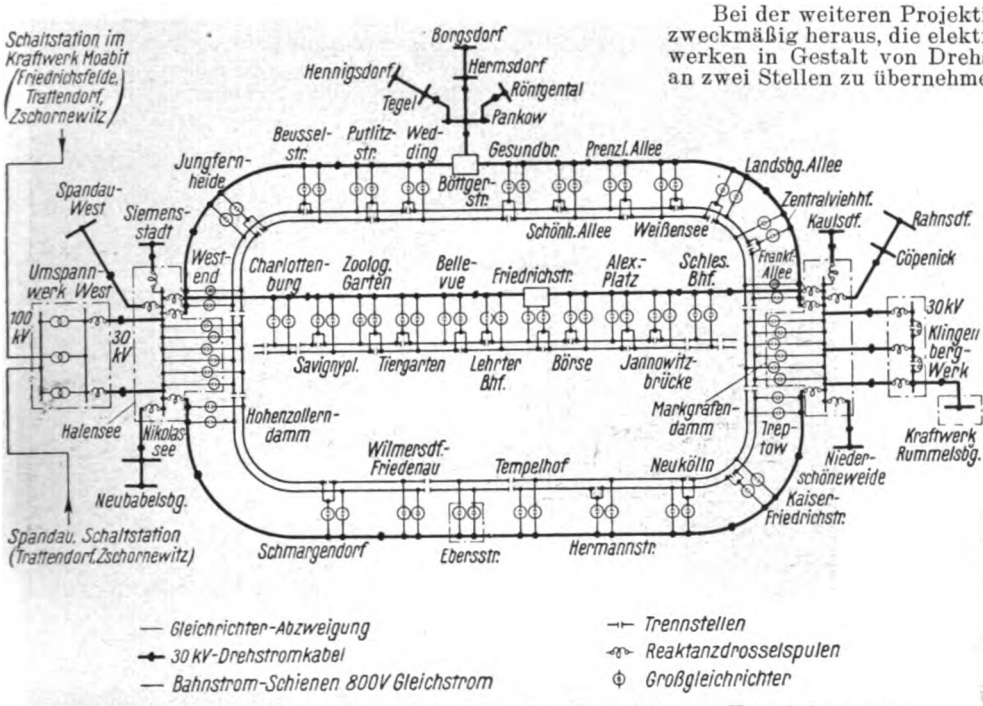


Abb. 68. Schema der Stromversorgung der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen, 1927.

für Steuerung von einer zentralen Stelle sich leichter einrichten ließ als ein solches mit Einankerumformern. Damit war wiederum die Richtlinie für Fernsteuerung gegeben.

Bei der weiteren Projektierung stellte es sich dann als zweckmäßig heraus, die elektrische Energie von den Kraftwerken in Gestalt von Drehstrom mit 100 kV und 50 Hz an zwei Stellen zu übernehmen, daselbst in Drehstrom von 30 kV umzuspannen und mittels bahneigener 30 kV-Speiseleitungen den sämtlichen Unterwerken zuzuführen, wo mit Hilfe von Transformatoren die Spannung von 30 kV auf die für die Gleichrichter geeignete Anodenspannung von 745 V bei 800 V Gleichstrom herabzusetzen ist. Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung längs der Strecken vorzunehmen und die Spannungsabfälle in der dritten Schiene und ganz besonders in den Rückleitungen so klein wie möglich zu halten, ging man dann dazu über, die sämtlichen Haltestellen der Stadtbahn und Ringbahn als Klein-Unterwerke mit je 2 Gleichrichtern zu versehen (Abb. 66) und dieselben zwecks Personalersparnis durch Fernsteuerung zu betätigen. Dadurch bekam die gesamte Stromzuführungsanlage eine sehr übersichtliche Schaltung, indem von einer Zentral-Lastverteilerstelle (Abb. 67) bzw. von zwei Übernahmestellen (Markgrafendamm im Osten und Halensee im Westen) die Versorgung der Unterwerke der Stadt- und Ringbahn mit Hochspannung erfolgt, wobei diese beiden Werke als Großwerke mit 8 ... 10 Gleichrichtern ausgerüstet sind. Hierzu kommt noch im Süden das Großwerk Ebersstraße, im Norden Böttgerstraße (Abb. 68).

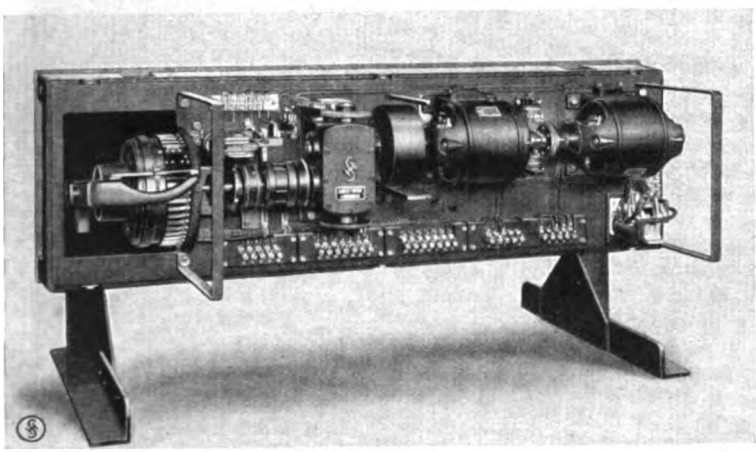


Abb. 69. Fernsteuerung der Klein-Gleichrichterwerke, Verteilerapparat, 1927.

Die Fernsteuerung der 31 Klein-Gleichrichterwerke der Stadt- und Ringbahn wird von den Großwerken in folgender Weise bewirkt. Das von Siemens & Halske entwickelte Fernsteuerungssystem besteht aus einem Geber und einem Empfänger, die durch nur zwei Leitungen miteinander verbunden sind. Beide Apparate bestehen aus einem Satz von stillstehenden Kommutatoren, an welchen Bürsten synchron langsam herumlaufen (Abb. 69). In dem Augenblick, wo nach dem Schaltbild (Abb. 70) die Bürsten die gewünschten Kommutatorsegmente

Vom betrieblichen Standpunkte aus war also der Umformer ein bis zu einem gewissen Grade empfindliches Umformungsmittel. Es kommt weiter hinzu, daß trotz des guten Wirkungsgrades bei voller Last der Einankerumformer bei Teillasten wesentlich weniger wirtschaftlich arbeitet als der in der Technik inzwischen bekannt gewordene Quecksilberdampf-Gleichrichter, der in seiner Laufbahn als Gleichstromtransformator sich bereits gut eingeführt hatte. Die Unterschiede in den Wirkungsgraden und ganz besonders bei Teillasten sind bekannt und so bedeutungsvoll, daß die Reichsbahn aus wirtschaftlichen Gründen 1926 sich entschloß, für die endgültige Ausführung die Umformung grundsätzlich mit Gleichrichtern vorzunehmen. Unterstützt wurde der Entschluß durch den Gedankengang, daß der Gleichrichter ein unempfindlicheres Umformmittel ist als der Einankerumformer trotz der Gefahr hin und wieder auftretender Rückzündungen.

War somit die Art der Umformung entschieden, so war doch gleichzeitig noch ein weiterer Vorteil des Gleichrichters in dem Konkurrenzkampf gegenüber Einankerumformern darin zu erblicken, daß ein mit Gleichrichtern ausgerüstetes Unterwerk als bedienungsloses Werk und

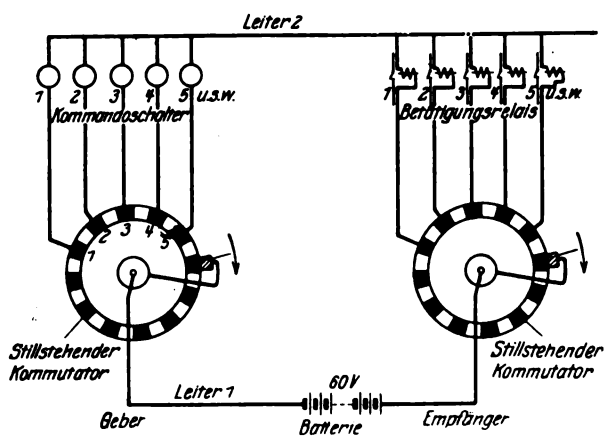


Abb. 70. Schaltbild der Fernsteuerung der Klein-Gleichrichterwerke.

Digitized by Google

berühren, tritt über die zwei Leitungen Stromschluß ein und die in Frage kommenden Relais werden betätigt. Der Synchronismus wird durch verschiedene Mittel aufrechterhalten, hauptsächlich dadurch, daß nach jeder Umdrehung die Bürsten so lange anhalten, bis beide genau in dieselbe Stellung gelangt sind; erst dann erfolgt Freigabe zu neuem Umlauf. Wenn irgendein Schalter, dessen Einschaltrelais mit Segment *1* des Verteilerapparates verbunden ist, geschaltet werden soll, so wird ein Kommandoschalter betätigt, der auf der Geberseite ebenfalls mit Segment *1* verbunden ist. Mittels eines Steuer- und Quittungschalters in Verbindung mit einem Leuchtschaltbild (Abb. 71) kann genau verfolgt werden, ob ein Schaltkommando ausgeführt ist oder nicht. In ganz ähnlicher Weise

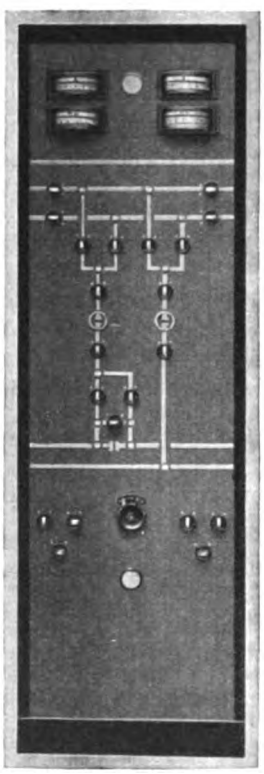


Abb. 71. Leuchtschaltbild-Tafel der Fernsteuerungsanlage.

werden Messungen des Stromes und des Vakuums am Gleichrichter vorgenommen sowie auch Störungen gemeldet. Die Verteilung der sämtlichen Schaltfelder für die Fernsteuerung und Gleichrichter in der Schaltstelle Markgrafendamm zeigen die Abb. 72 u. 73. Bei der Stadt- und Ringbahn enthält nun jedes Unterwerk zwei Gleichrichter, welche direkt auf die Stromschiene speisen. Für die Unterwerke an der Ebersstraße und an den Eckpunkten der Stadtbahn, nämlich Markgrafendamm und Halensee, wo die Belastung stark konzentriert ist, sowie für die Vorortstrecken sind die Unterwerke mit 3 ... 10 Gleichrichtern ausgerüstet und werden von Hand bedient. Die Unterwerke bekommen den Drehstrom von 30 kV, 50 Hz zur Hälfte vom Großkraftwerk Klingenberg der BEWAG und zur andern Hälfte von den Elektrowerken (Kraftwerke Trattendorf und Zschornewitz). Während die Kleinwerke im allgemeinen in den Stadtbahnbogen untergebracht sind, sind für die großen Unterwerke besondere Gebäude errichtet, wie z. B. das von den SSW ausgerüstete

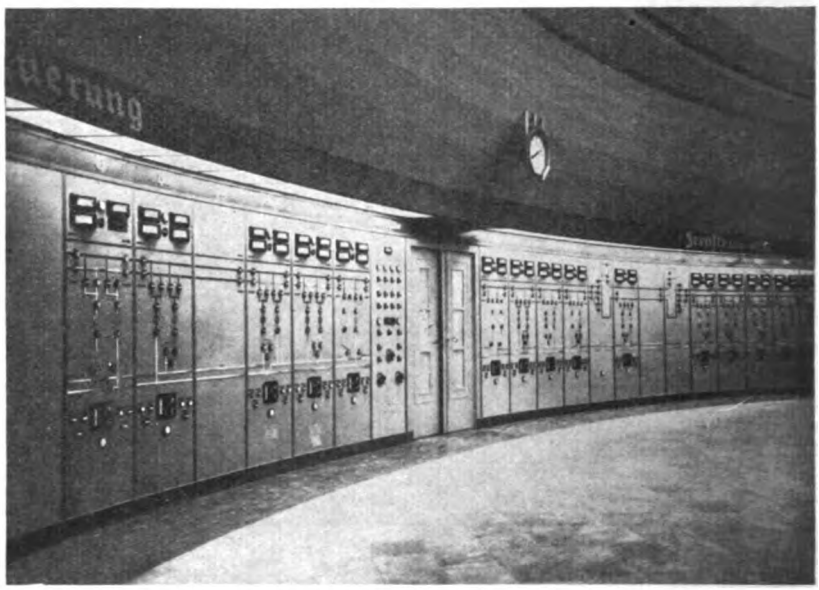


Abb. 72. Schaltstelle Markgrafendamm, Schaltfelder für die Fernsteuerung.

Abb. 73. Schaltstelle Markgrafendamm, Schaltfelder für die Gleichrichter.

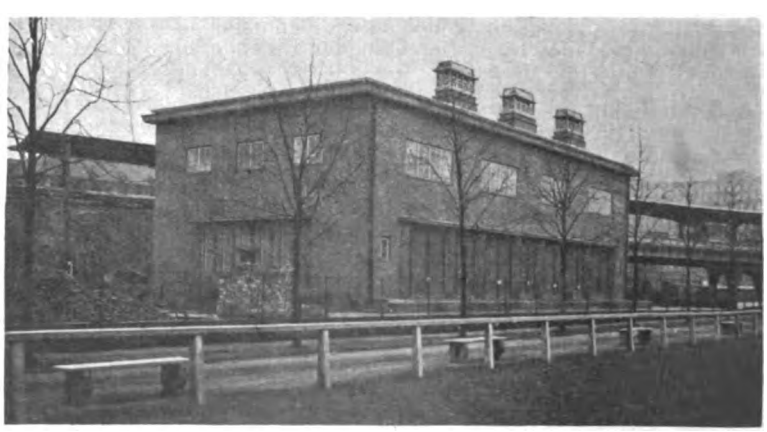


Abb. 74. Gleichrichterwerk Siemensstadt der Zweigbahn Jungfernheide—Gartenfeld.

Digitized by Google

Unterwerk in Siemensstadt (Abb. 74). Für das Gebäude ist eine zweigeschossige Ausführung gewählt, wodurch sich eine sehr übersichtliche Anordnung und bequeme Leitungsführung ergeben (Abb. 75). Im Untergeschoß sind die schwereren Drehstromteile, Ölschalter, Transformatoren untergebracht, während sich im Obergeschoß Gleichrichter und Gleichstrom-Schaltanlage befinden — Gleichrichter und Schalttafel in demselben Raum, wie ein Blick auf Abb. 76 deutlich zeigt. Jeder Gleichrichter hat 1500 A bei 800 V abzugeben und muß vorübergehend 40 s lang mit 3000 A belastet werden können. Diese Überlastungen entsprechen einem 1½ min-Zugverkehr auf der Stadt- und Ringbahn, d. h. 40 Zügen in der Stunde.

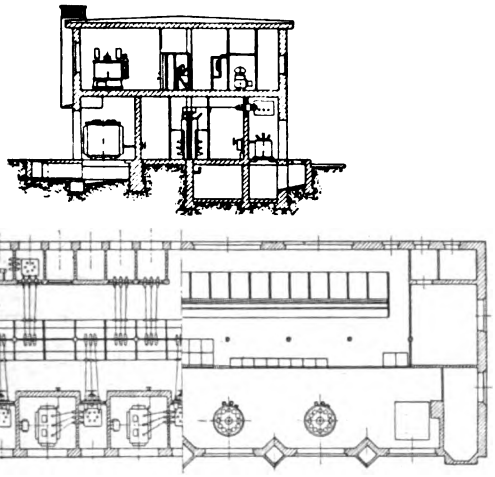


Abb. 75. Groß-Gleichrichterwerk der Berliner Vorortbahn, 1927.

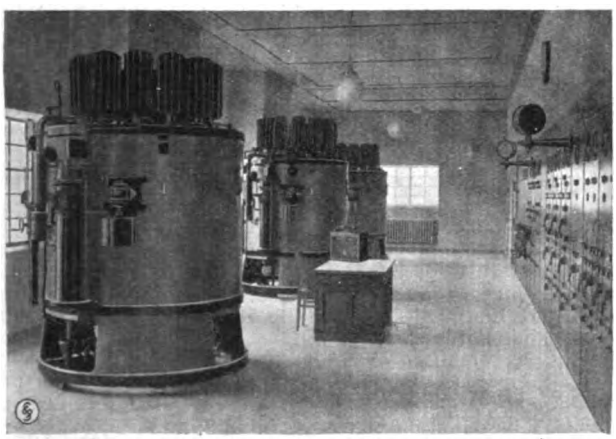


Abb. 76. Inneres des Gleichrichterwerkes Siemensstadt, Obergeschoß.

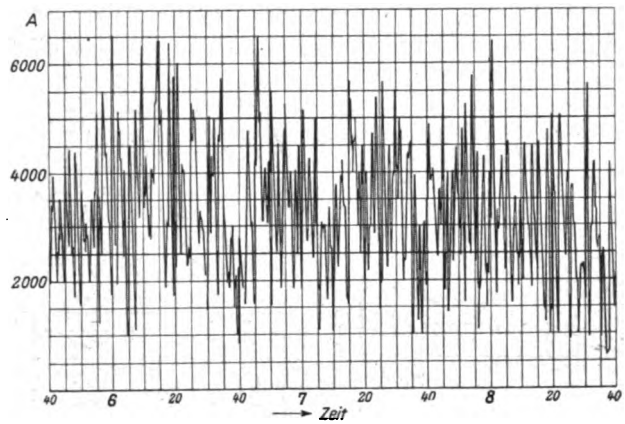


Abb. 77. Belastungsbild des Gleichrichterwerkes Niederschöneweide.

Die Speisung der Strecke erfolgt über Überstromschalter. Diese und die Rückstromschalter für die Gleichrichter sind überall als Schnellschalter gebaut und in von dem Schaltraum abgetrennten Räumen untergebracht, wie das Abb. 75 zeigt. Bei der ganzen Bahnanlage ist der Minuspol mit der Stromschiene verbunden und die Kathode geerdet, so daß auch der Gleichrichter praktisch das Potential der Erde annimmt und es nicht nötig ist, die Gefäße durch Gitter abzusperren oder den Fußboden um die Gefäße herum besonders zu isolieren. In welcher Weise die Gleichrichter mit Strom belastet werden, zeigt eine Aufnahme des Stromes über der Zeit, aufgenommen im Unterwerk Niederschöneweide (Abb. 77). Während die Nennbelastung der 2 arbeitenden Gleichrichter je 2000 A bei 800 V beträgt, gehen einzelne Spitzen bis fast 7000 A hinauf. *(Schluß folgt.)*

Die Berechnung von eisenlosen Drosselspulen.

Von **K. Faye-Hansen**, Trondhjem.

Übersicht. Es werden einige empirische Formeln für die Selbstinduktion von kreisrunden Spulen mit rechteckigem Wicklungsquerschnitt entwickelt; diese Formeln sind innerhalb weiter Grenzen sehr genau. Hierbei wird von der leicht genau berechenbaren Selbstinduktion von Spulen unendlicher axialer Länge ausgegangen. Für Spulen endlicher axialer Länge berücksichtigt ein Zusatz im Nenner den magnetischen Widerstand außerhalb der Spulenlänge. In ähnlicher Weise werden auch Formeln für die Selbstinduktion von parallelen rechteckigen Schienen und Stäben und für rechteckige Spulen mit rechteckigem Wickelquerschnitt entwickelt.

Die Arbeit von J. Hak[1] hat mich veranlaßt zu untersuchen, ob es nicht möglich sein sollte, eine einfache empirische Formel für die Selbstinduktion einer Drosselspule mit kreisrunden Spulen und rechteckigem Wicklungsquerschnitt zu finden, welche Formel auch für so gut wie das ganze Gebiet genügende Genauigkeit besitzt. Ich habe viele Jahre mit gutem Erfolg folgende Formel benutzt:

$$L = n^2 \frac{\left(\frac{2\,d_i + d_a}{3}\right)^2}{a + \left(\frac{d_i + 2\,d_a}{3}\right) \cdot 0{,}485} \pi^2 \cdot 10^{-9} \text{ Henry.}$$

[1] J. Hak, ETZ 1929, S. 198.

d_i innerer Spulendurchmesser in cm,
d_a äußerer Spulendurchmesser in cm,
a axiale Querschnittausdehnung in cm,
n Windungszahl. (Vgl. a. Abb. 1.)

Mit den Bezeichnungen, welche Hak benutzt hat (Abb. 1), wird diese Formel lauten

$$L = n^2 \pi^2 D \frac{\left(1 - \frac{1}{3}\varrho\right)^2}{\alpha + 0{,}485\,\varrho + 0{,}162} \cdot 10^{-9} \text{ Henry.}$$

Diese Formel ist danach aufgebaut worden, daß sie bei unendlich langen Spulen oder bei in solcher Weise eisengeschlossenen Spulen, daß der magnetische Widerstand außerhalb der Länge a als unendlich klein angesehen werden kann, praktisch korrekt sein muß, wenn das Verhältnis d_a/d_i nicht zu groß ist und wenn der Einfluß der Stromverdrängung und der Windungsisolation nicht berücksichtigt wird.

Der Einfluß des magnetischen Widerstandes außerhalb der Spulenlänge a, innerhalb welcher der Fluß als rein axial angesehen wird (wie es bei $a = \infty$ der Fall sein würde), wurde nach Versuchen mit verschiedenen Spulen empirisch gefunden. Für die meisten Wicklungsquerschnitte, mit denen ich in meiner Praxis zu tun gehabt habe, gibt die Formel Resultate, die innerhalb etwa 2 ... 3 % rich-

Digitized by Google

tig sind, während besonders bei gleichzeitigem großen α und ϱ und bei sehr kleinem α der Fehler größer wird.

Will man versuchen, eine ähnlich gebildete Formel zu schaffen, die mehr allgemeine Gültigkeit besitzt, muß sie natürlich so aufgebaut werden, daß sie für unendlich lange Spulen paßt, selbst wenn d_a/d_i sehr groß wird. Für eine Spule, bei der der magnetische Widerstand außerhalb der Spulenlänge $a = \alpha D$ vernachlässigt werden kann, wird die Induktion B innerhalb der Spule bei der Stromstärke 1 A $B = \frac{0{,}4\pi n}{\alpha D}$ bei dem Radius bis $\frac{D}{2}(1-\varrho)$ werden, während B bei dem Radius $\frac{D}{2}(1+\varrho)$ geradlinig auf Null heruntergeht.

Die magnetische Feldenergie ist ja $B^2/8\pi$ [erg/cm³] und für die obengenannte Spule folgt

$$W = \frac{(0{,}4\pi n)^2}{8\pi\alpha D}\left[\frac{\pi}{4}D^2(1-\varrho)^2 + \pi\int_{x=0}^{x=\varrho D}[D(1+\varrho)-2x] \times \left(\frac{x}{\varrho D}\right)^2 dx\right] \text{ erg.}$$

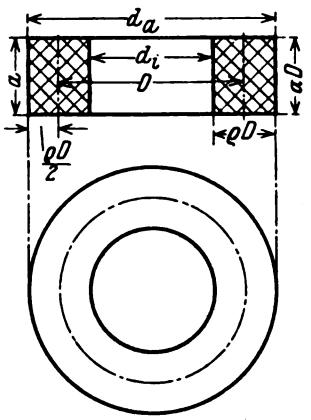


Abb. 1.

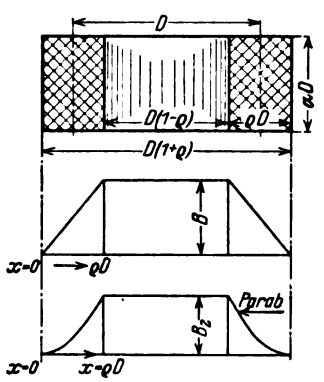


Abb. 2.

Aus Abb. 2 geht die Bedeutung der Bezeichnungen klar hervor. Ausgewertet gibt dies

$$W = \frac{0{,}16\pi n^2 D^2}{8\alpha D}\left[\frac{\pi}{4}(1-2\varrho+\varrho^2)+\pi\left(\frac{\varrho}{3}-\frac{\varrho^2}{6}\right)\right]$$

$$= \frac{0{,}005\, n^2\pi^2 D}{\alpha}\left(1-\frac{2}{3}\varrho+\frac{1}{3}\varrho^2\right) \text{ erg,}$$

woraus folgt

$$L = n^2\pi^2 D\,\frac{1-\frac{2}{3}\varrho+\frac{1}{3}\varrho^2}{\alpha}\cdot 10^{-9} \text{ Henry.}$$

Wenn man jetzt untersucht, welche Werte man zu α im Nenner addieren muß, um bei verschiedenen Wicklungsquerschnitten die richtige Selbstinduktion zu finden, erhält man bei Benutzung der Formel von Spielrein für $\alpha = 0$, der Tafeln von Nagaoka für $\varrho = 0$ und sonst der Hakschen Kurve Werte, welche in den Kurven der Abb. 3 dargestellt sind. Unregelmäßigkeiten, welche durch die Ablesung der Hakschen Kurven oder durch Ungenauigkeit der Rechnung mit Rechenschieber entstehen können, sind nicht berücksichtigt worden. Mit Ausnahme von $(\alpha+\varrho) < 0{,}2$ findet man, daß man mit sehr guter Annäherung

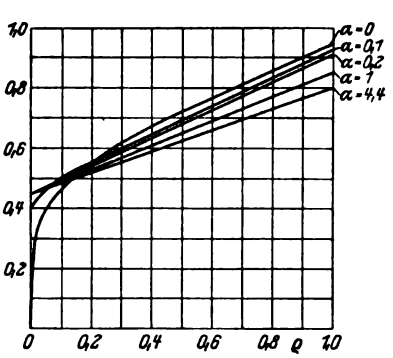


Abb. 3.

$$L = n^2\pi^2 D\,\frac{1-\frac{2}{3}\varrho+\frac{1}{3}\varrho^2}{\alpha+0{,}45+0{,}45\,\varrho}\cdot 10^{-9} \text{ Henry} \quad . \; . \quad (1)$$

setzen kann mit einem Fehler, der unterhalb 5 % bleibt und für $\alpha \geqq 0{,}1$ kleiner als 3 % ist.

Für $\alpha \geqq 1$ scheint bei Einsetzung von

$$L = n^2\pi^2 D\,\frac{1-\frac{2}{3}\varrho+\frac{1}{3}\varrho^2}{\alpha+0{,}45+0{,}375\,\varrho} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

der Fehler kaum 1 % zu überschreiten, was auch bei der ersten Formel bei $\varrho \leqq 0{,}2 \ldots 0{,}3$ und $\alpha \geqq 0{,}2$ der Fall ist. Diese Formeln scheinen mir deshalb genügend einfach und genau zu sein, so daß sie verdienen, bekanntgemacht zu werden.

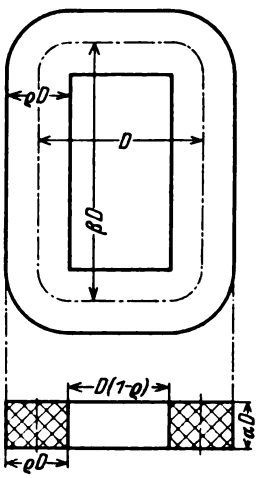


Abb. 4.

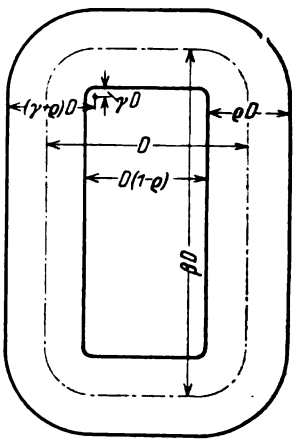


Abb. 5.

Es kann vielleicht auch die Bemerkung von Interesse sein, daß man bei konstantem Leiterquerschnitt und konstantem Kupfergewicht das Maximum der Selbstinduktion bei Anwendung z. B. der Gl. (1) für die Berechnung der Selbstinduktion leicht findet. Dann wird

$$L \approx D^5 c^2 \alpha^2 \varrho^2\,\frac{1-\frac{2}{3}\varrho+\frac{1}{3}\varrho^2}{\alpha+0{,}45\,\varrho+0{,}45} \approx \alpha\varrho D^2\,\frac{1-\frac{2}{3}\varrho+\frac{1}{3}\varrho^2}{\alpha+0{,}45\,\varrho+0{,}45},$$

da das konstante Kupfergewicht proportional $D^3 c\,\varrho\,\alpha$ ist, wobei c einen konstanten Kupferfüllfaktor bedeutet. Bei Lösung dieser Minimumaufgabe findet man

$$\alpha = 0{,}225(1+\varrho) = 0{,}45\,\frac{3-14\varrho+9\varrho^2-4\varrho^3}{-3+8\varrho-7\varrho^2},$$

woraus $\alpha = 0{,}298$, $\varrho = 0{,}326$ folgt.

Daß diese Werte zwischen den Werten liegen, die Hak gefunden hat ($\alpha = \varrho = 0{,}34$), und den früher nach der Gleichung von Stefan[2] ermittelten ($\alpha = \varrho = 0{,}27$), deutet auch auf die Genauigkeit der Gleichung hin. Bei einer Kontrolle mit Stefans Formel finde ich auch bei der von mir angegebenen Form etwa 0,1 % mehr Selbstinduktion als bei der von Hak gefundenen günstigsten Form.

In ähnlicher Weise kann auch die Selbstinduktion mit ganz guter Annäherung für andere als kreisrunde Spulen mit rechteckigem Wicklungsquerschnitt bestimmt werden. Hierfür gibt es meines Wissens keine brauchbaren Formeln, wenn der Wickelquerschnitt nicht so ist, daß die mittleren geometrischen Abstände und die mittleren arithmetischen Abstände praktisch übereinstimmen. Die sog. genaue Formel von Sumec[3] gibt z. B. sogar eine negative Selbstinduktion, wenn die Seiten des Wickelquerschnitts groß sind, verglichen mit deren Abständen.

Betrachtet man eine Spule von der in Abb. 4 angedeuteten Form, so findet man bei Vernachlässigung des magnetischen Widerstandes außerhalb der Länge αD bei ähnlicher Rechnung wie für die Spulenform Abb. 1

$$L = n^2 \cdot 4\pi D\,\frac{\beta-\frac{1}{3}\varrho(\beta+1)+\frac{\pi-2}{6}\varrho^2}{\alpha}\cdot 10^{-9} \text{ Henry.}$$

[2] Stefan, Ann. Phys. 1884 Weitere Literatur bei Hak, wie Fußnote 1.
[3] Sumec, ETZ 1906, S. 1175, Gl. (6a).

Digitized by Google

Wenn statt einer rechteckigen Spulenform (Abb. 4) eine rechteckige mit abgerundeten Ecken verwendet wird, würde

$$L = n^2 . 4\pi D \times \frac{\beta - \frac{1}{3}\varrho - \frac{1}{3}\varrho\beta + \frac{\pi-2}{6}\varrho^2 - \frac{4-\pi}{3}\varrho\gamma - \frac{4-\pi}{4}\gamma^2}{\alpha} . 10^{-9}\,\text{Henry}.$$

Die Bedeutung der Bezeichnungen geht aus der Abb. 5 hervor; D ist in cm zu messen.

Für $\beta = \infty$ geht die Gleichung über in

$$L = n^2 . 4\pi \frac{1 - \frac{1}{3}\varrho}{\alpha} . 10^{-9}\,\text{Henry/cm}.$$

Wie bekannt, ist der wirkliche Wert hierfür mit Berücksichtigung des magnetischen Widerstandes außerhalb der Spule

$$L = 4n^2 \ln \frac{g_{12}}{g_{11}} . 10^{-9}\,\text{Henry/cm},$$

wobei g_{11} der mittlere geometrische Abstand des Wickelquerschnitts von sich selbst ist und g_{12} der mittlere geometrische Abstand der Wickelquerschnitte voneinander. Für parallele, unendlich dünne Schienen hat Rogowski[4] die Selbstinduktion bestimmt, u. zw. in Tabellenform für $\alpha = 0{,}1 \ldots 10$. Für diesen Fall ($\varrho = 0$) innerhalb dieser Grenzen kann mit einer Genauigkeit von etwa 1% (für $\alpha > 0{,}2$) die Selbstinduktion dargestellt werden durch

$$L = 4\pi n^2 \frac{10^{-9}}{\alpha + \alpha^{1/8}}\,\text{Henry/cm}.$$

(Bei $\alpha = 0{,}1$ wird der Fehler etwa 3 %.)

Für den Wert $\alpha = 0$ findet man mit Hilfe der Tabelle 3 desselben Aufsatzes[4] und der früheren Gleichung

$$L = 4\pi n^2 \frac{1 - \frac{1}{3}\varrho}{f(\varrho)} . 10^{-9}\,\text{Henry/cm},$$

wo für Werte $\varrho \geq 0{,}1$ mit großer Annäherung (etwa 2 %) gesetzt werden kann

$$f(\varrho) = \varrho^{1/8} + 0{,}5\,\varrho .$$

Auch für einige quadratische Querschnitte, für welche die mittleren geometrischen Abstände mit genügender Annäherung gleich den Mittelpunktabständen sind[5], habe ich die Selbstinduktionskoeffizienten ausgerechnet, ebenso für Querschnittverhältnisse $\alpha = 2\varrho$ und $\alpha = \varrho/2$. Für sämtliche scheint man mit einer Genauigkeit innerhalb 2 % schreiben zu können

$$L = 4\pi n^2 \frac{1 - \frac{1}{3}\varrho}{\alpha + (\alpha+\varrho)^{1/8} + 0{,}5\,\varrho} . 10^{-9}\,\text{Henry/cm}, \quad (3)$$

wenn α oder ϱ größer als 0,1 ist.

Diese Gleichung gilt natürlich auch für parallele Schienen von rechteckigem Querschnitt und ist für Querschnitte, bei denen der mittlere geometrische Abstand verschieden vom Mittelpunktabstand ist, die einfachste einigermaßen genaue Formel, die ich kenne. Die Formel ist auch für $\alpha = 5, 10, 20$, $\varrho = 0$ und $\varrho = 1$ kontrolliert worden.

[4] Rogowski, Arch. El. Bd. 1, S. 220, Tabelle 2.
[5] Rosa, Bull. Bur. of Stand. Bd. 3, S. 8.

Bei auf einer quadratischen Wickelform angefertigten Spulen (sonst wie Abb. 4) scheint in ähnlicher Weise

$$L = n^2 . 4\pi D \frac{1 - \frac{2}{3}\varrho + \frac{1}{3}\varrho^2}{\alpha + 0{,}4\,\varrho + 0{,}5} . 10^{-9}\,\text{Henry} \quad . . \quad (4)$$

zu sein, wenn $(\alpha + \varrho) \geq 0{,}2$. Die Genauigkeit scheint ungefähr dieselbe wie für die ähnliche Formel für kreisrunde Spulen zu sein; bei $\varrho = 1$ müssen sie ja übereinstimmen. Diese Formel ist jedoch nur an der unteren Grenze (von $\alpha = \varrho = 0{,}1$ und $\alpha = \varrho = 0{.}2$), wo die Eckwirkung klein ist und Sumecs Formel Gültigkeit besitzt, kontrolliert worden.

Für auf einer beliebigen rechteckigen Wickelform gewickelte Spulen muß in den Nenner für die Bestimmung der Selbstinduktion ein Wert einzusetzen sein, der zwischen dem bei quadratischen Spulen ($\beta = 1$) und dem bei Spulen mit unendlicher Länge liegt, wobei $\beta > 1$ ist [vgl. Gl. (3) und (4)].

Die Ausrechnung der Selbstinduktion für rechteckige Spulen mit $\alpha = \varrho = 0{,}2$ nach der Gl. (6 a) von Sumec[6], welche für so kleine Werte wohl als genügend genau angesehen werden kann, macht es wahrscheinlich, daß der Nenner sich ziemlich nahe dem Faktor $\left(\frac{1}{\beta}\right)^{3/4}$ zwischen den Werten in Gl. (3) und (4) ändert. Die Selbstinduktion sollte sich dann nach der folgenden Gleichung bestimmen lassen ($\beta \geq 1$):

$$L = 4\pi D n^2 \frac{\beta - \frac{1}{3}\varrho - \frac{1}{3}\varrho\beta + \frac{\pi-2}{6}\varrho^2}{\alpha + [(\alpha+\varrho)^{1/8} + 0{,}5\,\varrho]\left[1 - \left(\frac{1}{\beta}\right)^{3/4}\right] + (0{,}4\,\varrho + 0{,}5)\left(\frac{1}{\beta}\right)^{3/4}} . 10^{-9}\,\text{Henry}. \quad (5)$$

Diese Formel gibt auch Werte für $\alpha = \varrho = 1$ und $\beta \geq$ und für $\alpha = \varrho = 0{,}5$, $\beta \geq 1{,}6$, welche mit den nach Sumecs Gl. (6 a) gefundenen übereinstimmen. Wegen der Eckenwirkung wird Sumecs Gleichung für kleinere β und so große ϱ-Werte falsche Resultate geben müssen. Auch bei Durchmessung einiger Spulen ist gute Übereinstimmung gefunden worden.

Die Formeln sind sämtlich für den Gebrauch des Rechenschiebers gut geeignet. Sie können natürlich auch für die Berechnung der gegenseitigen Induktion zwischen Spulen, die wie in einem Transformator angeordnet sind, benutzt werden. Dabei muß aber die Wirkung sämtlicher Nachbarspulen und des Eisens mitberücksichtigt werden, und das bedeutet, daß die Glieder im Nenner neben α verkleinert werden. Wie groß diese Verkleinerung ist, läßt sich schwerlich allgemein feststellen[7]. Die Formeln können natürlich auch zur Berechnung von Kraftwirkungen zwischen Schienen und in vielen Fällen zwischen Spulen benutzt werden. Sämtliche Formeln sind nur gültig, wenn der Strom gleichmäßig über den Querschnitt verteilt ist, wie es ja bei Spulen mit vielen Windungen und einer nicht zu hohen Periodenzahl gewöhnlich mit genügender Annäherung der Fall sein wird.

Es wäre natürlich möglich, Formeln zu finden, welche in ähnlicher Weise wie die oben genannten aufgebaut sind und noch größere Genauigkeit besitzen. Ob dies möglich ist, ohne die Formeln unhandlich zu machen, scheint mir sehr zweifelhaft zu sein. Für kleine Werte von α und ϱ (beide unterhalb etwa 0,1 ... 0,2) werden die logarithmischen Formeln mit dem mittleren geometrischen Abstand der Spulen gleich dem arithmetischen Abstand der Schwerpunkte für die meisten Zwecke genügend genau und sie werden deshalb in den meisten Fällen vorzuziehen sein.

[6] Sumec, wie Fußnote 3.
[7] Vgl. W. Rogowski, Mitt. üb. Forsch.-Arb. d. VDI, H. 7. Das von ihm gefundene Zusatzglied im Nenner scheint jedoch nach Messungen zu groß zu sein.

Digitized by Google

Ein vielseitiges selbstschreibendes Kontroll- und Alarmgerät.

Von der amerikanischen Firma Leeds & Northrup Co., Philadelphia, Pa., wird ein Selbstschreiber in den Handel gebracht, der sowohl durch die Vielseitigkeit seiner Anwendungsmöglichkeit als auch durch seine Zuverlässigkeit der Beachtung wert ist. Es handelt sich bei diesem Gerät stets um eine Messung mit einer elektrischen Nullmethode (z. B. Potentiometer- oder Brückenschaltung) und jeder Ausschlag des Galvanometers wird in sinnreicher Weise dazu benutzt, die Schaltung derart ab-

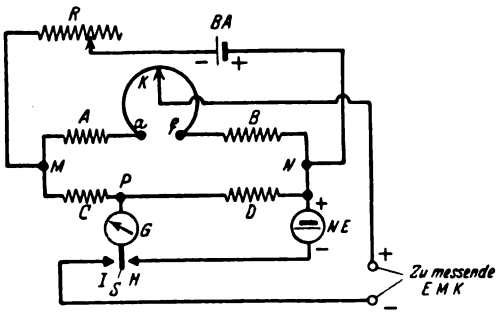


Abb. 1. Potentiometerschaltung.

zugleichen, daß die Nullstellung des Galvanometers gewährleistet ist. Die Bewegung bei der Regelung der Widerstände setzt gleichzeitig eine Schreibfeder in Bewegung, die in Kurvenform die auftretenden Schwankungen in der üblichen Art aufzeichnet. Gleichzeitig aber können durch diese Bewegung Relais oder Alarmeinrichtungen betätigt werden, die außerhalb des Instrumentes liegen.

Der vom Verfasser selbst aufgebaute Apparat sollte dazu dienen, während der Zuckerfabrikation den p_H-Wert[1] zu überwachen. Zu diesem Zwecke wird der Zuckersaft durch eine Spezialelektrode geleitet, deren Bau von Dr. Tödt angegeben wurde, und die auftretende EMK mit einer bekannten verglichen, also eine Potentiometerschaltung. Abb. 1 zeigt diese Schaltung im Prinzip. Da die zu messende EMK etwa alle 2 min geprüft wird, schaltet man sie gegen eine Trockenbatterie *BA* von etwa 3,5 V und prüft nur von Zeit zu Zeit deren Beständigkeit dadurch, daß man einen Teil ihrer Spannung gegen ein Normalelement schaltet um das Normalelement zu schonen. Legt man in Abb. 1 den Schalter *S* nach *H* ein, so vergleicht man die EMK der Batterie *BA* mit der des Normalelementes *NE*. Der Meßkreis führt dabei von *BA* über Punkt *N*, Widerstände *D*, *C*, Punkt *M*, Widerstand *R* einerseits und von *N* über das Normalelement *NE*, Punkt *H*, Galvanometer *G*, Punkt *P* anderseits, also die bekannte Poggendorffsche Kompensationsschaltung. Legt man dann *S* und *I* um, so vergleicht man die unbekannte EMK über *M*, *N*, den Kurbelwiderstand *a K e*, den Vorschaltwiderstand *R*, der natürlich jetzt nicht mehr bewegt werden darf, mit der Trockenbatterie *BA*.

Schlägt nun das Galvanometer *G* aus, so wird es durch Bewegen von *K* auf Null gebracht, und diese Bewegung von *K* wird gleichzeitig zum Aufzeichnen benutzt oder kann auch zum Einschalten von Relais oder Alarmeinrichtungen verwendet werden. Abb. 2 zeigt Konstruktionseinzelheiten des Galvanometers im Schnitt. Bei der Konstruktion des Galvanometers wurde darauf Rücksicht genommen, daß alle Teile leicht auswechselbar sind, die auch, besonders Aufhängefäden und Spule, jederzeit einzeln nachgeliefert werden. Ein Eichen des Galvanometers erübrigt sich, da es ja stets als Nullinstrument arbeitet, anderseits aber ist seine Empfindlichkeit so groß, daß es Messungen von praktisch ausreichender Genauigkeit liefert. Trotzdem ist es in der Konstruktion so einfach, daß der Einbau neuer Aufhängefäden oder einer neuen Spule nicht von einem Feinmechaniker vorgenommen werden muß. Bei nur einigermaßen ruhiger Hand gelingt der Einbau auch jedem Nichtfachmann, ein Vorteil, den der praktische Betrieb besonders zu schätzen wissen wird, da der Betriebsmonteur oder ein Schlosser die Reparatur ausführen kann, das Instrument also nicht erst zur Reparatur fortgegeben werden braucht und daher dem Betriebe nicht entzogen wird.

Die Kurbel *K* (Abb. 1) wird in der Weise bewegt, daß ein Schleifdraht auf den Umfang einer Scheibe aufgelegt ist, die sich unter einer feststehenden Kontaktfeder dreht. Schlägt das Galvanometer *G* (Abb. 4) aus, so steht sein

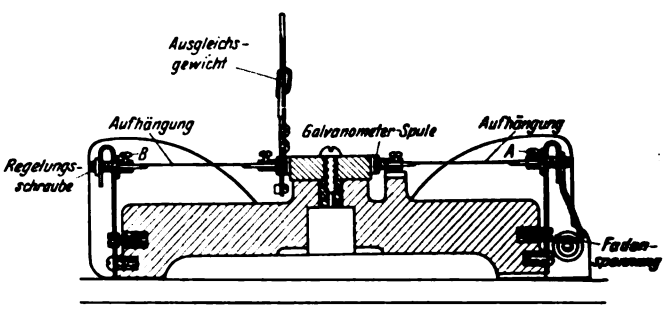


Abb. 2. Galvanometer im Schnitt.

Zeiger unter einem Arm eines drehbaren Winkelhebels *WH*. Die Welle *W* wird durch denselben kleinen Motor, der das Registrierpapier bewegt, mit etwa $n = 30$ U/min gedreht. Auf dieser Welle sitzt ein kleiner Nocken *N*, der durch die Blattfeder *A* den Bügel *B* etwas hebt. Dieser

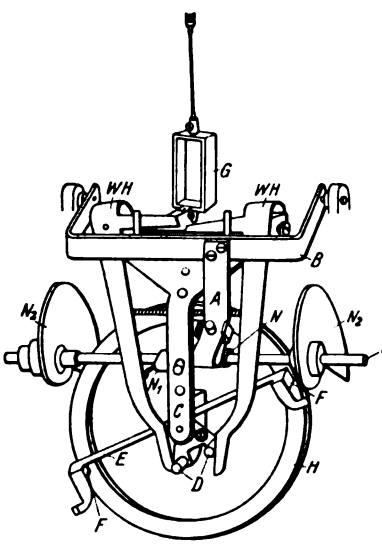


Abb. 4. Mechanismus bei Galvanometerausschlag.

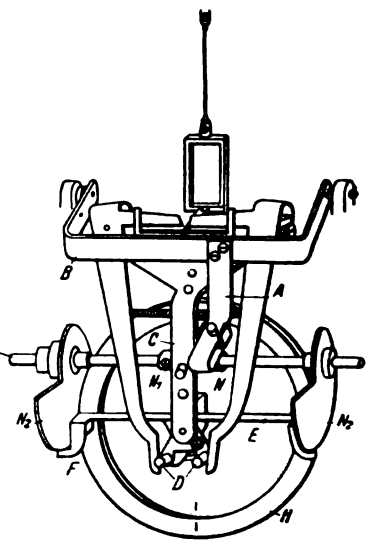


Abb. 3. Mechanismus im Gleichgewicht.

Bügel hat von der Mitte aus nach beiden Seiten eine kleine Steigung. Der Zeiger des Galvanometers wird nun zwischen diesem Keil und dem Hebelarm eingeklemmt und bei weiterem Steigen des Bügels *B* wird der Hebel *WH* gedreht. Zur gleichen Zeit hat der auch auf der Welle *W* sitzende Nocken N_1 die Blattfeder *C* nach vorn, von der Welle fortgedrückt. Der lange Arm von *WH* stößt bei seiner Drehung an eine Nase *D*, die, durch ein kleines Dreieckstück mit dem Balken *E* verbunden, diesen dreht, wie Abb. 4 zeigt. Jetzt gibt der Nocken N_1 die Feder *C* frei und diese drückt den Balken *E* mit zwei Filzklötzen *F* an den Rand der Klemmscheibe *H*. Nun drücken die beiden großen Nockenscheiben N_2 den Balken *E* wieder in die Waagerechte (Abb. 3). Auf derselben Welle, auf der *H* sitzt, sitzt gleichzeitig noch die Scheibe, auf deren Umfang der Schleifdraht aufgelegt ist. Wird nun *H* in der oben beschriebenen Weise gedreht, so dreht sich die Schleifdrahtscheibe zwangläufig unter dem Kontakt *K* mit. Der auf diese Weise bewirkte Abgleich des Potentiometers ist natürlich nicht endgültig und wird bei Sinken des Bügels *B* die Galvanometernadel einen kleineren Ausschlag nach der anderen Seite machen lassen, wodurch der Schleifdraht dann wieder etwas zurückgedreht wird. Dieses Pendeln kommt jedoch nur bei sehr großen Ausschlägen des Gal-

[1] Der p_H-Wert ist ein Maß für den Potentialsprung zwischen Elektrode und Lösung; er ist diesem direkt proportional. Der Proportionalfaktor beträgt 0,058. Dieser Potentialsprung ist durch den H-Ionen-Gehalt der Lösung bestimmt.

Digitized by Google

vanometers vor. Im allgemeinen wird bei kleinerem Ausschlag der Nadel sofort eine ausreichende Korrektur erfolgen.

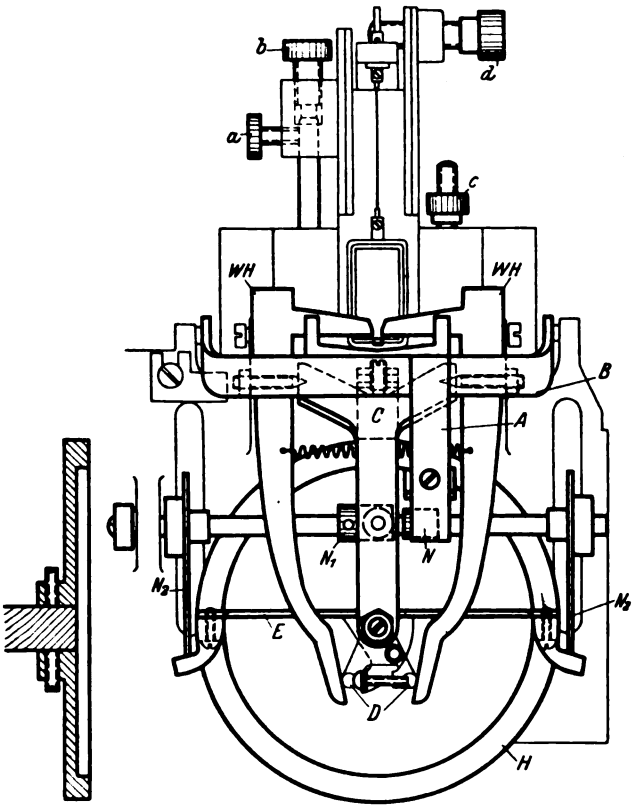


Abb. 5. Schreibmechanismus.

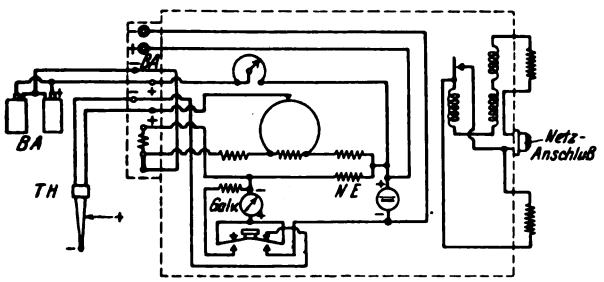


Abb. 6. Vollständiges Schaltbild.

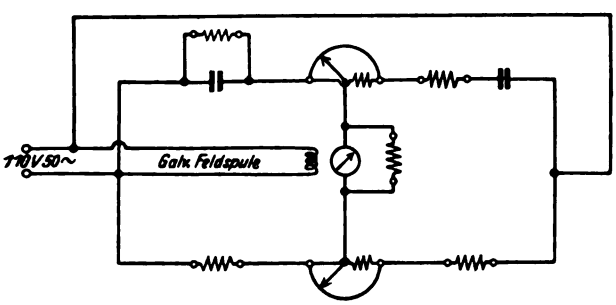


Abb. 7. Impedanzbrücke.

Das ganze Galvanometersystem läßt sich durch Lösen einer einzigen Schraube *a*, Abb. 5, aus dem Instrument entfernen. Die Schrauben *b* und *c* dienen zum Ausrichten des ganzen Systems. Nachdem das System durch die den unteren Faden verdrehende Regelungschraube (Abb. 2) einigermaßen auf Mitte gestellt ist, erfolgt die Feinstellung durch die Schraube *d* (Abb. 5). Die an dem Hebel *A* befindliche Schraube regelt den Hub des Bügels *B*, damit die Verstellung der Hebel *WH* und dadurch letzten Endes den Weg der Schreibfeder. Der Antriebmotor für das Papier und die Nockenwelle ist für Gleich- und Wechselstrom von 220 V, mit Transformator, der mitgeliefert wird, auch für 110 V gebaut.

Abb. 6 zeigt das vollständige Schaltbild. Hier ist als unbekannte EMK ein Thermoelement *TH* angeschlossen, das Instrument dient also hier als Temperaturschreiber für Schmelzöfen, Bäder, Temperöfen, Kessel u. ä. Benutzt man statt der bisher beschriebenen Kompensationsschaltung eine Impedanzbrücke nach Abb. 7, bei der zwei Zweige aus induktionsfreien Widerständen bestehen, so kann man das Instrument auch als Frequenzregler gebrauchen. Setzt man auf die Welle *W* (Abb. 4) noch einige entsprechend geformte Scheiben und bringt noch die gleiche Anzahl Kontakte K_1, K_2.... an, so können diese Relais betätigen, die ihrerseits wieder Alarmsignale auslösen. Treten also bei der Messung Schwankungen auf, die den Meß- und Regelungsbereich des Instrumentes übersteigen, so meldet der Apparat dieses und die Regelung muß dann von Hand erfolgen. *Bl.*

Die Versorgung Norwegens mit elektrischer Arbeit für bürgerliche Zwecke.

Von **Norberg Schulz**, Oslo.

Die Hauptverwaltung des norwegischen Wasserbau- und Elektrizitätswesens hat jetzt die Angaben über die Elektrizitätsversorgung Norwegens für bürgerliche Zwecke in den Jahren 1925, 1926 und 1927 veröffentlicht[1]. Die Ergebnisse der Statistik sind in umstehender Zahlentafel angegeben.

Die Elektrisierung Norwegens schreitet langsam vorwärts. Im Jahr 1927 waren etwa 71 % der Bevölkerung an die Leitungsnetze angeschlossen, d. h. etwa 1,974 Mill der Gesamteinwohnerzahl von 2,798 Mill. In den Kraftanlagen waren etwa 376 und in den Verteilungsanlagen etwa 405, also im ganzen etwa 781 Mill Kr investiert, ein Betrag, der die elektrochemische Großindustrie nicht mit umfaßt. Auf die Installationen hat man, einschl. der Verbrauchsapparate, bis Ende 1927 etwa 310 Mill Kr nur für bürgerliche Zwecke verwendet, so daß auf die ganze bürgerliche Elektrizitätsversorgung am Ende 1927 etwa 1335 Mill. Kr Kapitalsanlage entfielen. Für diese Versorgung standen damals 470 000 kW in eigenen Kraftwerken zur Verfügung. Außerdem wurden 45 000 kW aus großindustriellen Kraftanlagen geliefert, so daß im ganzen 515 000 kW für bürgerliche Zwecke dienten. Die Summe der Höchstbelastungen sämtlicher Elektrizitätswerke betrug etwa 423 900 kW, von denen etwa 260 800 auf die Städte und 155 400 kW auf die Landbezirke entfielen. Weitere 7700 kW wurden für großindustrielle Zwecke den bürgerlichen Leitungsnetzen entnommen.

Nach der Zahlentafel entfällt ferner auf jede der 372 Verwaltungen eine Wasserkraftkapazität von etwa 1200 kW einschl. der Energielieferung für bürgerliche Zwecke aus industriellen Anlagen. Für den versorgten Einwohner ergeben sich im Durchschnitt 0,215 kW Höchstbelastung, in den Landbezirken jedoch nur 0,140, dagegen in den Städten etwa 0,302 kW. Der Elektrizitätsverbrauch wächst im allgemeinen fortwährend, obgleich die ökonomischen Verhältnisse der Entwicklung noch gewisse Schwierigkeiten bieten. Auch auf dem Lande steigt der Verbrauch wesentlich für Beleuchtung und den Haushalt, aber auch für den Betrieb von Kleinmotoren.

In den Landbezirken wurde im Jahr 1927 Elektrizität für insgesamt 35 Mill Kr verkauft, d. h. je angeschlossenen Einwohner durchschnittlich für 31,5 Kr, während der Absatz in den Städten 50,5 Mill. Kr oder etwa 59 Kr je Einwohner und Jahr betrug. Je angeschlossenen Einwohner des ganzen Landes stellte sich dieser Betrag auf etwa 44 Kr.

Die Gesamteinnahmen der Elektrizitätsversorgung für bürgerliche Zwecke erreichten 1927 86,3 Mill Kr, während die Gesamtausgaben in demselben Jahr 94,1 Mill Kr ausmachten. In diesem letzten Betrag sind Abschreibungen in dem Maß einbegriffen, wie sie tatsächlich in den Bilanzen eingetragen worden sind. Da eine Reihe von Anlagen genügende Abschreibungen nicht vorgenommen hat, sind die Gesamtausgaben tatsächlich etwas höher. Die Gesamtrentabilität der Werke hat sich infolgedessen seit 1924[2] nicht wesentlich gebessert.

Die Zahl der mit der Elektrizitätsversorgung für bürgerliche Zwecke beschäftigten Verwaltungen ist seit 1924 etwas gestiegen, während jede Verwaltung dauernd im Durchschnitt etwa dieselbe Anzahl angeschlossener Einwohner, d. h. etwa 5000, zählt.

Die Einnahmen und Ausgaben je 1 kW der Höchstbelastung haben sich seit 1924 nur wenig geändert, die Preise, die für Elektrizität berechnet werden, sind also nach wie vor sehr gering.

[1] Vgl. ETZ 1926, S. 508.
[2] Vgl. ETZ 1926, S. 509.

Digitized by Google

	30. VI. 1924 bzw. 31. XII. 1924	30. VI. 1925 bzw. 31. XII. 1925	30. VI. 1926 bzw. 31. XII. 1926	30. VI. 1927 bzw. 31. XII. 1927
An die Leitungsnetze angeschlossene 1000 Einwohner				
a) In den Landbezirken	1033	1077	1099	1108
b) In den Städten	840	861	863	866
c) Insgesamt	1873	1938	1962	1974
Heimatliche Bevölkerung (in Millionen)	2,729	2,772	2,789	2,798
Der mit Elektrizität versorgte Teil der Bevölkerung (in Prozent der gesamten Bevölkerung)	68,6	70	70,5	71
Verwendete Kapitalien (in Mill norw. Kr)				
a) Für Kraftanlagen und Leitungsnetze	750	870	912,5	934
b) Als Abschreibungen zurückgezahlt	90	115	131,5	151,7
c) Buchwert der Anlagen	660	755	781	782,3
d) „ „ Kraftanlagen	270	335	375,8	376,8
e) „ „ Leitungsnetze	390	420	405,2	405,5
Gesamtleistung der Kraftanlagen (in 1000 kW)	340	410	445	470
Davon Wasserkraft	315	385	425	450
„ Dampf-, Diesel- und Ölanlagen	25	25	20	20
Tranformatorkapazität der Verteilungsnetze (in 1000 kVA)	580	625	663	685
Durchschn. Ausbaukosten je 1 kW Generatorleistung im Kraftwerk (norw. Kr)	800	820	845	805
Durchschn. Ausbaukosten je 1 kVA Transformatorkapazität an die Verteilungsnetze angeschlossen (norw. Kr)	670	670	612	592
Für die Elektrizitätslieferung zu bürgerlichen Zwecken standen zur Verfügung (1000 kW)	425	475	500	515
Gesamthöchstbelastung (in 1000 kW)				
a) In den Landbezirken	128	141,5	151,2	155,4
b) In den Städten	220	243	249,7	260,8
c) Insgesamt	353	392	408,7	423,9
Höchstbelastung je Einwohner (in kW)				
a) In den Landbezirken	0,124	0,131	0,138	0,140
b) In den Städten	0,262	0,282	0,289	0,302
c) Insgesamt	0,188	0,202	0,208	0,215
Gesamteinnahmen je Jahr (in Mill norw. Kr)				
a) In den Landbezirken	28,7	31,2	34,95	35
b) In den Städten	47,4	51,3	50,9	50,5
c) Insgesamt	76,7	83,4	86,65	86,3
Gesamtausgaben je Jahr (in Mill norw. Kr)				
a) In den Landbezirken	36,7	39	44,2	44,05
b) In den Städten	46,1	50	50,65	49,25
c) Insgesamt	83,4	89,9	95,65	94,10
Durchschn. Einnahmen je 1 kW der Höchstbelastung (in norw. Kr)				
a) In den Landbezirken	224	220	230	225
b) In den Städten	215	211	204	195
c) Insgesamt	217	213	212	205
Durchschn. Ausgaben je 1 kW der Höchstbelastung (in norw. Kr)				
a) In den Landbezirken	285	276	282	285
b) In den Städten	210	206	202	188
c) Insgesamt	235	229	234	223
Zahl der Verwaltungen	347	369	372	372
Durchschn. Einwohnerzahl je Verwaltung	5380	5250	5300	5350

Das Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung.

Am 7. d. M. wurde ein neues Institut der Technischen Hochschule zu Berlin unter dem Namen Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung in Anwesenheit von Vertretern der Wissenschaft und Technik feierlich eröffnet. Diese Forschungstätte ist der sichtbare Ausdruck der Bestimmung der im Jahre 1927 ins Leben gerufenen Studiengesellschaft für Schwingungsforschung e. V., an der sich die Reichspost, die Reichs-Rundfunkgesellschaft, die Deutsche Reichsbahn, die preußische Unterrichtsverwaltung, der Verband Deutscher Elektrotechniker und die deutsche Großindustrie beteiligten.

Der preußische Minister für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung Dr. Grimme eröffnete die Feier mit einer Ansprache, in der er die Bedeutung der neuen Anstalt für alle Gebiete der Technik und auch der naturwissenschaftlichen Forschung kennzeichnete und allen Kreisen dankte, durch deren Zusammenarbeit sie zustande gekommen ist. Damit übernahm er das Institut in die Obhut seines Ministeriums. Herr Ministerialdirektor Kruckow überbrachte die Grüße des Reichspostministeriums und führte aus, daß das neue Institut auf eine Anregung der Deutschen Reichspost, die etwa fünf Jahre zurückliege, geschaffen worden sei. Zwar hatten sich die einzelnen Behörden und andere Institute mit den einschlägigen Fragen betr. Nachrichtentechnik, Rundfunk, Flugzeugbau, Bahnen u. dgl. m. in steigendem Maße selbst befassen müssen, doch fehlte bisher eine einheitliche Linie, um Doppelarbeit zu vermeiden. So entstand der Plan der Gründung eines Instituts für Schwingungsforschung, der zuerst in der Hauptversammlung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft aus Anlaß der Hundertjahrfeier der T. H. Karlsruhe im Jahre 1925 vom Staatssekretär Dr. Bredow als Vertreter der Deutschen Reichspost bekanntgegeben wurde. Hier, an der Stätte der berühmten Experimente von Heinrich Hertz, wurde dem Institut sein Name gegeben.

Reichsrundfunkkommissar Dr. Bredow, dessen Einfluß die rasche Durchführung der Idee zu danken war, begrüßte die nunmehr aufgenommene Arbeit der Schwingungsforschungen im Interesse des Rundfunks aufs herzlichste. Als Vertreter der Notgemeinschaft der Wissenschaft gab deren Vorsitzender und tatkräftiger Förderer Minister a. D. Dr. Schmidt-Ott seiner Freude darüber Ausdruck, daß die Notgemeinschaft die Gründung des neuen Instituts mit einem namhaften Betrage habe unterstützen können. Das Institut werde eine oft empfundene Lücke in der wissenschaftlichen Forschung schließen.

Als Vertreter der Preußischen Akademie der Wissenschaften betonte Prof. Dr. M. Planck die Bedeutung der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Technik. Er bezeichnete den Leiter des neuen Instituts, Prof. Dr. K. W. Wagner, Mitglied der Akademie, als einen der hervorragendsten Vertreter der Wissenschaft, dem gleichzeitig technisches Denken und Schaffen gegeben seien. Für die T. H. Berlin überbrachte deren Rektor Prof. Dr. Drawe die Grüße und Glückwünsche des Lehrkörpers und der Studentenschaft und den Dank der Hochschule, der die Forschungstätte angegliedert worden ist.

Hierauf ergriff der Leiter des Instituts, Präsident Prof. Dr. K. W. Wagner, das Wort und führte aus, wie stark der durchschnittliche Lebensstandard durch die Errungenschaften der Technik im Laufe der Zeit gehoben worden sei. Je mehr aber die Technik über das Handwerkliche hinauswuchs, um so dringender erwies sich die Notwendigkeit systematischer Forschungsarbeit unter Zuhilfenahme der Methoden der reinen Wissenschaft. Prof. Wagner gab hieran anschließend an Hand guter Lichtbilder eine eingehende Darstellung des Aufbaues, der Einrichtungen und der Aufgaben des Institutes. Eine Abteilung für allgemeine Elektrotechnik steht hiernach unter Leitung von Prof. Dr. Wagner selbst, eine für Telegraphen- und Fernsprechwesen wird von Prof. Dr. Salinger, eine Abteilung für Hochfrequenz von Prof. Dr. Leithäuser, eine akustische Abteilung von Dr. E. Meyer und eine andere für Mechanik von Prof. Dr. Hort geleitet.

An die Feier schloß sich eine Besichtigung des nach Angaben von Prof. Wagner angelegten Forschungsgebäudes, das in unmittelbarer Nähe der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und der Technischen Hochschule liegt, bei der auf den bezeichneten Gebieten lehrreiche Vorführungen gezeigt wurden. Der architektonische Entwurf lag in den Händen von Min.-Rat Dr. Schindowski, die Bauleitung in denen von Baurat Weißgerber.

Wir werden demnächst eine eingehende Beschreibung des bedeutenden Instituts bringen. Z.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Hebezeuge und Massenförderungen.

Salzkratzer und fahrbare Förderschnecke der Kali-Umschlaganlage Antwerpen. — Die von der Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel G. m. b. H., Saarbrücken, erbaute Umschlaganlage für Kali in Antwerpen vermag bis zu 700 t/h in Seeschiffe zu verladen, wobei außerdem gleichzeitig 200 t/h Salz aus den Flußkähnen in die Hallen zum Speichern gefördert werden können. Abweichend von der Hamburger Anlage hat man den Kratzer mit der Mahlanlage nicht in einer großen Maschine vereinigt. Das hat auf jeden Fall den Vorteil, daß das zusammengebackene Salz erst unmittelbar, bevor es in die Säcke kommt, zerkleinert wird, weil es auf dem immerhin ziemlich langen Wege zwischen Kratzer und Absackwaagen Gelegenheit hat, wieder zusammenzubacken, eine Gefahr, die in der Hamburger Anlage allerdings durch die Beheizung der Räume umgangen wird.

Abb. 1. Salzkratzer in Ansicht.

Der in Abb. 1 u. 2 dargestellte Salzkratzer kann 100 t/h leisten; der um 360° schwenkbare Ausleger *b* ist heb- und senkbar an der senkrechten drehbaren Säule *a* befestigt. Die mit Reißzähnen ausgerüsteten Mitnehmerschaufeln aus Stahl werden durch zwei umlaufende Ketten in Bewegung gesetzt. Ein mit dem Ausleger verbundenes, auf einer parabolischen Schiene fahrendes Gegengewicht *c* gleicht die während einer Drehbewegung des Auslegers auftretenden Kippmomente aus, so daß die obere Fahrbahn und damit die Deckenkonstruktion nur geringe Belastungen aufzunehmen haben. Alle Antriebsteile sind unten an der drehbaren Säule untergebracht, und der die Auslegerkette antreibende Motor dient auch zur Fahr-, Hub- und Schwenkbewegung. Das Senken des Auslegers geschieht von Hand mittels eines Zwischengetriebes. Alle für die einzelnen Bewegungsvorgänge erforderlichen Vorrichtungen kann ein Arbeiter bequem vom Boden aus bedienen. Unterhalb der Kratzerfahrbahn sind Bänder *g* angebracht, die das Salz zu einem Gurtförderer bringen, der es einem Becherwerk zuführt. Von diesem gelangt das Salz entweder unmittelbar oder erst nach Durchlaufen der Mahlanlage in einen Zwischenbunker und aus diesem in eine Förder-

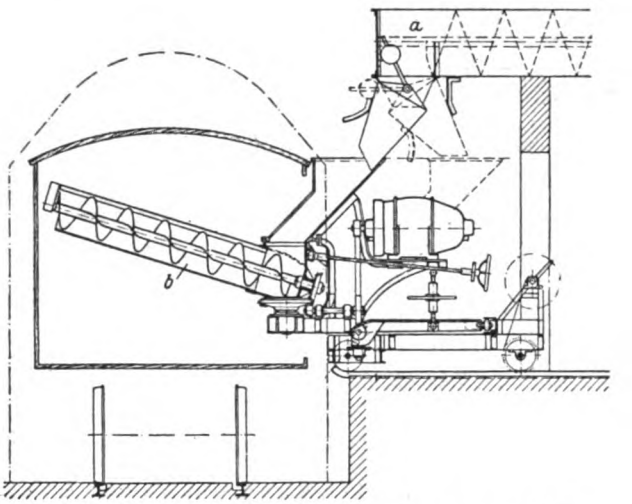


Abb. 3. Fahrbare Förderschnecke zum Beladen von Eisenbahnwagen.

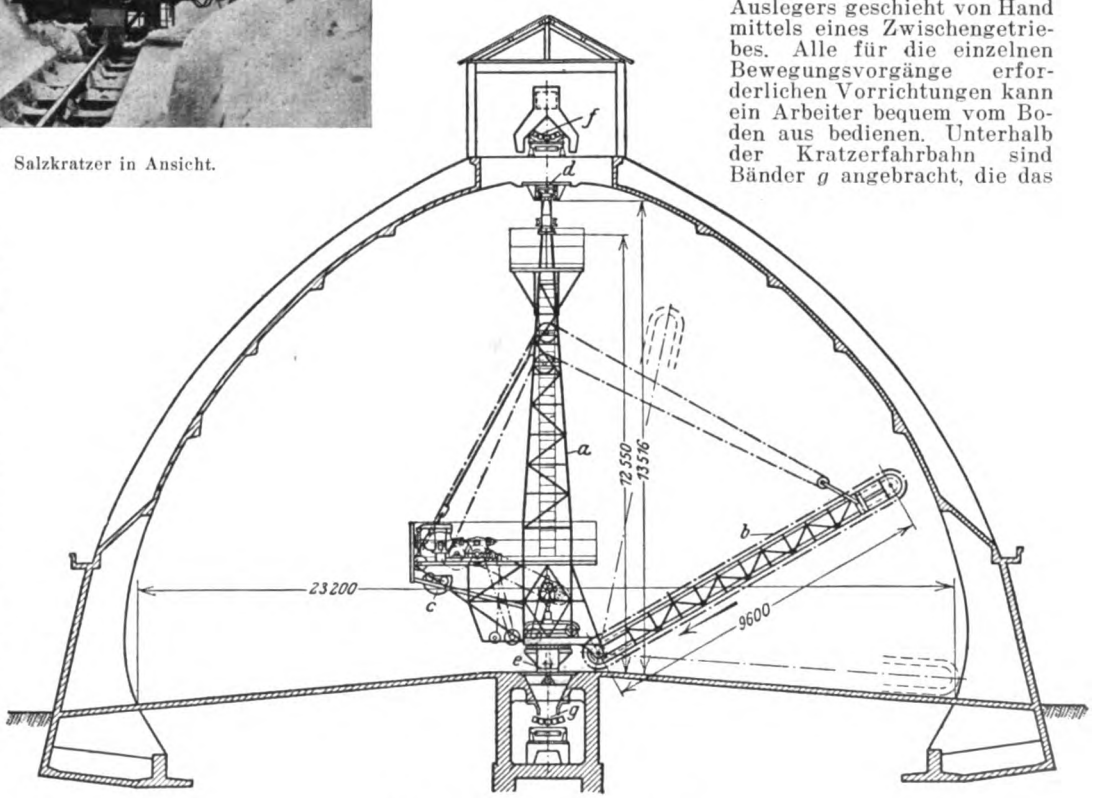


Abb. 2. Aufbau eines Salzkratzers.

Digitized by Google

schnecke. Von letzterer übernimmt es eine zweite auf einem Unterwagen auf Schienen verfahrbare Förderschnecke (Abb. 3), die heb-, senk- und schwenkbar ist und mit ihrem Vorderteil in die Eisenbahnwagen hineinragt. Diese Schnecke wird durch einen Elektromotor angetrieben und kann 80 t/h in Güterwagen verladen. (Z. VDI Bd. 72, S. 1533.) *Ka.*

Elektromaschinenbau.

Berechnung des magnetischen Leitwerts im Luftspalt von Wechselstrommaschinen. — Das Feld einer Wechselstrommaschine[1] kann nur in verhältnismäßig einfachen Fällen berechnet werden. Schon wenn der Anker offene Nuten hat, muß man auf Versuche oder zeichnerische Lösungen zurückgreifen. Trotz der Einfachheit der zeichnerischen Verfahren ist es doch zuweilen wünschenswert, gewisse Größen des magnetischen Kreises, wie z. B. den Leitwert zwischen Pol und Anker, durch Formeln zu ermitteln. Th. Lehmann hat solche Formeln für Pole mit einem oder mehreren Abrundungsradien und für Anker mit geschlossenen oder offenen Nuten aufgestellt.

Für geschlossene Nuten und einen Abrundungsradius r (Abb. 4) beträgt der magnetische Leitwert C des Luftspaltes für 1 cm axiale Eisenlänge des Ankers

$$C = \frac{s}{l} + \frac{l'}{l}\left[4{,}7 - \frac{35{,}5}{\frac{d}{r+l'}+6{,}5} + \frac{\Theta}{21{,}3}\sqrt{\frac{r}{l'}}\right]. \quad (1)$$

Die Bedeutung der einzelnen Größen geht aus Abb. 4 hervor; ferner ist

$$l' = l\,\frac{R+\frac{l}{2}}{R-r},$$

$$\operatorname{tg}\Theta = \sqrt{\frac{r}{l'}},$$

$$s = \frac{\alpha}{90}\left(R+\frac{l}{2}\right)\pi \quad \text{und} \quad d = \frac{\gamma-\alpha}{90}(R+l)\pi - 2r.$$

Für offene Nuten gilt

$$C = \frac{b}{t}C' + \frac{e}{t}C''. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Hierin bedeuten b die Zahnkopfstärke, t die Nutteilung $e = t - b$ die Nutbreite. C' und C'' ergeben sich aus Gl. (1), wenn für l einmal der wirkliche Wert l des Luftspaltes, das andere Mal der Wert $l + 0{,}2\,e$ eingesetzt wird. Bei mehr als 16 Polen der Maschine vereinfacht sich die Formel, da man $R = \infty$ annehmen kann. Dadurch wird $l' = l$.

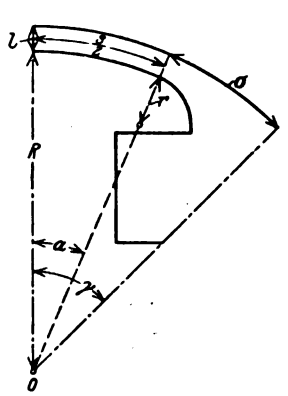


Abb. 4.

Der Einfluß der Luftschlitze von der axialen Länge v wird berücksichtigt, indem man für l in Gl. (1) bei geschlossenen Nuten $l + 0{,}2\,v$, bei offenen Nuten entsprechend der Gl. (2) $l + 0.2\,v$ und $l + 0.2\,(v + e)$ einsetzt.

Die Formeln werden dann für Pole mit mehreren Abrundungsradien erweitert. Lehmann zeigt an zahlreichen Beispielen, daß das aus den Formeln ermittelte Ergebnis sehr gut mit dem aus dem zeichnerischen Verfahren gewonnenen übereinstimmt. Die Abweichungen betragen weniger als 1 %. (Th. Lehmann, Rev. Gén. de l'El. Bd. 26, S. 477.) *Zrn.*

Apparate.

Beitrag zur Berechnung von Gleichstrom-Schnellschaltern. — Die erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit entwickelten Schnellschalter[2] stellen in ihrer jetzigen Form in fast allen Einzelheiten das Ergebnis ausgedehnter Versuchsarbeiten und ständiger Beobachtung der im praktischen Betrieb befindlichen Schalter dar, da bei der in jeder Richtung außerordentlich hohen Beanspruchung des Schalters zur vollständigen Berechnung die nötigen Unterlagen fehlen und erst mühselig zusammengetragen werden müssen. Infolgedessen enthält die Literatur nur Aufsätze, die einzelne Schalter dem Prinzip und der Ausführung nach beschreiben und auf die Angabe der als unvollständig erkannten Rechnungsunterlagen sowohl als der als Firmeneigentum betrachteten genauen Versuchsergebnisse verzichten. Den Versuch einer Zusammenfassung der für den Entwurf eines Schalters wichtigen Überlegungen unter Verwendung der inzwischen allgemein bekannten Versuchsdaten macht erst W. H. Thompson in einer Aufsatzfolge im Electrician vom September 1928.

Ausgehend von der gesamten für den Schaltvorgang zur Verfügung stehenden Zeit, die kleiner als die bei Kurzschluß zur Ausbildung eines Bogens zwischen den Maschinenbürsten nötige Zeit sein muß, nennt er vier Arbeitsgänge des Schalters: Erreichen des Auslösewertes, Beginn der Kontaktöffnung, Durchlaufen des Schaltweges und Ausbildung des Bogens, die allerdings praktisch sich nicht so getrennt vollziehen und nicht ganz die Bedeutung haben, wie der Aufsatz annimmt. Der Einfluß der Summe der beiden ersten Teilzeiten auf die Größe der abzuschaltenden Leistung und die Gefahr einer zu kräftigen Blasung werden erwähnt. Als wesentliche Bestandteile des Schalters unterscheidet Thompson:

Die stromführenden Teile,
die bewegte Masse des Schaltstückes,
das die Haltekraft hervorbringende Glied,
das die Öffnungskraft hervorbringende Glied,
den Auslösemechanismus und
die Blasanordnung des Schalters.

Die zur Formgebung der einzelnen Teile wichtigen Überlegungen werden in dieser Reihenfolge nacheinander durchgeführt. Der Querschnitt der Strombänder und die Kontaktfläche werden durch Vergleich der Verlustleistungen und der nach der einfachen Strahlungsgleichung ermittelten abgegebenen Leistung bestimmt und in einem Beispiel für 2000 A Dauerstrom eine zulässige Stromdichte von 220 A/cm² im Leiter und von 70 A/cm² an der Kontaktfläche gefunden.

Hinsichtlich der Ausbildung der bewegten Masse des Schalters kann der Aufsatz infolge der Verschiedenheit der verwendeten Formen des beweglichen Schaltstückes nur auf die Abhängigkeit des Trägheitsmomentes und der damit bedingten Verzögerung von der Formgebung hinweisen. Für den in Schnellschaltern fast durchgängig verwendeten Haltemagneten werden zwei Formen als Grundformen gezeigt, bei denen zur Auslösung ein Teil des den Halteanker durchsetzenden Flusses (3 ... 5 %) entweder durch den Hauptstrom selbst oder durch eine an einem magnetischen Nebenschluß liegende Impulsspule in ein Streujoch verdrängt wird. Die Möglichkeit des ohne Zeitverzögerung sich vollziehenden direkten Flußabbaues, die z. B. bei Verwendung von Verbunddrosseln im Haltestromkreis gegeben ist, wird nicht erwähnt. Bei der Berechnung ergibt sich die Notwendigkeit der Verwendung hoher Liniendichten im Anker des Haltemagneten sowohl zur Verkleinerung der Ankermasse als auch zur Vergrößerung der Unabhängigkeit des Schalters von der Netzspannung.

Obwohl zur Öffnung des Schalters auch Magnete verwendet werden, beschränkt sich der Aufsatz bei Besprechung der Öffnungskraft auf die gebräuchlicheren Federn und macht auf zwei für die Bemessung wichtige Punkte aufmerksam. Einmal bürgt die Verwendung stärkerer Federn nicht immer für kürzere Öffnungszeit, weil mit der Öffnungskraft auch die Masse der entsprechend stärkeren Halteglieder wächst. Zweitens ist die Eigenschwingungszahl der Federn zu beachten, durch die die kürzeste erreichbare Schaltzeit gegeben ist, und die bei starken Federn niedriger liegen kann als bei schwächeren.

Zur Berechnung des Auslösestromes bzw. des Verlaufes der zur Auslösung führenden Flußänderung im Anker sind die Halte-Amperewindungen und die Auslöse-Amperewindungen am Halteanker unter Beachtung des Einflusses der Hysteresis zusammenzusetzen. Bei der Verwendung einer an einem magnetischen Nebenschluß liegenden Spule muß der Verlauf des bei Kurzschluß sich ergebenden Impulsstromes erst berechnet werden. Die Lösung der aufgestellten Differentialgleichung ist bei Kenntnis der Abhängigkeit der Selbstinduktionswerte der beiden Induktivitäten (Nebenschluß und Impulsspule) vom Strom möglich und wird an einem Beispiel erläutert.

Am schwierigsten ist die theoretische Behandlung des Blasvorganges selbst, die so versucht wird, daß unter Verwendung der einfachen Grundgleichung $P = Hil \sin\varphi$ und der Annahme, daß die zu beschleunigende Bogenmasse gleich der von der Bogenwärme verdampfbaren Kupfermenge sei, der Beschleunigungswert errechnet wird, den der Bogen erfahren muß, um in der gegebenen Zeit (Gesamtzeit — mechanische Zeit) eine durch die Netzspannung

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 207.
[2] Vgl. ETZ 1926, S. 228; ETZ 1927, S. 1261.

Digitized by Google

gegebene Länge zu erhalten. Die Bogenbewegung wird bei in einfacher Form versuchter Beachtung des Widerstandes, den die Luftreibung ihr entgegensetzt, gleichungsmäßig dargestellt und die Aufgabe der Bestimmung des notwendigen Blasfeldes somit wenigstens rechnungsmäßig gelöst. Ein Vergleich der Rechnung mit wirklichen Verhältnissen wird nicht gegeben.

Wenn auch infolge der Kompliziertheit der wahren Vorgänge die Rechnung sich zahlenmäßig nicht mit der Wirklichkeit decken würde, so sind bei der Darstellung des Blasvorganges wie auch in den anderen Abschnitten des Aufsatzes die wesentlichen Gesichtspunkte herausgearbeitet und somit vielleicht keine unbedingt brauchbaren Rechnungsunterlagen, sicher aber ein wertvoller Einblick in die Arbeitsweise der Schnellschalter gegeben. (W. H. Thompson, The Electrician Bd. 101, S. 311.) *Bsd.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Verfahren zur genauesten Messung technischer Frequenzen. — In den letzten Jahren werden von Kraftwerken Frequenz-Registrierapparate höchster Empfindlichkeit verlangt. Noch vor wenigen Jahren schätzte man einen Apparat mit 45 ... 55 Hz als einen solchen. Gegenwärtig halten die neuen Phasensprung-Frequenzschreiber der Siemens & Halske A. G. in der Sonderausführung mit ± 1 % Anzeigebereich mit dem Meßbereich 49,5 ... 50,5 Hz wohl den Weltrekord an Empfindlichkeit; 0,1 % Frequenzschwankung entspricht einer Ablenkung des Zeigers von 6 mm. Da der zehnte Teil noch wahrnehmbar ist, so sind noch 0,01 % Frequenzschwankung ablesbar, das ist eine volle Periode Fehler in 3½ min oder 9 s Fehler im Tag, die Genauigkeit einer sehr guten Gebrauchsuhr. Die Absolutmessung ist weniger genau, nur mit sehr viel Mühe kommt man auf ± 0,1 % Absolutgenauigkeit der Frequenzmessung.

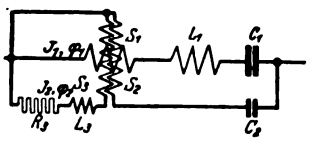


Abb. 5. Schaltung des Phasensprung Zeiger-Frequenzmessers.

Die Absolutgenauigkeit aller elektrischen Frequenzmesser wird beeinflußt durch

1. Schwankungen der Netzspannung,
2. „ ihrer Wellenform,
3. „ der Raumtemperatur,
4. die Einschaltdauer.

Die Resonanz-Zungen-Frequenzmesser sind genauer als die meisten handelsüblichen Zeiger-Frequenzmesser, sind aber nicht für die Aufzeichnung der Frequenz geeignet und können auch nicht genauer als auf 0.2 % abgelesen werden. Für Zeiger-Frequenzmesser kann man bei guten Ausführungen etwa auf 1 % Genauigkeit, d. i. 0,5 bei 50 Hz, rechnen.

Die Schaltung des von Leeds & Northrup gebauten sehr empfindlichen Frequenzschreibers hat den Nachteil, daß sie von der Wellenform der zugeführten Spannung abhängig ist. Frei von dem Einfluß der Wellenform ist der elektrodynamische Phasensprung-Zeiger-Frequenzmesser nach Abb. 5. Das Instrument hat eine feste Spule s_1 und zwei koaxiale bewegliche Spulen s_2, s_3 (Doppelspule). Die eine der beiden ist über den Widerstand R_3 und die Drossel L_3 kurzgeschlossen und gibt dem beweglichen Organ die Richtkraft, indem sie es immer senkrecht zur Richtung der Feldlinien der festen Spule s_1 zu stellen sucht (nach Kafka „elektrische Feder"). Die feste Spule s_1 bildet mit der Drossel L_1 und dem Kondensator C_1 einen Resonanzkreis, der auf die Normalfrequenz abgestimmt wird, z. B. auf 50 Hz. Die eine Drehspule (Ablenkungsspule) liegt über den Kondensator C_2 an der Netzspannung. Der Phasenverschiebungswinkel φ_1 zwischen der Spannung und dem Strom J_1 wechselt beim Durchgehen durch die Resonanzfrequenz das Vorzeichen und ändert sich dabei sehr schnell. Im Resonanzpunkt hat der Strom J_1 gegen die Spannung keine Phasenverschiebung, der Strom J_2 hat aber dauernd (angenähert!) eine solche von $\varphi_2 = 90°$. Die Beziehung zwischen dem Ablenkungswinkel des beweglichen Organs, den Instrumentenkonstanten und der Frequenz ist unabhängig von der Klemmenspannung des Frequenzmessers.

Um besonders enge Bereiche zu erhalten, muß die Resonanz sehr scharf sein. Bei dem ausgeführten Apparat sind

Induktivität	$L_1 = 35{,}3$ H,
Kapazität	$C_1 = 0{,}286$ µF,
Dämpfungswiderstand	$R = 1300$ Ω,
maximaler Strom bei 110 V	85 mA,
Resonanzspannung	960 V.

Mit diesen Schwingungskreiskonstanten haben wir

bei Frequenz	49,5	49,6	49,7	49,8	49,9	50
Strom	98,5	99,4	99,8	100	100	100
tg φ_1	0,171	0,137	0,102	0,068	0,084	0
φ_1	9,70	7,7°	5,8°	3,9°	1,9°	0

Die Resonanz ist demnach so scharf, daß sich schon bei 1 % Frequenzabweichung ein Drehmoment von 17 % (entsprechend tg φ_1) des maximal möglichen ergibt. Die Skala ist vollkommen proportional. Hinsichtlich der Absolutgenauigkeit ist zu sagen, daß es auf dem Gebiete der Starkstromfrequenzen leider keine Frequenznormale gibt, die genauer sind als 0,1 %, d. i. 1/20 der Papierbreite, d. i. 6 mm. Selbst für Normalstimmgabeln garantiert die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Charlottenburg nicht mehr als ± 0,2 %. Nur bei Eichung samt dem Einspannklotz läßt sich eine Genauigkeit von etwa 0,05 % erreichen. Will man einen Frequenzschreiber genau eichen, so sind dafür sehr komplizierte Einrichtungen nötig.

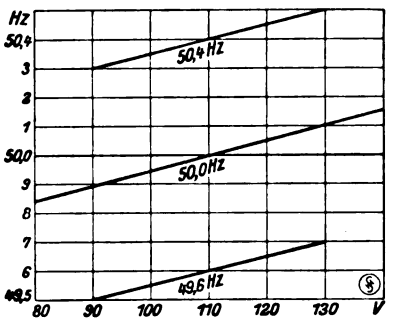


Abb. 6. Einfluß von Spannungsschwankungen auf die Angaben des schreibenden Frequenzmessers. ± 10 % Spannungsschwankungen entsprechen ± 0,1 % Fehlweisung.

Der Spannungseinfluß wirkt allein durch die Drossel. Ist die Charakteristik ausreichend geradlinig, der Luftspalt groß genug, so ändert sich auch die Induktivität nicht mit der Stromstärke in der Drossel, d. h. mit der Spannung, und die Resonanzfrequenz bleibt die gleiche. Abb. 6 zeigt den Spannungseinfluß auf den beschriebenen Frequenzschreiber. Er ist auf 1/100 seines Wertes herabgedrückt. Für normale Betriebszustände ist die Spannungsunabhängigkeit, so wie sie ist, ausreichend. Für anomale Betriebszustände, z. B. bei Kurzschlüssen, wenn die Generatorspannung um 20 ... 30 %, sogar 50 % sinkt, bleibt nichts anderes übrig, als mit einem kleinen Synchronmotor einen fremderregten Generator für den Frequenzschreiber anzuschließen. Der Größenordnung nach läßt sich der Spannungseinfluß einfach rechnerisch verfolgen. Da die Wirkung der „elektrischen Feder" die Verhältnisse unübersichtlich und kompliziert machen würde, stellt man die Rechnung für die Skalenmitte ($\sin \delta = 0$) an, wobei die Rähmchenachse senkrecht auf der Feldspulenachse steht, und die elektrische Direktionskraft Null ist.

Die Frequenzabweichung wächst quadratisch mit dem prozentualen Anteil der Oberwellen in der Spannungswelle und der Dämpfungsgröße im Resonanzkreis, nimmt aber mit höheren Ordnungszahlen der Oberwellen nur langsam ab; die 3. Harmonische muß den größten Fehler ergeben. 25 % dritter Harmonischer in der Spannungswelle 49,96 Hz geben + 0,8 ‰ Fehlweisung vom Sollwert. Dies wurde auch tatsächlich experimentell gemessen. Der Einfluß der höheren Harmonischen $n > 3$ wird zunächst kleiner als die Rechnung ergibt und sogar ein Minimum für $n = 7$. Das liegt an der Vernachlässigung von Ohmschem und induktivem Widerstand des Ablenkungsrähmchens in der Rechnung. Tatsächlich wird mit wachsender Ordnungszahl der Oberwellen φ_2 immer kleiner und bei $n = 7$ sogar Null, weil hier die Kapazität C_2 die Induktivität des Rähmchens aufhebt. Die Oberwellen mit $n > 7$ ergeben dann eine negative Fehlweisung. Das Zumischen von je 10 % dritte und fünfte Oberwelle änderte beim Versuch die Einstellung nicht merklich, obwohl diese Kurven schon als außerordentlich verzerrt gelten können. Es wäre möglich, die Empfindlichkeit noch weiter zu steigern, so daß beispielsweise der ganze Streifen nur eine halbe Periode umfaßt (49,75 bis 50,25 Hz), doch kommt man damit schon allzusehr in das Bereich, wo Anzeigegenauigkeit, Meßgenauigkeit und Absolutgenauigkeit nicht mehr zusammenpassen. (G. Keinath, Siemens-Z. Bd. 8, S. 731.) *Sb.*

Digitized by Google

Beleuchtung.

Die lichttechnischen Eigenschaften der Trübgläser. — Bei unseren heutigen Lichtquellen sehr hoher Leuchtdichte gewinnen die „Trübgläser" (Milchgläser, Opalgläser) eine immer größere Bedeutung als lichtzerstreuende Stoffe. Da die systematische Untersuchung ihrer optischen Eigenschaften an der Unmöglichkeit scheitert, geeignete Versuchsgläser herzustellen, sind solche Untersuchungen an den physikalisch analog aufgebauten kolloidalen oder „trüben" Lösungen ausgeführt worden. Hierbei ergaben sich einfache Zusammenhänge zwischen „gerichteter" — „zerstreuter" — „Gesamtdurchlässigkeit" und „Reflexion" einerseits und der Schichtdicke und der Konzentration der trübenden Teilchen anderseits[1]. Zwischen der gerichteten Durchlässigkeit und der Gesamtdurchlässigkeit ergeben sich die verschiedenartigsten Zusammenhänge, welche durch die Größe der trübenden Teilchen bedingt sind. Je größer die trübenden Teilchen, um so geeigneter wären die trüben Lösungen in beleuchtungstechnischer Hinsicht, um so stärker weicht aber dafür das Streuvermögen von dem idealen ab. Die verschiedenartigsten Zusammenhänge zwischen gerichteter und Gesamtdurchlässigkeit finden sich auch bei den technischen Trübgläsern und auch hier scheint diese Verschiedenartigkeit durch die Größe der trübenden Teilchen bedingt zu sein. Auch die Lichtverteilungskurven sind sehr verschiedenartig und es ergeben sich z. T. ganz andere Formen, als bei den trüben Lösungen gefunden worden waren, doch lassen sich ganz bestimmte Typen unterscheiden. Bei einigen Gläsern zeigen sich (bei senkrechter Beleuchtung) bei einer Ausstrahlungsrichtung von etwa 20° ausgeprägte Maxima oder Minima der Leuchtdichte. Untersuchungen über die mittleren Lichtwege in Trübgläsern führen zu dem Schluß, daß die Lichtverluste in Trübgläsern vor allem durch die Lichtverluste an den trübenden Teilchen erklärt werden müssen, ferner daß Überfanggläser und massiv getrübte Gläser in beleuchtungstechnischer Hinsicht als völlig gleichwertig zu betrachten sind. (H. Schönborn, El. u. Maschinenb., Beil. „Die Lichttechnik", Bd. 6, S. 87.) *Sb.*

Installation.

Verlegungsmethode für Rohr- und Kabelleitungen. — Die Verlegung von Rohrleitungen und Kabelleitungen in großen Industriebauten und Geschäftshäusern, besonders die von Mehrfachleitungen, ist insofern eine der unangenehmsten und zeitraubendsten Montagearbeiten, als die Püttmann (Knuth & Effner, Berlin), das von beliebig zu erweiternden und verhältnismäßig leicht gehaltenen Schlitzregistern Gebrauch macht. Die Grundtypen (vgl. Abb. 8) sind an einem Ende umgebogen und wellenförmig ausgeschmiedet; dieses ferner mit einer Durchbrechung versehene Ende, in die sich der Mörtel hineinsetzt, um einen besseren Halt zu erzielen, wird in das Mauerwerk eingelassen. Das andere ebenfalls umgebogene Ende stößt stumpf gegen das Mauerwerk; die auftretende Biegungsbeanspruchung hält der Registerquerschnitt aus; man kann das einseitig befestigte Register von 200 mm Schlitzlänge mit 9 kg belasten. Der durchgehende Schlitz macht die Montage der Rohrleitungen außerordentlich einfach, da nur eine einzige Leitung ausgerichtet zu werden braucht und sämtliche nachfolgenden genau wie die erste in Schellen aufgehängten Leitungen gegen die vorhergehenden geschoben werden können; sie liegen dann ohne weiteres in genauer Fluchtlinie (Abb. 7 u. 8a). Es sind Registertypen für alle Bedürfnisse geschaffen worden, die in ihren wichtigsten Konstruktionmaßen genau übereinstimmen. Deshalb ist eine spätere beliebige Erweiterungsmöglichkeit gegeben; erweisen sich die montierten Register nicht als aufnahmefähig genug, d. h. sollen weitere Leitungen verlegt werden, die auf den Trägern keinen Platz mehr finden, so kann eine Verlängerung (Abb. 9) in die Grundtype der Abb. 8 eingehängt werden; durch eine Schraube wird sie festgehalten. Es ist also weder Stemm- noch zeitraubende Montagearbeit notwendig, um nachträglich die doppelte oder mehrfache Anzahl von Leitungen zu verlegen. Müssen Verlängerungen großer Länge benutzt werden, sind also nachträglich sehr viel Leitungen neu zu verlegen, so wird eine Zusatztype benutzt, die an einem Ende wellenförmig ausgeblidet ist, so daß auch dieses Ende in die Mauer eingelassen und das verlängerte Register also an beiden Enden befestigt werden kann. Ist für Verlängerungen kein Platz vorhanden, so kommen sogen. Aufstockungen in Frage; die Anwendung derselben geht aus Abb. 10a hervor, während Abb. 10 die Konstruktion dieser Aufstockungen und des zugehörigen kleinen Verbindungsteiles verdeutlicht.

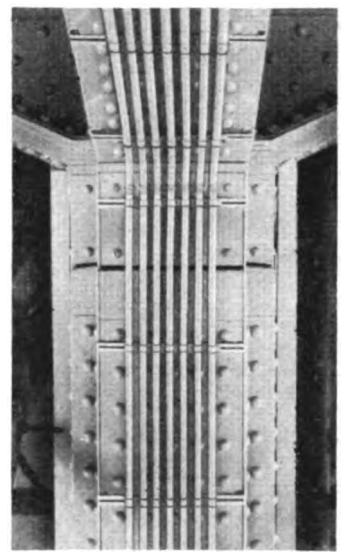


Abb. 7. Mehrfach-Rohrverlegung an Eisenkonstruktionen. Die Register, Type 17, sind einfach angeklemmt. Aufgenommen: Straßenbahnhof 16, Berlin-Westend.

Abb. 8. Grundtype der Schlitzregister.

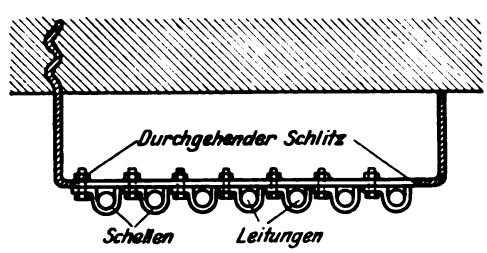


Abb. 8a. Befestigung der Leitungen auf dem Register.

Abb. 9. Verlängerung.

Kleineisenteile, die die Verbindung der Leitungen mit dem Mauerwerk herstellen, meist erst besonders angefertigt werden müssen. Das ist zeitraubend und teuer, und die Montage selbst erfordert, sollen genau ausgerichtete Leitungsstränge entstehen, höchste Genauigkeit. Ein besonderer Nachteil der bekannten Methode besteht darin, daß eine Erweiterung des verlegten Leitungstranges nur durch das Einlassen neuer Trägerteile vorgenommen werden kann. Diesen Nachteilen begegnet das neue Verlegungssystem

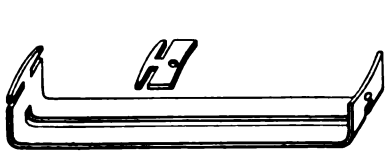


Abb. 10. Aufstockung und der zugehörige kleine Verbindungsteil.

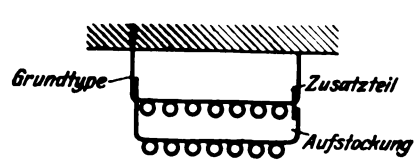


Abb. 10a. Montage der Aufstockungen.

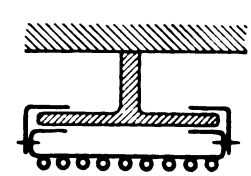


Abb. 11. Montage der Trägerklaue.

Neben den Grundtypen, deren umgebogenes, wellenförmig ausgebildetes Ende in die Mauer eingelassen wird, und den dazugehörigen Verlängerungen und Aufstockun-

[1] Vgl. ETZ 1923, S. 729, ferner ETZ 1929, S. 1645.

Digitized by Google

gen haben die Register auch die Form sogen. Trägerklauen, die auf einfache Weise, ohne daß überhaupt Stemm- oder Bohrarbeit notwendig ist, an den Decken- und Wandträgern befestigt werden können (Abb. 7 u. 11); in den Schlitz der Trägerklauen werden wie üblich die Schrauben der Schellen eingehängt, in denen die Leitungen liegen. *ndt.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Siemensbahn Jungfernheide—Gartenfeld. — Am 18. XII. v. J. wurde die Siemensbahn Jungfernheide—Gartenfeld, eine neue Vorortstrecke der Berliner Stadt- und Ringbahn, in Betrieb genommen. Der Bahnbau der rd. 4,7 km langen Strecke hat etwa 14 Mill RM erfordert, die vom Siemens-Konzern zur Verfügung gestellt wurden.

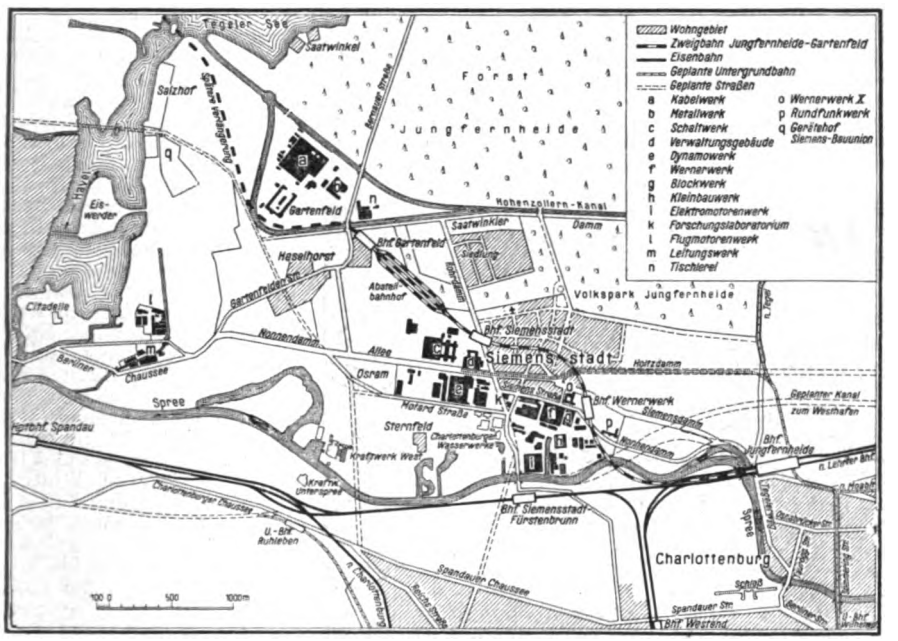


Abb. 12. Lageplan der Siemensbahn Jungfernheide—Gartenfeld.

Dieser erbaute auch in eigener Regie im Einvernehmen mit der Reichsbahn den Bahnkörper. Bei Betriebsbeginn ging dieser in das Eigentum der Reichsbahn gegen Erstattung einer festen Summe über, die die Reichsbahn auf Grund der zu erwartenden Betriebsüberschüsse errechnet hat. Zu dieser finanziellen Maßnahme sah sich der Siemens-Konzern genötigt, um eine leistungsfähige Bahnverbindung für seine auf über 60 000 Mann angeschwollenen Arbeiter- und Angestelltenmassen mit deren Wohnstätten im Berliner Norden zu erhalten. Nur etwa 2000 Mann wohnen in Siemensstadt selbst. Die vorhandenen Verkehrsmittel, Straßenbahn und Vorortbahn nach Spandau, konnten den Spitzenverkehr selbst unter Staffelung von Beginn und Ende der Arbeitszeiten über zwei Stunden nicht mehr bewältigen.

Aus Abb. 12 ist der Lageplan der Bahn ersichtlich. Sie zweigt vom Bahnhof Jungfernheide des Nordringes ab und endigt, in möglichster Nähe der Hauptbetriebe der Siemenswerke geführt, zunächst in Gartenfeld; später soll sie nach Spandau-Nord und Hennigsdorf ohne Umbau des Bahnhofs Gartenfeld verlängert werden. Auf dem Bahnhof Jungfernheide wurde ein neuer Ringbahnsteig B (Abb. 13) für die Richtung nach Westend und Gartenfeld angelegt, während der alte Ringbahnsteig A für die Richtung nach Gesundbrunnen benutzt wird. Diesem gegenüber liegt der Vorortbahnsteig C für die Richtung nach Spandau. Die Anlage des Bahnsteigs B ist derart durchgeführt, daß ein Pendelverkehr zwischen Jungfernheide und Gartenfeld in der stärksten Verkehrszeit eingerichtet werden kann. Er mußte in der Längsachse des alten Ringbahnsteiges angeordnet werden, da Gelände neben den vorhandenen Bahnanlagen nicht zur Verfügung stand. Die drei Bahnsteige sind durch einen neuen Tunnel mit Fahrkartenausgabe zugänglich gemacht.

Vom Bahnsteig B geht das neue Gleis zwischen den auseinandergezogenen Ringbahngleisen, deren Gleis Jungfernheide—Westend unterfahren wird, in großem Bogen nach Siemensstadt über einen 800 m langen eisernen Brückenzug, der die Ausnutzung des Fabrik- und Wohngeländes und die Straßenzüge am wenigsten behindert, und bedient mit dem Bahnhof „Wernerwerk" den Hauptbrennpunkt des Verkehrs in Siemensstadt.

Der Eindruck der Bahn durch das Gelände auf den Beschauer ist aus Abb. 14 ersichtlich. Weiter umführt die nunmehr auf Dammschüttung verlaufende Bahn das vor dem Krieg entstandene Wohnviertel von Siemensstadt und erreicht als zweiten Verkehrschwerpunkt am Rohrdamm den Bahnhof „Siemensstadt", der den Verkehr des Hauptverwaltungsgebäudes, des Schaltwerkes mit dem neuen Hochhaus, des Dynamowerks sowie der anderen in der Nähe gelegenen Betriebe der Siemens-Schuckertwerke AG. aufnehmen wird. Vom Rohrdamm senkt sich der Bahndamm allmählich auf Straßenhöhe und führt auf kürzestem Wege zum Endbahnhof „Gartenfeld", von wo das Kabelwerk und Metallwerk der SSW in 5 Minuten auf einem Fußweg erreichbar sind. Zwischen den beiden letzten Bahnhöfen ist ein großer Abstellbahnhof mit einer Gruppe von 6 Abstellgleisen zwischen den beiden Hauptgleisen angeordnet, auf denen je zwei 8-Wagen-Züge hintereinander aufgestellt werden können, die für die Verdichtung des Berufsverkehrs dienen.

Die Beleuchtung der Gleise erfolgt durch zwei Scheinwerferanlagen, von denen je eine an jedem Bahnhofsende

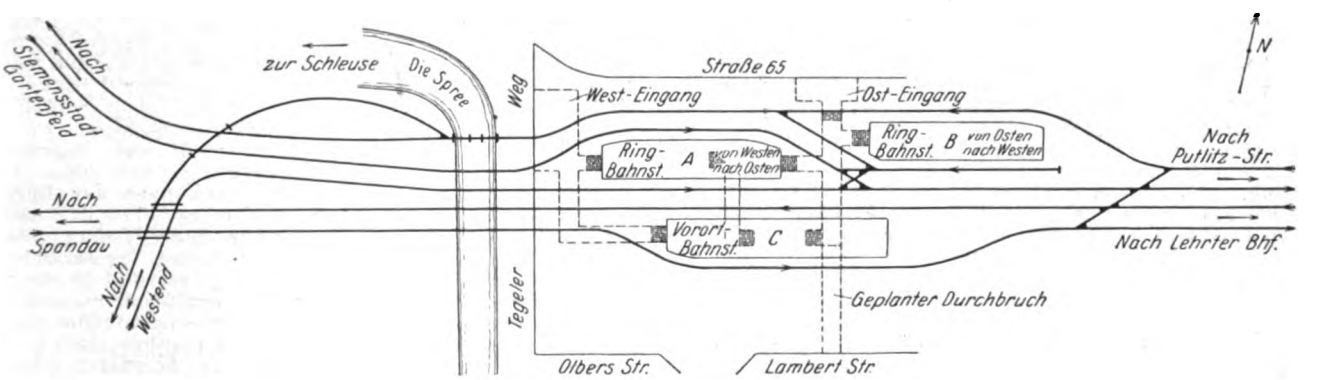


Abb. 13. Abzweigung der Siemensbahn Jungfernheide—Gartenfeld am Nordringbahnhof Jungfernheide der Berliner Stadt- und Ringbahn.

auf einem 30 m hohen Mast aufgestellt ist. Jede Anlage besteht aus drei 1000 W-Projektionslampen und ist die erste ihrer Art bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft[1]. Die Bahnhöfe „Wernerwerk" und „Siemensstadt" haben ständigen Zugang mit Fahrkartenausgabe nur vom angrenzenden Wohngelände aus. Der andere Zugang ist für den Werkverkehr vorgesehen und nur zu Zeiten des Arbeitsbeginns und -endes geöffnet. Die

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1802.

Digitized by Google

Bahnhöfe sind im üblichen Umfange mit Verkehrsräumen ausgestattet.

Für die Stromversorgung der Bahn ist am Bahnhof „Siemensstadt" ein Gleichrichterwerk errichtet, das den vom Hauptverteilungswerk „Halensee" kommenden 30 kV-Drehstrom mittels dreier Quecksilberdampf-Gleichrichter von je 1200 kW Leistung mit zugehörigen Transformatoren in Gleichstrom von 800 V Betriebspannung umwandelt. In den elektrischen Einzelheiten entspricht das Werk den sonst zum Betriebe der Stadt- und Ringbahn eingerichteten Unterwerken. Vorhanden sind u. a. doppelte Hochspannungschienen mit erforderlichem Zubehör, Schnellschalter zwischen den Gleichrichtern und Gleichstromsammelschienen zum Schutz gegen Rückstrom, Schnellschalter in den Streckenkabeln mit einer Ausschaltzeit von $^1/_{8000}$ s bei der Ansprechstromstärke und mit einer Einstellbarkeit auf Stromstärken von 3000 ... 8000 A, Asymmeter zur Messung des Isolationszustandes in der 30 kV-Anlage und zur Kontrolle darüber, ob die Phasen zu den Nullpunkten wirklich symmetrisch liegen oder eine Verschiebung infolge dielektrischer Störungen eingetreten ist, Instrumente zur Messung der Isolation und Leitfähigkeit der Strom- und Fahrschienen, Temperaturfernmessung des Transformatorenöls usw.

Abb. 14. Verlauf der Siemensbahn Jungfernheide—Gartenfeld im Gelände aus der Vogelschau.

Die Gleichrichter sind mit einer besonderen Einrichtung zum Entgasen des Vakuumraumes ausgestattet. Zu diesem Zweck haben die Haupttransformatoren Entgasungsanzapfung mit verringerter Spannung. Besondere Glasgleichrichter in Verbindung mit Werkstransformatoren liefern den Strom für Licht- und Steuerzwecke in 110 V Spannung.

Die Sicherungsanlagen und sonstigen Einrichtungen auf der Strecke sind derart ausreichend bemessen, da der Betrieb auch auf 2½ min-Verkehr eingestellt werden kann. Besondere Kennzeichen der Sicherungsanlagen sind: 1. Zweischienige Isolierung des Gleises mit Drosselstößen. 2. Dreibegriffige Lichttagessignale. 3. Ad-Signale an allen Einfahrsignalen, die durch „rot" anzeigen, daß mit besonderem Auftrag das Signal überfahren werden kann. 4. Gefahrsignalschaltung. 5. Elektrisch-mechanische Fahrsperren. 6. Elektrischer Weichenantrieb. Die Lichttagessignale werden je nach der Tageszeit mit verschiedener Spannung beschickt, um die gleiche Güte der Erkennbarkeit zu erzielen.

Die bauliche Ausführung der Bahnstrecke stellte vielfach schwierige Aufgaben. Am Bahnhof „Jungfernheide" erforderte der Bau der neuen Brücke, die Gründung der neuen Pfeiler wegen der Nähe der alten Gewölbebrücke unter Druckluft und teilweiser Verfestigung des Untergrundes im Spreebett auf chemischem Wege vorzunehmen. Ebenso mußte die Preßluftbauweise auf der Strecke zwischen den auseinandergezogenen Nordringgleisen angewendet werden, da der große Eisenbeton-Senkkasten des einen Widerlagers unmittelbar neben dem im Betriebe befindlichen Ringbahngleis 16 m tief abgesenkt werden mußte. Zur zweiten Überkreuzung der Spree war eine große Brücke mit zwei Öffnungen von 52 und 70 m Spannweite zu schlagen.

Mit dieser finanziell besonders liegenden Bahnanlage erwarten die Siemenswerke neben besseren und billigeren Beförderungsbedingungen für einen großen Teil ihrer Arbeitnehmer für sich eine bessere Ausnutzung ihrer Werksanlagen und für die Allgemeinheit die Erschließung bisher schwer erreichbaren Geländes zu Wohn- und Ausflugzwecken. *Pge.*

Fernmeldetechnik.

Ausbreitung kurzer Wellen bei kleiner Leistung im 1000 km-Bereich. — Die Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt in Adlershof hat schon in früheren Jahren vielfach erfolgreiche Versuche angestellt, um mit Sendern von nur 1 W Strahlungsleistung bei Verwendung von kurzen Wellen Entfernungen von 1000 km und mehr drahtlos zu überbrücken. Neuerdings haben ausführliche Versuche stattgefunden, welche die Zuverlässigkeit solcher Verbindungen erweisen sollten. Zu dem Zweck wurden Telegraphierversuche zwischen Adlershof, München und Flugzeugen angestellt; die letzteren haben Überlandflüge von insgesamt 20 000 km durchflogener Strecke ausgeführt. Als Sender wurden quarzgesteuerte Geräte von wenigen Kilogramm Gewicht verwendet; dabei wurde zur Erzielung einer genügenden Konstanz der Frequenz eine Verdoppelungstufe benutzt. Die Beobachtungen haben sich über ein Jahr erstreckt; sie wurden im allgemeinen mit 2 W Senderleistung angestellt und ergaben, daß für Wellen unterhalb 38 m Länge stets Schwächungszonen bemerkbar sind, insofern als zwischen 100 und 400 km Entfernung Gebiete auftreten, in denen der Empfang schwierig wird. Bei Wellenlängen zwischen 38 und 48 m treten Schwächungszonen nur vereinzelt auf, im Sommer stärker als im Winter. Bei 50 m Wellenlänge wurden keine Schwächungszonen beobachtet, und es gelang, mit dieser Welle bei 2 W Senderleistung bei Tage mit lautstarken Zeichen eine sichere Verkehrsreichweite von ungefähr 600 km zu erzielen. Diese Angaben beziehen sich auf Beobachtungen, bei denen am Boden empfangen wurde; wenn in der fliegenden Maschine dieselben Ergebnisse erzielt werden sollten, so war es wegen der dort herrschenden Störungen erforderlich, die Senderleistung der Bodenstation auf Beträge bis zu 60 W zu erhöhen.

Wenn sich der Sender im Flugzeug befand, so konnte ein Einfluß seiner Höhe auf den Fernempfang nicht festgestellt werden; die Stärke der empfangenen Zeichen war unabhängig davon, ob sich das sendende Flugzeug am Boden oder in der Luft befand. In der Regel wurden sog. Dipol-Antennen verwendet, schon wegen der Frequenzkonstanz, die sie ermöglichen; sie waren einer Schleppantenne auch in bezug auf Lautstärke überlegen, wenn diese in Form einer Viertelwelle erregt war; dagegen zeigte sich eine Dreiviertel-Schleppantenne dem Dipol ein wenig überlegen. Kurzzeitige Schwankungen der Empfangsintensität wurden häufig beobachtet, ohne daß sich jedoch eine Gesetzmäßigkeit hätte erkennen lassen. Während die Wellen unter 50 m in den frühesten Tagesstunden Fehlzeiten zeigten, fielen die Wellen über 50 m am Tage stundenweise aus. Für jede Welle konnte eine gewisse kritische Entfernung angegeben werden, d. h. eine Entfernung, innerhalb welcher eine große und praktisch konstante Empfangsintensität erzielt wird, bei deren Überschreiten der Empfang aber auffallend rasch verschwindet. (F. Krüger u. H. Plendl, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33, S. 85.) *Kb.*

Zünderabschirmung für Funkempfang im Flugzeug. — Störungen von Empfängern durch die elektrische Zündung von Verbrennungsmotoren sind bekannt[1]. Auch sind eine Reihe von Vorschlägen dagegen schon gemacht. Die wesentlich gesteigerten Ansprüche, welche insbesondere Landstreckenflüge an Flugzeugempfänger stellen, führten erneut auf die Störquelle der Zündanlage. Die in

[1] V. S. Kulebakin, ETZ 1923, S. 537.

Digitized by Google

Amerika vorhandenen Untersuchungsergebnisse wichen sehr stark voneinander ab, so daß die amerikanische Flotte in ihrem Versuchslaboratorium ein umfangreiches Forschungsprogramm aufstellte, über dessen Ergebnisse L. Hyland berichtet. Da die verschiedenen Flugzeugmuster, ja Flugzeuge derselben Ausführung, ganz abweichende Störerscheinungen haben, wurde, um überhaupt vergleichen zu können, als Störanzeigegerät ein Röhrenvoltmeter entwickelt mit dem Ohr angepaßter Frequenzempfindlichkeit. Zunächst wurde versucht, mit den üblichen Mitteln, Siebketten, abgestimmten Kreisen und ähnlichem eine Störbeseitigung zu erhalten. Infolge der großen Dämpfung der Wellen und der verschiedenen von den einzelnen Kerzen ausgestrahlten Störungen führte der Weg nicht zum Ziel. Ebenso der Versuch, das Zündsystem auf bestimmte Wellenlängen abzustimmen.

Bei der Untersuchung des Gleichrichterteiles wurde festgestellt, daß infolge Aufladungen, die der Gitterableitewiderstand nicht rasch genug abführte, eine Verschiebung der Gleichrichterkennlinie auftrat, welche kurzzeitig den Empfänger taub machte. Selbst bei Gleichrichtung im Knick wurde die Erscheinung festgestellt. Verringerung des Ableitewiderstandes brachte eine große Empfindlichkeitsverminderung. Günstige Ergebnisse zur Störspiegelerniedrigung brachten abgestimmte Niederfrequenzkreise, doch scheidet dieses Mittel bei Telephonie aus. Der Kulebakinsche Vorschlag, die Zündleitung durch Verwenden einer oxydierten Kette in eine große Anzahl Strahler kleinster Wellenlänge und hoher Dämpfung umzuwandeln, wird als unbrauchbar abgelehnt wegen seiner geringen Betriebssicherheit.

Das an sich bekannte Mittel der Abschirmung führte zur endgültigen Lösung. Es mußte jedoch auch die Zündkerze selbst abgeschirmt werden. Durch Verbesserung der Kabelisolation kamen die Durchschläge nach der Abschirmung in Wegfall. Es ist notwendig, daß der Zünder so ausreichend gebaut ist, daß er die durch die Abschirmung vergrößerte kapazitive Belastung erträgt, ohne den Funkendurchschlag zu gefährden. In diesem Fall trägt die Entladung der Kapazität zu einer Erhöhung der Zündintensität des Funkens bei. Es wurden im Verein mit der B.G. Corporation abgeschirmte Kerzen entwickelt; die Fabriken für Zubehörteile für Zündanlagen sind im Begriff, völlig abgeschirmte Teile herauszubringen. Die Folge der Abschirmung ist eine etwa 100prozentige Verbesserung der Empfänger. Verfasser ist der Ansicht, daß infolge der anläßlich der Untersuchungen über Zündstörungen gefundenen Störquellen es bei den ausgezeichneten Eigenschaften der Flugzeugantennen zu erwarten sei, daß die Flugzeugempfänger den schweren Bodenempfängern bald gleichwertig werden.

In Deutschland sind in der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt umfangreiche Versuche ausgeführt worden, welche mit den amerikanischen Ergebnissen qualitativ völlig übereinstimmen. Es scheint, daß die bei uns meist verwendeten Ganzmetallflugzeuge sich gegen Störungen durch den Zünder wesentlich günstiger verhalten als Flugzeuge in Holz- oder Gemischtbau, und daß der von den Amerikanern festgestellte starke Einfluß der Kerzenabschirmung bei Sternmotoren wesentlich größer ist bei Reihenmotoren, die meist mit Blechen abgedeckt sind. Es ist zu hoffen, daß der Vorsprung in der konstruktiven Ausführung, den Amerika zweifellos hat, bald eingeholt ist. (L. Hyland, Aviation Bd. 26, S. 886.) *Bzg.*

Landwirtschaft.

5. Grüne Woche Berlin 1930. — Diese für den Bedarf der Landwirtschaft und verwandter Betriebe jährlich wiederkehrende Ausstellung wurde diesmal in der Zeit vom 2. bis 9. Februar in 8 Hallen mit 55 000 m² Ausstellungsfläche auf dem Messegelände der Stadt Berlin am Kaiserdamm abgehalten.

Mit der fortschreitenden Intensivierung der Landwirtschaft ist die Dringlichkeit umfassender Schöpfwerksbauten erkannt worden. Durch Schöpfwerke erhalten die von Deichen eingeschlossenen Polder oder abflußlosen Bodensenken die nötige Vorflut auf künstlichem Wege. Der Deutsche Ausschuß für Kulturbauwesen hat einen Unterausschuß für Schöpfwerke eingesetzt, der jetzt Normen und Richtlinien für den Schöpfwerksbau herausgebracht hat. Die Maffei-Schwartzkopff-Werke hatten das Modell des bisher größten deutschen Propellers der Schöpfwerksanlage des Kulturbauamts Bremen und eine Propellerpumpe mit verstellbaren Flügeln je nach erforderlicher Leistung bis zu 1500 l/s ausgestellt. Die Pumpen werden für Elektromotor- oder Dieselmaschinenantrieb eingerichtet, Schöpfwerkspumpen System „Cyclop-Geue" mit Wirkungsgraden bis zu 88 % waren bei der Vereinigung Deutscher Pumpenfabriken Borsig-Hall, Berlin, zu sehen. Hier wurden auch im Betriebe „Autoelektra"-Anlagen vorgeführt, die zu den selbsttätigen elektrischen Hauswasserwerken gehören, die vielfach auf der Ausstellung zu sehen waren. Beachtenswert war das neue Hauswasserwerk mit Omniflux-Kreiselpumpe und Druckknopfschaltung der Firma Friedrich Kuers, Berlin-Tegel, mit einer Leistung von 1200 l/h, Druckhöhe 30 m, Kraftverbrauch 0,34 kW Lichtstrom zum Preise von 275 RM, das für kleine Wochenendhäuser und zum Dauerbetrieb beim Gartenspritzen in Frage kommt.

Unzweifelhaft waren auf der Ausstellung nicht nur Fortschritte in der Verwendung der Elektrizität in den landwirtschaftlichen Betrieben festzustellen, sondern auch in der besseren Auswertung der Eigentümlichkeiten elektrischer Antriebsart und im Vertrauen zu störungsloser Belieferung mit elektrischer Arbeit. Letzteres kam zumal durch die zunehmende Zahl der Motorschrankbrüter zum Ausdruck, wenn hier auch die ständig verbesserte Isolation der Schränke die Einführung der elektrischen Beheizung viel gefördert hat. Der größte Vorteil der Benutzung elektrischer Wärme liegt in der genauen Wärmeregelung, die selbsttätig mit Kontaktthermometer in Verbindung mit Relais und Quecksilber-Schaltröhren erfolgt. Luftzufuhr, -durchwirbelung und -ausstoß erfolgen durch außenliegenden Getriebemotor mit verschieden durchgebildeter Ventilatoranordnung. Hierbei erhält auch die warme Luft einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt, der mit Hygrometer einstellbar ist. Ein sehr sachgemäß ausgeführter Apparat war in dem neuen Motorbrüter System Fleischmann-Kluge zu sehen, der für 1600 Eier 1400 RM, für 3200 Eier 1850 RM kostet. Bei diesem erfolgt die Eierwendung mit Handrad, während bei anderen Systemen halb- und vollselbsttätige Eierwender zu sehen waren.

Eine interessante Einrichtung für die Hühnerzucht ist auch die Schaltuhr für selbsttätige elektrische Stallbeleuchtung mit und ohne Dämmerschaltung. Um die Tiere zum Fressen anzuregen, wird durch die Uhr nachts ein Stromkreis zur Beleuchtung des Stalles eingeschaltet, die dann aber nicht plötzlich aufhört, sondern allmählich dunkler wird, damit die Tiere ihre Schlafplätze aufsuchen können. In der Molkerei wird die leichte Fortleitung elektrischen Stromes mehr zur Verbilligung der Anlagen ausgenutzt. So war unter den verschiedenen Melkmaschinen ein neuer Kleinmelker „Elektro"-Melker, bei dem der ganze Satz, wie Pumpe, Motor und Pulsator, auf dem Eimerdeckel angeordnet ist, so daß er mit einer Hand getragen werden kann. Der Anschluß erfolgt durch Steckkontakt an die Lichtleitung. Jegliche Rohrleitung mit Montage fällt fort; die damit erzielte Verbilligung ermöglicht es auch Wirtschaften mit kleinem Viehstand, sich das Maschinenmelken zunutze zu machen. Die „Hansa"-Kälteindustrie, Bergedorf, hat ihre Milchtiefkühlanlagen derart verbessert, daß sie ohne jeden Wasserbedarf für die bisher notwendige Vorkühlung der Milch und für die Kühlung der Kältemaschine arbeiten. Die Anlage kann damit fahrbar eingerichtet und die gewonnene Milch unmittelbar auf der Weide gekühlt werden. Für kleine und mittlere Molkereien ist der Antrieb von Milchseparator und Buttermaschine durch einen einzigen Elektromotor von hohem wirtschaftlichem Wert. Derartige neuzeitliche Hausmolkereien waren auf dem Stande der Firma Diabolo-Separator, Berlin-Mariendorf, zu sehen.

Die großen Elektrizitätsfirmen gaben in ihren Darbietungen einen umfassenden Überblick zu dem neuzeitlichen Landhaushalt mit allen elektrisch betriebenen Hilfsmitteln im Hause, auf dem Hof und Feld. Die SSW hatten in den Mittelpunkt ihres Standes den Rollmotor und den Fahrmotor als ortsveränderliche Antriebsmotoren für landwirtschaftliche Maschinen gestellt. Ferner waren die neuen Leuchten für Deckenbeleuchtung im ländlichen Hause zu sehen. Unter den Protos-Hausgeräten wurde der Sprudelwascher dem Landwirt als Heißwasserbereiter empfohlen, wenn er wohl elektrischen Strom während der Nachtstunden zu billigem Preise beziehen kann, aber keine Wasserleitung besitzt.

Bei der AEG ist u. a. der tragbare Landwirtschaftsmotor zu erwähnen, der zum Betrieb von bisher mit Hand angetriebener Maschinen wie Windfege, Trieur, Kartoffelsichter, Milchschleuder und andere Maschinen dienen soll. Eine Neuerung ist das Regel-Bügeleisen mit Temperaturregler, dessen Ansprechtemperatur nach Bedarf des betreffenden Bügelgutes eingestellt werden kann. Demgemäß können alle Sorten Wäsche mit demselben Bügeleisen bearbeitet werden. Ferner war zum ersten Male der durch einen Motorkompressor betriebene Santo-Kühlschrank ausgestellt. Der Maschinensatz mit Sonder-Elektromotor

Digitized by Google

und -Kompressor wie Verdampfer ist eine geschlossene Einheit und wird mit seiner Grundplatte einfach in einen entsprechenden Ausschnitt in der Kopfplatte des Schrankes so eingesetzt, daß sich der Verdampfer im Kühlraum, die andere Apparatur oben auf dem Kopf des Schrankes befindet. Der Stromverbrauch beträgt bei dem kleinsten Haushaltsmodell mit 0,12 m³ Nutzinhalt 0,9 kWh/Tag.

Auch bei dem Sachsenwerk, Licht- und Kraft-AG., war ein neuer Kühlschrank zu sehen. Als Vorteile wurden hervorgehoben: die Einstellbarkeit des Temperaturbereiches in weiten Grenzen, die hohe Wirtschaftlichkeit, da der Kühlschrank je nach Wunsch entweder auf reine Kühlung oder Kühlung mit zusätzlicher Eiserzeugung eingestellt werden kann, der günstige Wirkungsgrad, der einfache elektrische Anschluß, der geräuschlose Gang. Im unteren Schrankteil befindet sich ein Sondermotor, der einen kleinen Rotationskompressor antreibt. Der Maschinensatz ist luftgekühlt, so daß kein Wasseranschluß erforderlich ist. Der Schrank wird in zwei Größen gebaut: Größe I mit 0,22 m³ Nutzraum, Größe II mit 0.6 m³ Nutzraum.

Die Bergmann-Elektrizitäts-Werke haben neue, völlig geschlossene Drehstrommotoren, Type A. R. M. 5,5 und 11 kW, 4polig, 380/220 V, 1400 U/min für die Landwirtschaft herausgebracht. Der Schleifringläufer hat Rohrkühlung als Umlaufkühlung und Oberflächenkühlung. Ein Ventilator am Kommutator drückt die Luft in außen zwischen den Gehäuselamellen liegende Rohre, über welche aus einem Schlitz Luft von einem zweiten am Wellenende befindlichen Ventilator geblasen wird. Der Verschluß der Schleifringe erfolgt durch selbsttätig fallende Kappe. Eine weitere Neuheit war ein Mähmesserschleifer für Gleich- und Wechselstrom 220 V mit 0,1 kW Stromaufnahme, 5000 ... 6000 U/min, mit intensiver Luftkühlung des Motors, 3,5 kg Gewicht. Die kleine Schleifscheibe sitzt fliegend am Ankerwellenende mit Schutzkappe. Die Maschine ist leicht und handlich und erübrigt ein Fortgeben der Messer zum Nachschliff.

Vom Stande der Bayerischen Elektricitäts-Werke ist der BEW-Drehstrom-Selbstanläufer-Motor mit Käfiganker (Deutsches Reichspatent) zu erwähnen, der bei 1500 und 3000 U/min bis zu einer Leistung von 15 PS und bei 1000 U/min bis zu 10 PS gebaut wird. Der Motor wird mittels eines gewöhnlichen Hebelschalters in Gang gesetzt, so daß ihn auch ungeschultes Personal bedienen kann und er sich für Fernsteuerung eignet. Eine magnetisch gesteuerte Anlaufvorrichtung im Anker verhindert eine Überschreitung des für eine bestimmte Motorgröße zulässigen Anlaufstroms und damit störende Einflüsse auf das Lichtnetz. Ferner wurde der BEW-Kreisel als Umformer von Drehstrom bzw. Wechselstrom in Gleichstrom mit senkrechter Welle, Volt- und Amperemeter, wie Nullspannungsschalter beim Fortbleiben des Stromes gezeigt, der zum Laden von Akkumulatoren mit 0,1 kW (24 ... 34 V und 6 A) bis 0.5 kW max. geliefert wird.

H. Hauptner, Berlin, zeigte eine neue elektrische Hängezentrifuge zur genauen Bestimmung des Fettgehalts der Milch mit 36 Flach-Butyrometern, die fächerförmig in einem tellerförmigen Einsatz liegen, dessen senkrechte Mittelachse von einem am Hängegestell befestigten Elektromotor gedreht wird.

Die neuzeitliche Propaganda zur Verbreitung der Elektrizität in der Landwirtschaft wurde vom Märkischen Elektrizitätswerk AG. durch die Ausstellung seines für Vorführungszwecke gebauten Kino- und Lautsprecherwagens als Anhänger zum Lastauto dargetan. An der Längsseite des Wagens befinden sich Schaufenster, in denen durch Modelle die Anwendung der Elektrizität gezeigt und auch wirtschaftliche Angaben über Stromverbrauch und Benutzungskosten gemacht werden. Eine Kino-Einrichtung ermöglicht, Filme zur landwirtschaftlichen Betätigung mit den elektrischen Einrichtungen vorzuführen, und eine Radioempfangsanlage mit auf dem Dach des Wagens angebrachtem Lautsprecher an einen großen Kreis von Zuhörern sowohl Vorträge als auch Musikstücke zu vermitteln. Im Mittelpunkt des Standes des MEW stand die elektrische Küche der Landfrau, für welche die selbsttätig arbeitende elektrische Sparkoch- und Bratröhre empfohlen wird, bei der durch einen Wärmeregler der Strom bei einer Temperatur der Speisen von noch nicht 100 ° abgeschaltet wird. Das völlige Garwerden der Speisen erfolgt durch das Nachdämpfen ohne Strom. Nach Beschickung der Sparröhre ist eine Beaufsichtigung des Kochprozesses in keinem Fall erforderlich, womit sich für die Landfrau eine wesentliche Zeitersparnis ergibt, die auf andere Beschäftigung verwendet werden kann. Die Firma W. Krause in Züllichau stellte den Apparat mit einem Satz kleiner Töpfe aus. Infolge guter Isolation ist der Stromverbrauch gering und beträgt je nach der Füllung der Röhre 1/6 ... 1/4 kWh für 1 Person und Mittagessen. Przygode.

Elektrische Antriebe.

Elektrischer Schiffspropeller-Antrieb. — Auf der im November v. J. abgehaltenen 30. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg fand der Vortrag von Prof. Dr. G. Bauer „Antrieb der Schnelldampfer" besondere Beachtung. Auch für die Elektrizitätsindustrie war derselbe insofern von Interesse, als bei den Projekten für die Maschinenanlage eines 4-Tage-Schiffes für Atlantikfahrten zwischen Cherbourg und New York neben dem Antrieb der Propellerwellen mit Dampfturbinen oder Dieselmotoren bei einer Gesamtleistung von 130 000 ... 150 000 WPS die elektrische Kraftübertragung zu den Propellern von Turbo- oder Dieselmotor-Generatoren erörtert wurde. Der Vortragende hat sich nicht zu der Überzeugung durchringen können, daß der elektrische Antrieb für derartige Schiffe als besonders empfehlenswert betrachtet werden kann. Als Gründe führte er u. a. die Notwendigkeit doppelter Energieumsetzung, größeres Gewicht und höheren Preis gegenüber mechanischem Propellerantrieb an.

In der Aussprache waren die Ansichten über die Verwendbarkeit des elektrischen Antriebes bei Ozeanschnellschiffen geteilt. Zu seinen Gunsten führte ein Redner an, daß bereits 800 000 WPS mit diesem Antrieb laufen. Bei 700 000 PS werde die elektrische Energie dampfelektrisch, bei dem Rest dieselelektrisch erzeugt. Die Antriebe hätten sich bewährt und auch im Auslande werde der elektrische Antrieb günstig beurteilt. Die General Electric Co. zu Schenectady habe die Brennstoffersparnis an Öl beim turboelektrischen Propellerantrieb zu 8 % festgestellt. Die vom Vortragenden gemachten Einwände zur Betriebsicherheit wurden widerlegt. Die Befürchtungen beim elektrischen Propellerantrieb dürften übertrieben sein und seine Vorteile würden unterschätzt. Der elektrische Propellerantrieb würde sicher Verbreitung finden.

Ein weiterer Redner wies darauf hin, daß bei der Beurteilung des elektrischen Propellerantriebes die Möglichkeit der Stabilisierung des Schiffes zu berücksichtigen sei. Diese Frage sei gerade für Fahrgastschiffe sehr wichtig. Die Generatoren werden als Kreisel benutzt und zur Stabilisierung sind keine besonderen Massen erforderlich. Die Wirkung werde mühelos als Beigabe gewonnen. Welche Größe der Stabilisierung erreicht werden könne, müßte durch Modellversuche ergründet werden.

Nach einer Mitteilung der Zeitschrift „The Engineer" vom 24. I. 1930, S. 93 hat die Peninsular and Oriental Steam Navigation Co. auf ihrem Dampfer „Viceroy of India" gute Erfahrungen mit dem turboelektrischen Schiffsantrieb gemacht und daraufhin zwei Fracht- und Fahrgastschiffe von je 20 000 BRT mit elektrischem Propellerantrieb in Auftrag gegeben. Die Schiffe sind für den Australiendienst bei 20 kn Fahrgeschwindigkeit bestimmt. *Pge*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

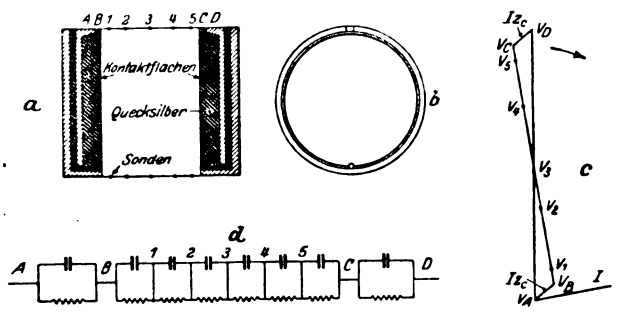
Neubestimmung der internationalen elektrischen Widerstandseinheit. — Das internationale Ohm ist bekanntlich definiert als der Widerstand einer Quecksilbersäule von 1,063 m Länge und 14.4521 g Gewicht bei 0 °; diese Säule besitzt einen Querschnitt von 1 mm². Die Einheit wird realisiert durch eine Glasröhre mit kugelförmigen Endgefäßen. Der Ausbreitungswiderstand dieser Gefäße, der etwa 0,001 des Gesamtwiderstandes ausmacht, wird als Ausbreitungswiderstand in einem unendlichen Raum berechnet. Die Physikalisch-Technische Reichsanstalt benutzte früher Endgefäße von 3 cm Dmr. Da man befürchtete, daß bei ihnen der Ausbreitungswiderstand nicht mit genügender Annäherung dem im unendlichen Raum entspricht, wurde auf der Internationalen Konferenz in London im Jahre 1908 der Durchmesser auf 4 cm festgesetzt. Dadurch war die Reichsanstalt genötigt, eine Anzahl neuer Ohmrohre zu beschaffen, die den neuen Festsetzungen entsprachen. An der Fertigstellung dieser Rohre ist mit mehrfachen Unterbrechungen seit 1909 gearbeitet worden. Damit verbunden wurde eine neue Ausmessung der in den Jahren 1890/93 hergestellten fünf Ohmrohre, die seitdem den Vergleichen zugrunde gelegt worden waren. Maßgebend war dafür der Umstand, daß die beiden meist gebrauchten der alten Rohre im Laufe der Zeit einen Unterschied von 7 Hunderttausendsteln aufwiesen, ferner die wenig gute Übereinstimmung zwischen den neuen und den alten Rohren. Diese Nachprüfung ergab, daß die Annahme, daß die geometrischen Dimensionen der aus gut gealtertem Glas hergestellten Rohre sich innerhalb der Fehlergrenze nicht mehr ändern, nicht zutrifft; alle Rohre zeigten nicht unerhebliche Änderungen. Die größte Abweichung gegen 1893 zeigte ein Rohr, dessen Widerstandswert um $18{,}5 \cdot 10^{-5}\ \Omega$

Digitized by Google

zugenommen hatte. Eine Untersuchung des Ausbreitungswiderstands bei großen und kleinen Endgefäßen zeigte dagegen, daß kein die Versuchsfehler überschreitender Unterschied zwischen ihnen gefunden werden konnte. Ein Vergleich der vier Drahtnormalen der Reichsanstalt mit den zehn Ohmrohren ergab, daß das Mittel der Büchsenwiderstände um $3{,}3 \cdot 10^{-5}$ Ω größer ist als der bisher angenommene Wert, der den ersten Ohmrohrmessungen in den Jahren 1892/93 entnommen wurde. Das würde bedeuten, daß die Manganinwiderstände in 32 Jahren sich um diesen Betrag geändert hätten, was einer Änderung um etwa $1 \cdot 10^{-6}$ Ω im Jahre entspricht. Dies Ergebnis stimmt mit dem des National Laboratory in Teddington überein, wobei die letzteren Beobachtungen sich allerdings über einen viel kürzeren Zeitraum erstrecken. Gelegentlich des internationalen Röntgenkongresses in London im Jahre 1925 wurde die deutsche Widerstandseinheit mit der ebenfalls neu bestimmten britischen verglichen. Der Vergleich zeigte, daß die Neubestimmung des internationalen Ohms in der Reichsanstalt auf etwa $1 \cdot 10^{-5}$ den gleichen Wert liefert wie die letzten beiden englischen Bestimmungen von 1912 und 1925, eine Übereinstimmung, wie sie besser nicht erwartet werden kann. (H. v. Steinwehr u. A. Schulze, Ann. Phys. Bd. 87, S. 769.) *Br.*

Hochspannungstechnik.

Kontaktwirkungen zwischen Elektroden und Dielektrikum. — Zur Nachprüfung der bei Verlust- und Leitwertmessungen an Isolierstoffen und Halbleitern durch besondere Kontaktwirkungen der aufgesetzten Elektroden auftretenden Fehler wurden im Laboratorium der Metropolitan-Vickers Co. eingehende Versuche angestellt. Bei Gleichstrommessungen konnte der auf die Kontakte entfallende Spannungsanteil durch unmittelbare Messung des Potentialverlaufes längs der Oberfläche der zylindrischen Prüfstücke mittels eines statischen Spannungsmessers sehr geringer Ableitung gefunden werden. Da bei Wechselstrommessungen die Kapazität des Meßgerätes den Potentialverlauf stark verzerrt hätte, wurden hier andere Wege begangen.



a Schnitt durch den Versuchszylinder
b Kontaktseite der Quecksilberelektrode
c Vektorbild der Ströme und Spannungen
d Ersatzstromkreis.

Abb. 15. Messung des Potentialverlaufes.

Durch Bestimmung der Strom- und Leistungsaufnahme verschieden hoher Prüfzylinder ergaben sich Werte für Widerstand und Kapazität in Abhängigkeit von der geprüften Schichtdicke, die bei Extrapolation auf die Dicke Null den Anteil der Elektroden liefern mußten. Auf diese Weise ließ sich der Widerstand zwischen den Elektroden und der Endfläche des Prüfstückes recht gut, die Kapazität jedoch ihrer Größe wegen nicht bestimmen. Die verschiedenen Stärken der Prüfstücke wurden aus den größten (12,7 mm Höhe) durch Abarbeiten (bis zu 1 mm herunter) hergestellt; obwohl hierbei Erwärmungen vermieden wurden und auf Einhaltung genau gleichmäßiger äußerer Bedingungen geachtet wurde, bleibt die Frage offen, wie weit Veränderungen des Stoffes durch die Bearbeitung eintreten. Die Gleichmäßigkeit der erzielten Ergebnisse sowie die Übereinstimmung der Werte mit denen, die nach dem zweiten Verfahren gewonnen wurden, läßt jedoch diesen Weg als ausreichend zuverlässig erscheinen. Gefunden wurde für Bakelit 25 ... 75 $M\Omega \cdot cm^2$, für Fiber 13 $M\Omega \cdot cm^2$, für Hartgummi 7 $M\Omega \cdot cm^2$ Widerstand bei Verwendung von Quecksilberelektroden.

Um die Unsicherheit in der Beurteilung der erhaltenen Werte zu beseitigen, wurde ein zweites Verfahren entwickelt. Ähnlich wie bei den Gleichstrommessungen wird der Potentialverlauf längs der Oberfläche eines zylindrischen Prüfkörpers gemessen. Abb. 15 zeigt die Anordnung des Prüfstückes. An die Enden werden Metallhülsen angedrückt, in die das als eigentliche Elektrode dienende Quecksilber so eingefüllt wird, daß es von unten her an der Endfläche des Dielektrikums unter Vermeidung von Blasenbildung hochsteigt. In bestimmten Abständen sind in die Mantelfläche des Zylinders Rinnen eingedreht, in die die als Sonden dienenden Drähte (verzinnter Kupferdraht von 0,25 mm Dmr.) eingelegt werden. Das Potential dieser Sonden wird nun nach Größe und Lage gegenüber der Gesamtspannung bestimmt. Verlängert man die durch die gemessenen Potentiale V_1, V_2, V_3 usw. bestimmte Linie entsprechend den über die äußersten Sonden vorstehenden Enden des Prüfzylinders, so erhält man den auf die einzelne Elektrode entfallenden Spannungsanteil der Größe und Richtung nach ($I z_e$) und kann, wenn weiterhin Größe und Lage des Stromes I gemessen sind, die Impedanz z_e der Elektroden finden und in Widerstand und Kapazität auflösen.

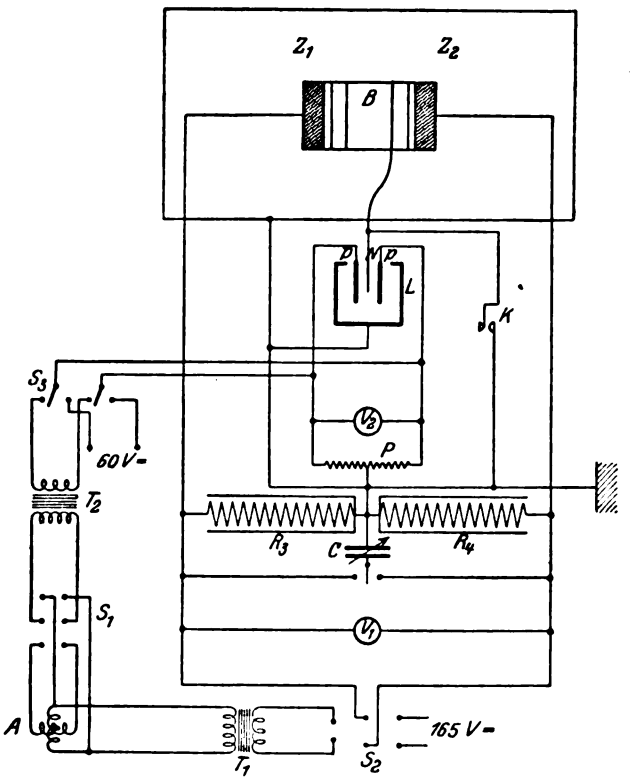


Abb. 16. Schaltbild.

Die Messung der Potentiale geschieht in einer Scheringbrücke mit einem hochempfindlichen Quadrantelektrometer nach Lindemann als Nullinstrument; das Schaltbild zeigt Abb. 16. Der Zweiphasengenerator A liefert über den Transformator T_1 die Prüfspannung, die am Versuchstück liegt, über T_2 die Hilfserregung für das Elektrometer L. Das Gehäuse von L ist geerdet; die Nadel N wird mit dem zu messenden Potential verbunden. Durch den Spannungsteiler P wird die an den Elektrometerplatten p liegende Hilfserregung so eingestellt, daß eine Erdung der Nadel mittels des Schlüssels K den Nadelausschlag auf Null bringt. Mittels der Widerstände R_3 und R_4 sowie der Parallelkapazität C wird das Brückengleichgewicht eingestellt; in der Ruhestellung der Nadel ist das gesuchte Potentialverhältnis gleich dem des R_3 und R_4 verbindenden Punktes, das aus den abgelesenen Werten graphisch gefunden wird. Umschalter S_1 dient zur Einschaltung einer um 90° el. verschobenen Hilfsspannung zur Festlegung der Lage des gesuchten Potentiales. Mittels der Umschalter S_2 und S_3 wird statt der Wechselspannung Gleichspannung an die Versuchsanordnung gelegt. Durch Einfügen eines Widerstandes von etwa 10^6 Ω wird auch die Strommessung mittels desselben Elektrometers vorgenommen. Man erhält die Größen von Strom und Potential auf < 1 %, die Winkel auf 1 bis 2° genau. Durch sorgfältiges Abschirmen werden Fremdeinwirkungen ausgeschlossen.

Alle Einwände und Fehlerquellen werden eingehend gewürdigt. Oberflächenströme sowie Streuen der Verschiebungsströme in die Umgebung erweisen sich als un-

Digitized by Google

erheblich, ebenso Verzerrungen durch die Sonden. Ungleichmäßigkeiten in den Prüfkörpern werden dadurch ausgeschieden, daß nur solche Versuche ausgewertet werden, die einen linearen Potentialverlauf längs der Oberfläche ergeben. Die Auswirkung der bei der Messung der äußersten Elektroden unvermeidlichen Unsymmetrie der Brücke wird durch Einfügen einer Zwischenelektrode zwischen zwei gleiche Prüfkörper untersucht und im allgemeinen als vernachlässigbar befunden. Die Winkellage der Meßspannungen ist auf weniger als ½° genau. Gemessen werden Fiber, Schiefer und Bakelit in Prüfstücken von 38 mm Dmr. und 13 ... 38 mm Länge. Im allgemeinen sind die Versuche mit sorgfältig geglätteten Enden der Prüfkörper und Verwendung saubersten Quecksilbers vorgenommen. Die Versuche sind nicht genau reproduzierbar, jedoch sind die Streuungen für gleiche Bedingungen innerhalb einer Versuchsreihe gering, bei Wiederholungen wesentlich kleiner als die durch die untersuchten Einflüsse bedingten Unterschiede. Eine Auswahl aus der großen Zahl von Versuchen gibt folgende Zahlentafel, die den Einfluß der Glätte der Enden, der Elektrodenausführung, der Temperatur und des Anpreßdruckes erkennen läßt.

Werkst. u. Nr.	Meßspg. V	Frequenz Hz	Ges.-Strom μA	Kapazität und Widerstand an Kontaktfläche 1		Kontaktfläche 2		Bemerkungen
				μμF/cm²	MΩ · cm²	μμF/cm²	MΩ · cm²	
Fiber 1	165	70	0,96	53	120	42	79	Hg: Endflächen glatt
„ 1	165	70	0,96	35	200	29	127	„ „ rauh
Fiber 2	165	70	2,9	73	37	150	12,2	Hg sehr sauber
„ 2	165	70	2,9	41	82	71	50,0	Hg hat 7 Tage offen gestanden-
Fiber 7	165	70	1,2	69	66	37	115	Elektrode: Quecksilber
„ 7	165	70	1,2	43	113	32	173	Zinnfolie
„ 7	165	70	1,2	31	236	24	222	Kupferplatten
„ 7	165	70	1,2	97	95	31	113	Quecksilber
„ 7	165	70	1,2	220	21,8	57	57	Graphit + Hg
„ 7	165	70	1,2	47	100	32	154	„ + Zinnfolie
„ 7	165	70	1,2	56	54	42	104	„ + Kupferpl.
Fiber 8	165	70	0,86	98	85	19	80	Quecksilber
„ 8	165	70	0,86	49	48	38	74	aufgespritztes Zink
Fiber 3	165	70	1,75	100	67	52	128	Hg; bei 17°
„ 3	165	70	2,9	210	14,7	77	25	„ „ 30°
„ 3	165	70	6,2	400	6,9	120	13,4	„ „ 50°
Schiefer	280	50	360	372	4,2	360	4,3	mit 0,21 kg/cm²
„	280	50	360	395	4,0	346	4,5	„ 0,7 „
„	280	50	370	465	3,4	350	4,6	„ 1,4 „
								angepreßte Kupferplatten

Die geringste Kontaktwirkung zeigt eine aufgeriebene Graphitschicht mit Quecksilberüberdeckung, dann folgen die mit Metallspritzverfahren aufgebrachte Zinkschicht und die Quecksilberelektrode. Im ganzen sind die Werte der Kontaktimpedanz bei einigermaßen sorgfältiger Zurichtung der Elektroden so gering, daß sie nur bei der Messung von Halbleitern oder von sehr dünnen Schichten (unter 1 mm) in Ansatz zu bringen sind. Für Fälle, in denen der Anteil der Elektroden bekannt und zu berücksichtigen ist, werden Umrechnungsformeln angegeben, die die Ermittlung der Stoffeigenschaften aus den Meßergebnissen gestatten. (B. G. Churcher, C. Dannatt, J. W. Dalgleish, J. Inst. El. Engs. London, Bd. 67, S. 271.) *Stk.*

Impedanzrelais als Selektivschutz für Freileitungen. — Für den Erdschluß- und Kurzschlußschutz großer und weitverzweigter Netzgebilde reichen Maximal- und Rückwattrelais nicht aus. Um ein in jedem Störungsfalle sicher arbeitendes selektives Schutzorgan zu besitzen, mußte ein Relais geschaffen werden, das seine Auslösezeit in Abhängigkeit von der Lage des Störungsortes im Netz selbst wählt. Diese Forderungen erfüllt das Impedanzrelais. Es spricht an, wenn die als Quotient von Spannung und Strom definierte „Betriebs"impedanz unter einen gewissen dem Normalbetrieb entsprechenden Betrag gesunken ist, und löst nach einer Zeit aus, welche eben dieser Betriebsimpedanz proportional ist. Offenbar werden hierdurch die erkrankten Netzteile, vom Fehlerort ausgehend, in richtiger Reihenfolge abgeschaltet, bis die Impedanz wieder ihren Normalwert erreicht hat. Um stets eine hinreichende Spanne zwischen Fehlerimpedanz und Impedanz des Normalbetriebes zu halten, darf der Impedanzschutz nur auf Teilstrecken des Netzes angewandt werden, welche eine hinreichend niedrige Kurzschlußimpedanz aufweisen. Man erkennt übrigens hieraus, daß die Impedanzrelais auch im ungestörten Netz ansprechen können, wenn der Betriebstrom seinen Nennwert sehr erheblich unterschreitet, da dann die Betriebsreaktanz ebenfalls weit unter den Normalwert sinkt. Von einem leistungsfähigen Impedanzrelais ist eine möglichst rasche Funktion zu fordern. Amerikanische und europäische Erfahrungen lassen im Mittel 2 s als obere Grenze der Fehlerabschaltung zu; dabei ist vorausgesetzt, daß die Ölschalter hinreichend stark bemessen sind, um die dann noch erheblichen Ausschaltleistungen bewältigen zu können. Um diese relativ kurzen Zeiten einhalten zu können, müssen die Relais präzis arbeiten; als obere Grenze kann man eine Zeitstaffelung von 1 s zwischen aufeinanderfolgenden Schaltern annehmen. In die Impedanzmessung, die hiernach die Grundlage des Verfahrens bildet, wird durch die Wirkwiderstände der Lichtbogen eine große Schwierigkeit hineingetragen. Nach Messungen des Bayernwerkes[1] können Lichtbogen von etwa 100 A rasch Widerstände bis zu mehreren hundert Ohm erreichen und hierdurch die Impedanz weit über die Reaktanz hinaus erhöhen. Während wohl oft hierin die Tendenz zum selbsttätigen Erlöschen des Bogens gesehen wird, so daß man bewußt auf die Erfassung solcher Fehler durch den Impedanzschutz verzichtet, kann man doch auch den Einfluß der Lichtbogenwiderstände durch Übergang zum „Reaktanz"-schutz eliminieren. Bei ihm gelangt nur die induktive Komponente der Fehlerspannung zur Zusammenwirkung mit dem Strom. — Abgesehen von dieser systematischen Ungenauigkeit des Impedanzschutzes wird seine exakte Arbeitsweise durch Fehler des Meßorganes im Relais beeinträchtigt; bei vollständig genauer Funktion müßte es ja möglich sein, den Fehlerort aus der Abschaltzeit anzugeben, wovon aber vorläufig keine Rede sein kann. Nach dieser Richtung hin unterscheiden sich die Fabrikate der einzelnen Firmen[2], ohne daß wohl im Augenblick schon eine entscheidende Kritik möglich wäre; es wird hierzu nötig sein, die Betriebserfahrungen großer Netze abzuwarten. (J. Stoecklin, Bull. SEV Bd. 19, S. 509.) *Oldff.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Rückkühlung des Kondensator-Kühlwassers durch Streudüsen. — Die Lahore Electric Supply Co., Lahore, hat

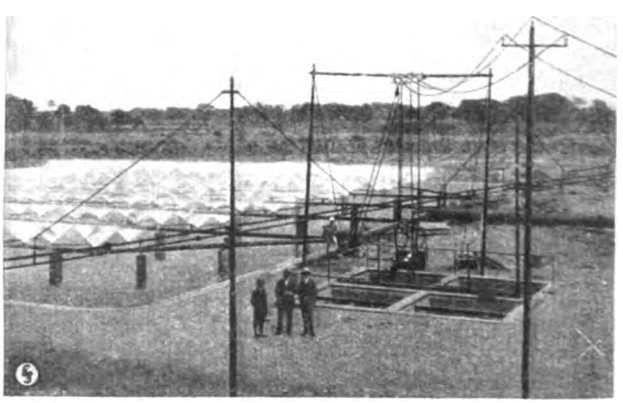


Abb. 17. Streudüsenanlage im Betrieb.

zur Deckung des gesteigerten Bedarfs ein neues Kraftwerk errichtet. Zum Betriebe zweier 3150 kW-Dampfturbinen für 20 at und 375° dienen 3 Wasserrohrkessel

[1] Vgl. ETZ. 1929, S. 597 u. 1399.

[2] Vgl. The Electric Journ. Bd. 24 (Westinghouse) — Broschüre: Selektivschutz nach dem Impedanzprinzip der Dr. Paul Meyer AG. — J. Biermanns, Selektivschutz von Hochspannungsnetzen, Bull. SEV Bd. 18, S. 127 (AEG) — Broschüre: Der Selektivschutz von Freileitungen durch Distanzrelais (Brown-Boveri); vgl. a. Fußnote 1.

Digitized by Google

für je 350 m² Heizfläche und 9000 kg/t Dampf. In diesem Kraftwerk wird das Kühlwasser für den Kondensationsbetrieb mit Hilfe einer Streudüsenanlage rückgekühlt. Nachdem das heiße Wasser vom Oberflächen-Kondensator in das Heißwasserbecken geflossen ist, wird es durch eine Pumpe mit einer Leistung von 1200 m³/h gehoben und durch die Streudüsen gepreßt. Das rückgekühlte Wasser fließt dann durch Rechen in 2 unterirdische Kanäle, die in einen Sumpf münden, und wird dann von hier durch die Umlaufpumpen wieder gehoben. Da während der kühlen Jahreszeit in Lahore die Temperatur nachts

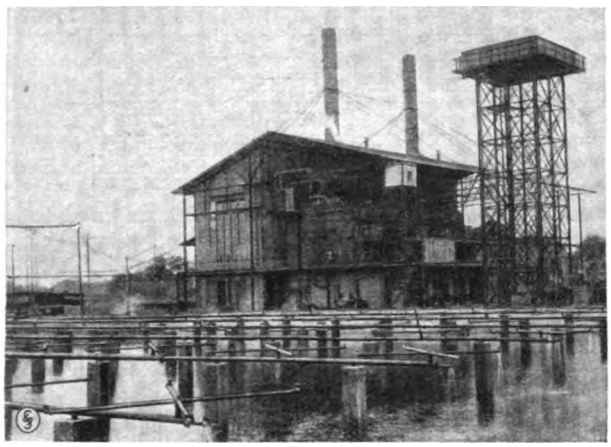


Abb. 18. Streudüsenanlage außer Betrieb.

ziemlich tief sinkt, ist es dann nicht nötig, die Streudüsenanlage in Betrieb zu nehmen, weil die natürliche Abkühlung für Zeiten schwacher Belastung ausreicht. Das Fassungsvermögen der beiden Becken zusammen ist 10mal so groß wie die Wassermenge, die stündlich den Kondensator durchfließt, und es würde 3½ h dauern, um bei einer Turbinenbelastung von 500 kW die Wassertemperatur um 1 ° zu erhöhen, ohne daß dabei die natürliche Abkühlung berücksichtigt wäre. Die Streudüsenanlage befindet sich also nicht in dauerndem Betrieb; sogar im Sommer wird sie, wenn auch nicht jede Nacht, so doch hin und wieder abgestellt. Abb. 17 u. 18 veranschaulichen die Anlage in und außer Betrieb. (H. Giesbers, Siemens-Z. Bd. 8, S. 706.) *Ka.*

Werkstatt und Baustoffe.

Lichtbogenschweißung in Amerika[1]. — Drei Westinghouse-Ingenieure, Marthens, Brinton und Hague, beschreiben in der Septembernummer 1928 des Journal of the American Welding Society die Konstruktion und Werkstattherstellung einer aus 30 verschiedenen Typen bestehenden Reihe von Gleichstrommaschinen, deren Feld- und Ankerteile durch Schweißung hergestellt sind (Standard Line of Direct-Current Machines fabricated by Arc Welding). Es wird die auch schon bei uns gemachte Erfahrung erwähnt, wie anpassungsfähig die geschweißten Konstruktionen sind, so daß allen besonderen Forderungen an Werkstätten-, Aufzugs-, Schiffsmotoren und für direkte Kupplung mit Antriebsmaschinen leicht Genüge geleistet werden kann. Die ganze Maschinenreihe wird mit Verwendung weniger Stahlprofile und weniger Arten von Schweißnähten hergestellt. Bei den rotierenden Teilen wird streng darauf gesehen, daß die Schweißnähte stärker sind als die zusammengeschweißten Materialteile.

Bei der Herstellung des Magnetjoches (Abb. 19) wird Breiteisen über 80 mm Stärke heiß, schwächeres Eisen kalt gerollt. Dem Rollen, das in lotrecht gestellten Walzen erfolgt, geht das Krümmen der Kanten in einer hydraulischen Presse für 1000 t Druck voraus. Die Bürstenbrücke ist aus Ringen und geschnittenen Platten geschweißt. Die Grundplatte bildet ein umgelegter Doppel-T-Breitflanschträger. Der Ankerstern (Abb. 20 oben) besteht aus radial gestellten Platten, die nur mit zwei inneren als Nabe dienenden Ringen verschweißt sind. Die Konstruktion ist nicht teurer als der früher übliche gußeiserne Ankerstern (Abb. 20 unten), aber weitaus kräftiger und gibt bessere Ventilation. Der Festlegung aller Konstruktionen gingen eingehende Werkstattversuche und verschiedene Entwürfe voraus.

Eine temperamentvolle Würdigung der Elektroschweißung findet sich in einem Vortrag von J. F. Lincoln vor der American Gear Manufacturer's Association (The Welding Engineer, Dec. 1928). Die Zerreißfestigkeit von Walzstahl ist 5mal, der Elastizitätsmodul 2½mal so groß wie der von Gußeisen. Auch muß bei Gußeisen wegen der Unzuverlässigkeit des Materials, mit größerem Sicherheitsfaktor gerechnet werden. Die Verwendung von geschweißten Stahlkonstruktionen würde bei Werkzeugmaschinen noch viel wertvoller sein als im Elektromaschinenbau. Trotzdem werden Drehbänke noch immer mit gußeisernen Betten hergestellt. Geistige Trägheit, Furcht vor den neuen Formen und bestehende widerspruchsvolle Vorschriften stellen der schnellen Ausbreitung der Schweißung Hindernisse in den Weg. Ein Lokomotivkessel kann in Amerika ohne weiteres geschweißt werden, ein Landkessel noch nicht. Dagegen werden wieder Kocher in chemischen Betrieben für sehr hohen Druck und hohe Temperatur geschweißt. Die geistige Trägheit und das mangelnde Verständnis für die neuen Formen werden nach Lincoln erst mit dem Aussterben der älteren Generation gänzlich überwunden werden. (R. S. Marthens, C. C. Brinton, F. T. Hague, The Electric Journ. Bd. 25, S. 575.) *Rrg.*

Verschiedenes.

Neue Normblätter des DNA. — Bergbau: DIN BERG 2501 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Übersicht — BERG 2502 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Sauger (frühere Bezeichnung Sauger Nr. 3), Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2503 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Ölabscheider, Ablaßhahn R ½" (frühere Bezeichnung Ölabscheider 8 a), Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2504 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Rückschlagventil R 1", Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2505 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsaus-

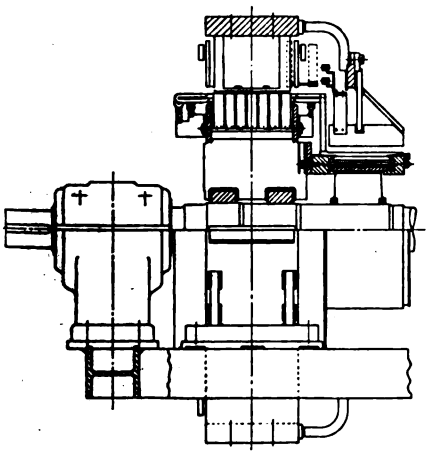


Abb. 19. Geschweißtes Magnetjoch.

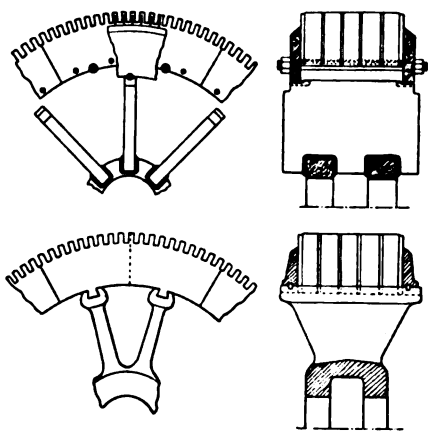


Abb. 20. Ankerstern geschweißt und gegossen.

[1] Vgl. a. ETZ 1928, S. 1482; 1929, S. 145, 187, 1188, 1527.

Digitized by Google

rüstung für Lokomotiven, Sicherheitsventil, Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2506 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Absperrhahn R ⅜″ mit Entlüftung, Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2507 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Überströmventil (frühere Bezeichnung Überströmventil R 32), Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2508 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Druckminderventil (frühere Bezeichnung Druckminderventil R 27), Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2509 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Führerventil mit Gestängehebel (frühere Bezeichnung Führerventil St 60), Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2510 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Blindventil mit Gestängehebel (frühere Bezeichnung Blindventil St 60), Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2511 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Steuerventile, Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2512 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Staubfänger R ¾″, Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2513 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Sandstreuhahn V2R2 mit je zwei Streustellen für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt, Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2514 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Absperrhahn R ¾″ mit Entlüftung, Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2515 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Luftbehälter, Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2516 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Druckknopfventil R ⅜″, Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2517 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Anlaßventil für Läutwerk, Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2518 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Rasselläutwerk, Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2519 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Kugelschlag-Läutwerk, Anschluß- und Einbaumaße — BERG 2520 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Druckluft-Bremsausrüstung für Lokomotiven, Einkammer-Bremszylinder, Anschluß- und Einbaumaße.

Energiewirtschaft.

Modernisierung von Dampfkraftwerken. — In einem Vortrag vor der American Institution of Electrical Engineers teilte C. F. Hirschfeld, Leiter der Versuchsabteilung der Detroit Edison Co., einige Überlegungen mit, die beim Ausbau vorhandener Dampfkraftwerke mit dem

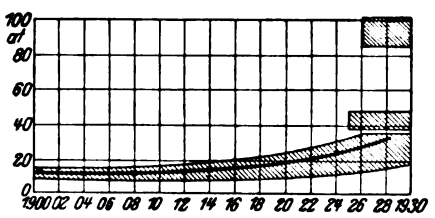


Abb. 21. Steigerung des Dampfdrucks in Kraftwerken. Die ausgezogene Linie deutet die nach der Praxis empfehlenswerte Erhöhung an.

Ziel, ihre Wärmewirtschaftlichkeit zu verbessern, angestellt werden müssen. Daß man vor Inangriffnahme solcher Verbesserungen prüfen muß, ob Bedarf für die höhere Stromabgabe vorliegt, ob die Wasser-, Brennstoff- und Raumverhältnisse sowie die Abmessungen der Schaltanlage den Ausbau zulassen, ist wohl selbstverständlich. Besonders wichtig erscheint jedoch in diesem Zusammenhange die Frage der Steigerung des Betriebsdrucks, da dies gegebenenfalls die Außerbetriebsetzung der vorhandenen und die Beschaffung neuer Kessel bedingt. Nun ist es zwar richtig, daß man mit den Drücken in Elektrizitätswerken in den letzten Jahren in die Höhe gegangen ist, wie man aus den schraffierten Teilen in Abb. 21 erkennt; die nach der allgemeinen Ansicht der Praxis empfehlenswerte Steigerung der Drücke, die durch die eingetragene Linie angedeutet ist, bleibt aber hinter den Ausnahmefällen noch ziemlich weit zurück. Daneben muß man auch berücksichtigen, daß der schnelle Fortschritt in der Wärmewirtschaftlichkeit von Dampfkraftwerken in den letzten Jahren, den Abb. 22 andeutet, nur zu einem Teil der Steigerung der Betriebsdrücke der Kesselanlagen zu verdanken ist; denn zugleich mit den Betriebsdrücken haben sich die Dampftemperaturen erhöht, wie aus Abb. 23 zu entnehmen

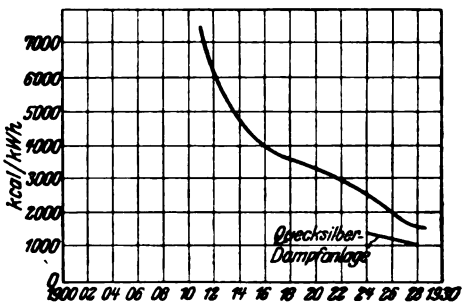


Abb. 22. Verbesserung der Wärmewirtschaft in Dampfkraftwerken.

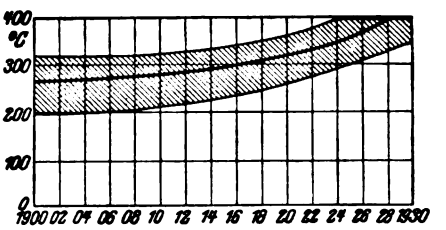


Abb. 23. Steigerung der Dampftemperaturen. Vgl. die Bemerkung zu Abb. 21.

ist. Ferner haben sich die Größen und die Dampfleistungen (Abb. 24) der einzelnen Kessel sowie die Leistungen der einzelnen Dampfturbinen gesteigert. Dabei kann man wieder unterscheiden, bis zu welchen äußersten Grenzen diese Bestrebungen in Einzelfällen gediehen sind und in welchem Maß das allgemeine Urteil der Praxis diesem

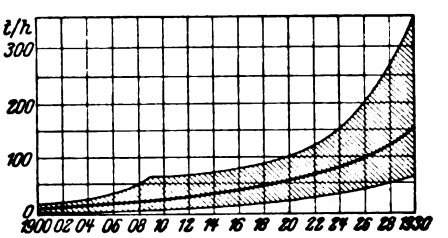


Abb. 24. Steigerung der Verdampfleistung des Einzelkessels. Vgl. die Bemerkung zu Abb. 21.

Fortschritt gefolgt ist. Mit der Steigerung der Anfangstemperaturen des Dampfes und der Größen der Kessel besserte sich der Wirkungsgrad der Kesselanlagen im Mittel von 70... 78 % auf 84 ... 89 %. Schon dies allein bedeutet eine Ersparnis von 13 % im Kohlenverbrauch. Weitere Ersparnisse, die je nach Umständen 5 ... 11 % des Kohlenverbrauches erreichen, hat man durch Vorwärmen des Speisewassers mit Hilfe von Anzapfdampf bis auf nahezu die Temperatur des Kesselinhalts erzielt. Demgegenüber erscheint die Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades um 4 ... 5 %, die man durch Erhöhung der Anfangstemperatur des Dampfes von 315 auf 385 ° erreicht hat, verhältnismäßig gering.

Alle diese Hinweise berechtigen zu dem Schluß, daß die wärmewirtschaftliche Verbesserung einer vorhandenen Anlage gegebenenfalls auch durch andere Mittel als durch die heute im Mittelpunkt des Interesses stehende Drucksteigerung erreicht werden kann. Allerdings bietet die Drucksteigerung auch neben der besseren Wärmeausnutzung die Aussicht, auf dem verfügbaren Raum wesentlich höhere Leistungen erzeugen zu können. Wo also der Raum des Kesselhauses oder der Maschinenhalle beschränkt ist, kann die Drucksteigerung bei einen Teil der Anlage das beste Mittel sein, um eine erwünschte Mehrleistung eines gegebenen Werkes zu erzielen. Diesen Weg hat man auch in der Mehrzahl der Fälle beschritten; denn er bietet die Möglichkeit, die vorhandenen Kessel und Maschinen weiter zu verwenden und durch

Digitized by Google

Vorschalten einer Hochdruckstufe vor die vorhandene Anlage gleichzeitig Gewinne an Leistung und Ersparnis an Kohlen zu erreichen.

Einige Winke, wie man auch ohne wesentliche Umbauten der vorhandenen Einrichtungen Fortschritte in bezug auf die Wärmewirtschaftlichkeit erreichen kann, scheinen noch beachtenswert. Bei den vorhandenen Kesseln kann man mitunter die Verdampfleistung erheblich steigern, indem man die Leistungsfähigkeit der Feuerungen erhöht, Rauchgas- und andere Vorwärmer für Speisewasser verwendet oder die Führung der Rauchgase durch das Kesselmauerwerk verbessert. Mit der Steigerung der Dampfleistung verbessert sich zumeist auch der thermische Wirkungsgrad der Kesselanlagen. Es ist nichts Außergewöhnliches, wenn man durch Umbau der Feuerungen, namentlich durch Verwendung von Brennkammern mit Wasserkühlung, in gegebenen Kesseln das Doppelte der früheren Wassermenge verdampft.

Die Wirtschaftlichkeit einer gegebenen Dampfturbinenanlage steigt mit Erhöhung der Anfangstemperatur des Dampfes. Das bedingt allerdings Vergrößerung oder wenigstens andere Anordnung der Überhitzer im Kesselmauerwerk. Ein verhältnismäßig billiger Umbau dieser Art besteht darin, daß man vor die vorhandenen Überhitzer im ersten Rauchgaszug Strahlungsüberhitzer schaltet, die unmittelbar in der Brennkammer angeordnet werden. Richtige Bemessung der Dampfquerschnitte ist dabei sehr wichtig, insbesondere wenn auch die Dampfmenge erhöht wird. Ob man bei Steigerung der Anfangstemperatur des Dampfes die ganze Dampfturbine erneuern muß oder sich mit einem Umbau der ersten Druckstufen oder mit dem Vorschalten einer kleineren Dampfturbine für hohe Temperatur begnügen kann, muß von Fall zu Fall entschieden werden. Eine sehr beliebte Lösung besteht darin, zwei vorhandene Dampfturbinen so umzubauen, daß man sie als Niederdruckstufen mit einer neuen, mit hoher Anfangstemperatur, aber dem bisherigen Anfangsdruck arbeitenden Hochdruckturbine kuppeln kann. Man hat so die Möglichkeit, die neue Turbine für Anzapfbetrieb einzurichten, selbst wenn die vorhandenen Turbinen kein Abzapfen von Dampf ermöglichen sollten. (El. World Bd. 94, 1929, S. 13.) *H.*

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 25. März 1930, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Vortrag des Herrn Direktors Schiebeler über das Thema:
   „Neuerungen bei elektrischen Ausrüstungen von Hebezeugen und Transportmaschinen (mit Lichtbildern und einem kurzen Film)".

Inhaltsangabe:

Vom Gleichstrom zum Drehstrom. — Das Problem der Geschwindigkeitsteigerung bei wechselnd belasteten Triebwerken. — Der polumschaltbare Drehstrom-Asynchronmotor, der Doppel-Kranmotor mit Schleifring-Kurzschlußläufer für gleiche Leistung bei beiden Drehzahlen. — Der Drehstrom-Asynchronmotor mit Stromverdrängungsläufer. — Der Doppelnut-Aufzugmotor für eine Drehzahl und polumschaltbar. — Das Problem der Geschwindigkeitsverminderung. — Feinreglung durch Tippschaltung bei Krantriebwerken. — Feineinstellung bei Aufzügen. — Steuerung für Wippwerke von Drehkranen. — Das Problem des Gleichlaufs bei Zwei-Motoren-Antrieb. — Greifersteuerung. — Lokomotivhebekran. — Steuerung. — Brückenfahrsteuerung. — Das Problem der Massenbeschleunigung und Bremsung. — Die Steuerung von schnellfahrenden Katzen auf Verladebrücken. — Selbstanlasser-Schützensteuerung mit zeitabhängigen Wächtern. — Die Sicherung gegen Kippen von Drehkranen. — Die stetige Förderung von Schüttgütern durch Transportbänder. — Der gekapselte Drehstrom-Asynchronmotor mit Haubenkühlung. — Die Abraumförderbrücke und ihre elektrische Ausrüstung.

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste bitten wir vor der Sitzung bei der Geschäftstelle abzufordern.

Ohne Karten kein Zutritt.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein.
Der Vorsitzende:
Dr. Feyerabend.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Neu erschienene VDE-Vorschriften-Sonderdrucke.

Folgende VDE-Vorschriften-Sonderdrucke sind neu erschienen:

VDE 452 Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen (R.E.M./1930).

VDE 453 Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren (R.E.T./1930).

Die Sonderdrucke können vom VDE. Abt. Verlag, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, bezogen werden.

Neu erschienene DIN VDE-Normblätter.

Folgende DIN VDE-Normblätter sind neu erschienen:

DIN VDE 1010 Bl. 1 u. 2 Fernmeldeanlagen. Kontaktfedersätze mit 2 Schrauben in kleinem Abstand; Konstruktionsblatt.
DIN VDE 1011 Bl. 1 u. 2 Fernmeldeanlagen. Kontaktfedersätze mit 2 Schrauben in großem Abstand; Konstruktionsblatt.
DIN VDE 1012 Bl. 1 u. 2 Fernmeldeanlagen Kontaktfedersätze mit 3 Schrauben; Konstruktionsblatt.
DIN VDE 1070 Fernmeldeanlagen. Rändelmuttern. Metrisches Gewinde.
DIN VDE 1802 Blitzableiter. Schornstein-Schutzstange.
DIN VDE 1803 Blitzableiter. Erdeinführungen.
DIN VDE 1804 Blitzableiter. Auffangstangen.
DIN VDE 1805 Blitzableiter. Befestigungsanker für Auffangstangen Form C nach DIN VDE 1801.
DIN VDE 1806 Blitzableiter. Auffangstange mit Lasche.
DIN VDE 1807 Blitzableiter. Abdichtungsblech.
DIN VDE 1808 Blitzableiter. Dachdurchführung.
DIN VDE 1815 Blitzableiter. Rohrerder.
DIN VDE 1816 Blitzableiter. Erdplatte.
DIN VDE 1818 Blitzableiter. Schelle für Anschluß an Rohrleitungen.
DIN VDE 1819 Blitzableiter. Regenrohrschelle.
DIN VDE 4902 Heißwasserspeicher. Wandspeicher.
DIN VDE 6210 Kabelschuhe, gestanzt. Rohlinge.
DIN VDE 6211 Bl. 1 Kabelschuhe, gestanzt, mit Loch. Hülse geschlossen.
DIN VDE 6211 Bl. 2 Kabelschuhe, gestanzt, mit Loch. Hülse geschlossen. Auswahlreihe für Installationszwecke.
DIN VDE 6212 Kabelschuhe, gestanzt, mit Loch. Hülse offen.
DIN VDE 6213 Kabelschuhe, gestanzt, mit Schlitz. Hülse geschlossen.
DIN VDE 6214 Kabelschuhe, gestanzt, mit Schlitz, offen.
DIN VDE 6215 Lötösen, gestanzt, mit Loch.
DIN VDE 6216 Lötösen, gestanzt, mit Schlitz.
DIN VDE 8002 Stützenisolatoren Reihe HD für Starkstrom-Freileitungen. Betriebspannungen 0.5 bis 35 kV.

Digitized by Google

DIN VDE 8003 Stützenisolatoren Reihe HW für Starkstrom-Freileitungen. Betriebspannungen 0,5 bis 35 kV.

DIN VDE 8004 Stützenisolatoren Reihe VHD verstärkt für Starkstrom-Freileitungen. Betriebspannungen 0,5 bis 35 kV.

DIN VDE 8005 Stützenisolatoren Reihe VHW verstärkt für Starkstrom-Freileitungen. Betriebspannungen 0,5 bis 35 kV.

DIN VDE 8007 Kappenisolatoren Reihe K für Starkstrom-Freileitungen.

DIN VDE 8008 Vollkernisolatoren Reihe MK für Starkstrom-Freileitungen.

DIN VDE 8040 Isolatorstützen, gerade, für Stützisolatoren Reihe HD nach DIN VDE 8002.

DIN VDE 8041 Isolatorstützen, gebogen, für Stützenisolatoren Reihe HD nach DIN VDE 8002.

DIN VDE 8042 Isolatorstützen, gerade, für Stützenisolatoren Reihe HW nach DIN VDE 8003.

DIN VDE 8043 Isolatorstützen, gebogen, für Stützenisolatoren Reihe HW nach DIN VDE 8003.

DIN VDE 8044 Isolatorstützen, gerade und gerade verstärkt, für Stützenisolatoren der Reihen VHD und VHW nach DIN VDE 8004 und 8005.

DIN VDE 8045 Isolatorstützen, gebogen, für Stützenisolatoren der Reihen VHD und VHW nach DIN VDE 8004 und 8005.

Alle Anfragen bezüglich Lieferung und Versand der Normblätter sind an die Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Str. 97, zu richten, bezüglich VDE-Sonderdrucke, wie oben mitgeteilt, an den VDE.

Verband der Deutschen Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Düsseldorf. — 25. III. 1930, abds. 8h, gr. Börsensaal, Wilhelm-Marx-Haus, Hindenburgwall: Vortrag Dr. Schien, „Der Preßluftschalter".

Elektrotechn. Verein des Berg. Landes zu Elberfeld. 25. III. 1930, abds. 8 h, Saal der Technik, Wuppertal-Elberfeld, Alexanderstr. 18: Vortrag Dr.-Ing. Nowag, „Die Beeinflussung von Fernsprechanlagen durch Gleichrichterbahnen".

Oberschles. Elektrotechn. Verein, Gleiwitz. — 26. III. 1930, nachm. 5h, gr. Saal des Promenaden-Restaurants, Beuthen, Hindenburgstr. 16: Vortrag Dr. Probst, „El. Schaltanlagen".

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. — 25. III. 1930, abds. 8h, Hörsaal 151 der T. H.: Filmvortrag Dipl.-Ing. Jacoby, „Der Bau der bayerischen Zugspitzbahn".

Elektrotechn. Verein zu Stettin. 21. III. 1930, abds. 8¼ h, Konzerthaus: Vortrag Gen.-Dir. Mayer, „Die Elektrizitätsversorgung Deutschlands".

Lichttechn. Gesellschaft Karlsruhe. — 25. III. 1930, abds. 8h, gr. Hörsaal d. Chem.-Techn. Inst. d. T. H.: Lichtbildervortr. F. Held, „Die Photographie im Dienste d. Archivs".

Deutsche Gesellschaft für techn. Physik und Deutsche Gesellschaft für Metallkunde, Berlin. — 28. III. 1930, abds. 7½h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. d. T. H.: a) Vortrag Dr. O. Eisenhut, „Das System Eisen-Stickstoff nach röntgenogr. Untersuchungen". b) Vortrag Dr. Lehrer, „Das System Eisen-Stickstoff nach magnet. Untersuchungen".

PERSÖNLICHES.

Hochschulnachrichten. — Der Chefelektriker der AEG-Transformatorenfabrik, Dir. Dr.-Ing. E. h. J. Biermanns, wurde zum Honorarprofessor für das Gebiet Hochspannungstechnik in der Fakultät für Maschinenwesen der T. H. Berlin ernannt. — Der Leiter des Röhrenlaboratoriums der Osram G. m. b. H., Berlin, Prof. Dr. A. technik an der T. H. Dresden als Nachfolger des Geh. Hofrats Prof. Dr.-Ing. E. h. H. Görges ernannt.

LITERATUR.

Besprechungen.

VDE Fachberichte der XXXIV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Aachen 1929. Mit zahlr. Abb. u. 121 S. in 2°. Preis geh. 9 RM, geb. 10 RM, f. Mitgl. geh. 5 RM, geb. 6 RM.

Die stattliche Zahl von 44 Fachvorträgen auf der diesjährigen Tagung des VDE in Aachen beweist wiederum, wie nützlich es war, die Tagungen durch Einzelberichte auszugestalten, um damit die reiche Forschungs- und Fortschrittsarbeit auf allen Gebieten der Elektrotechnik zur Darstellung gelangen zu lassen. Nach einem einleitenden Bericht über das neue Elektrotechnische Institut der Technischen Hochschule Aachen werden in einer Reihe von Gruppen (Elektrische Kraftwerke — Elektrische Kraftübertragung — Elektrische Industrieanlagen und Installationstechnik — Maschinen und Transformatoren — Fernmeldetechnik — Elektrophysik) die Tagesprobleme und Neuerungen behandelt: 200 kV-Ölschalter und Hochleistungsicherungen, Überstrom- und sonstige Schutzeinrichtungen, Stabilitätsfragen, Selbststeuerung und Fernsteuerung — Spannungsregelung, Lichtbogen an Isolatorenketten und Schutzvorrichtungen, Porzellankondensatoren für leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonie — Zeitlupenstudien an Schaltgeräten, neues Sicherungssystem. Gleichrichter für Elektrolyse — Fragen aus dem Elektromaschinenbau, Kurzschlußströme, Selbsterregung, Kurzschlußmotoren nach Richter — Erdungsdrosseln, Wellenausbreitung, Rückkopplungsperren, Regelung von Schwunderscheinungen — magnetische Materialien in schwachen Feldern, Glimmen in Dielektriken, Durchschlag und Funkenbilder seien als Beispiele aus dem reichen Inhalt hier angeführt. Binder.

Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten unter besond. Berücks. d. Fortleitungskosten. Von Dr.-Ing. E. Krohne. Mit 27 Textabb., IX u. 66 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis kart. 6 RM.

Im ersten Teil des Buches werden der Begriff der Spitzenkraft und die Hauptbedingung für ihre wirtschaftliche Erzeugung klargelegt; die an sich qualitativ bekannten Überlegungen definieren in mustergültiger Klarheit das Spitzenkraftproblem als nach unten begrenzt durch die durch die zulässige Überlastungszeit der Betriebsmittel bedingte „untere" Zeitgrenze, nach oben durch eine „obere" Zeitgrenze, die sich ergibt als die Benutzungsdauer, unterhalb der den leistungsabhängigen Kosten überragende Bedeutung bei der Preisbildung für die Kilowattstunde zukommt.

Bei den Untersuchungen über die wirtschaftliche Spitzenkrafterzeugung selbst, deren Hauptaufgabe daher Verringerung der leistungsabhängigen Kosten sein muß, wird zwischen Spitzenkrafterzeugung am Verbrauchsort (Ortsspitzenkrafterzeugung) und fern von diesem (Fernspitzenkrafterzeugung), bei beiden außerdem zwischen Dauer- und Speicherkraftquellen unterschieden. In dem die Ortsspitzenkrafterzeugung behandelnden 2. Teil wird bei den Dauerkraftquellen aus der sich aus den Preiskennlinien ergebenden Grenzbenutzungsdauer zusammen mit der Jahresleistungsdauerlinie die Ausbauleistung zwischen Grund- und Spitzenkraftquelle bestimmt. Die Untersuchungen über die Speicherkraftquellen gestaltet der Verfasser besonders wertvoll, indem er als Maßstab einer Speicherkraftquelle gegenüber anderen Speicher- und Dauerkraftquellen den Begriff der Vollastentladedauer einführt und bei den „leistungsabhängigen Kosten" zwischen von der Vollastentladedauer abhängigen und von dieser Größe unabhängigen Kosten unterscheidet. Demzufolge wird jede Speicherkraftquelle gekennzeichnet durch eine Preiskennlinienschar, aus der sich dann für jedes Verbrauchsgebiet mittels Tagesleistungsdauerlinie (Ermittlung der Vollastentladedauer) und Jahresleistungsdauerlinie (Ermittlung der jährlichen Benutzungsdauer) die resultierende Preiskennlinie ermitteln läßt. Speicher- wie auch Dauerkraftquellen dürfen aus wirtschaftlichen Gründen nur „horizontal", d. h. nur in gleicher Leistungszone eingesetzt werden; der „schräge" Einsatz kommt nur dann in Frage, wenn trotz der großen arbeitsabhängigen Kosten je Kilowattstunde bei den Spitzenkraftquellen wirksam an Anheiz- und Leerlaufsverlusten der Grundkraftquellen gespart werden kann. Es hätte der Gründlichkeit der Untersuchung entsprochen, wenn der Verfasser in Ergänzung seiner mustergültigen Zahlenbeispiele auch über diese „Einsatzschräge" der Spitzenkraftquellen — z. B. unter Verwendung des bekannten Mittelwertes für Leerlaufsverbrauch von Kraftwerkskesseln: 1 h Leerlauf = rd. 0,094 h Vollast-Brennstoffverbrauch[1] — zahlenmäßige Beziehungen dargelegt hätte. Der 3. Teil

[1] Vergl. Stender, Arch. Wärmewirtsch. 1925, H. 2.

Digitized by Google

ist der Fernspitzenkrafterzeugung gewidmet. Nach allgemein gültiger Ermittlung der spezifischen Fortleitungskosten für eine Kilowattstunde werden für die Fortleitungsanlagen eines Großstadtnetzes Preiskennlinienschaaren aufgestellt, bei welchen den verschiedenen Strompreisen beim Eintritt der Energie in den betreffenden Netzteil je eine Preiskennlinie zugeordnet ist. Aus Summenpreiskennlinien der verschiedenen Stromquellen und der dazugehörigen Fortleitungsanlagen werden sodann die Gestehungskosten der elektrischen Arbeit frei Verbrauchersammelschiene, daraus Einsatzzeiten, Fahrlinie und unter Verwendung der Jahresleistungsdauerlinie die Leistungszonen für die verschiedenen Kraftquellen ermittelt. Aus der überragenden Bedeutung der Fortleitungskosten für die Spitzenkraft wird gefolgert, daß die Erzeugung der Spitzenkraft im Gegensatz zur Grundkraftzerzeugung so nahe wie möglich am Verbrauchsort zu erfolgen hat. Auf den sich aus der Dezentralisierung der Spitzenkrafterzeugung, d. h. die dadurch bedingte Erhöhung der spezifischen Anlagekosten der einzelnen Spitzenkraftquellen ergebenden wirtschaftlichen Angriffspunkt der verschiedenen Spitzenkraftquellen im Netz wird hingewiesen. Bei Ermittlung des arbeitsabhängigen Anteiles der spezifischen Fortleitungskosten hätte es bei der Formel (38) einer gewissen Begründung, zum mindesten aber eines *Aufschlusses* über die Fehlermöglichkeiten bei der gewählten Näherung bedurft. Im 4. Teil, der Orts- und Fernspitzenkrafterzeugung miteinander vergleicht, wird an *Hand* eines Zahlenbeispieles, aufgebaut auf die Bewag-Belastungsverhältnisse des Jahres 1926, die überragende wirtschaftliche Bedeutung der gewonnenen Erkenntnisse *dargelegt*.

Das auf S. 2 gebrachte Beispiel eines Beweises für die Unwirksamkeit der Tarifmaßnahmen auf die Verbesserung *der* Belastungskurven ist ohne weiteres verständlich nur für den, dem die Tarife der Bewag in ihren Einzelheiten bekannt sind, da die Verwendung eines Grundgebühren*tarifes* schlechthin (Berechnung der tatsächlich aufgetretenen Höchstbelastung) zum mindesten teilweise abSenkend auf die Spitzenbelastung wirken dürfte. Das *Fehlen* des Ruthsspeichers in den Beispielen der Speicherkraftquellen zur Spitzenkrafterzeugung beeinträchtigt die Vollständigkeit der Untersuchung in keiner Weise, da sich auf diese Speicherkraftquelle die gefundenen Ergebnisse sinngemäß anwenden lassen.

Die hervorragend klar und überzeugend geschriebene Arbeit, deren Ergebnis der Verfasser in acht Erkenntnissen zusammenfaßt, ist ein Muster für die wirtschaftliche Planung im Bau und Betrieb großer Elektrizitätswerke. Die drucktechnische Ausführung, insbesondere der zahlreichen Tabellen und Kurven, entspricht der beim Verlag Springer gewohnten Güte. Hermann Schulze.

Hebezeuge. Von Prof. Dr.-Ing. F. Bülz. 2. erw. Aufl. Mit 259 Abb. i. Text u. auf 2 Taf., VIII u. 232 S. in 8°. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1929. Preis geh. 7,50 RM, geb. 9 RM.

Das in erster Linie für rechnerische Unterweisung von Studierenden bestimmte Buch behandelt das Gebiet der Hebezeuge (ohne die Aufzüge) in der stereotypen *Reihenfolge*: Elemente — Winden — Krane (einschließlich einiger Sonderkrane) — Elektrische Ausrüstung. Die konstruktive Seite wird nur gelegentlich gestreift. Eine *besondere* Berücksichtigung haben in der neuen Auflage die endgültigen Dinormen und die elektrische Gleichstromausrüstung gefunden. Die von perspektivischen *Bildern* abgeleitete Erläuterung von Teilgebilden, wie sie in Abb. 142 und 143 durchgeführt ist, erscheint mir für ein Lehrbuch besonders geeignet. Es wäre m. E. zweck*dienlich*, ein solches deduktives Verfahren für die Gesamtdisposition an Stelle des bisher üblichen aufbauenden treten zu lassen. Der Wert des an sich durchaus brauchbaren Bülzschen Buches wird leider beeinträchtigt durch eine oft unvollkommene Interpunktion, wodurch der Sinn *der Sätze* schwer-, wenn nicht sogar mißverständlich wird. Auch die Figuren erscheinen teilweise so verschmiert, daß wesentliche Teile nicht erkennbar sind — ein Mangel, *der gerade* bei einem Lehrbuch natürlich besonders bedenklich und bedauerlich ist. Übrigens ist der Wilhelmshavener 250 t-Schwimmkran schon seit Jahren nicht mehr der größte der Welt: er ist durch eine englische Ausführung von 350 t für Japan und eine deutsche von 400 t für Italien bereits erheblich übertroffen worden..

Michenfelder.

Hochdruckdampf II. Sonderheft der VDI-Zeitschrift. Mit 433 Abb. im Text, 3 Taf. u. 169 S. in 4°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis geh. 6 RM.

Seit Hartmann auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure in Kassel 1921 über die Versuche der Schmidtschen Heißdampfgesellschaft berichtete, ist eine umfangreiche Literatur über die Theorie und Anwendung hochgespannten Dampfes entstanden. Als im Januar 1924 dann auf der Hochdrucktagung in Berlin in einer ganzen Reihe von Vorträgen dieses Gebiet nach dem damaligen Stande der Forschung erschöpfend behandelt wurde, entschloß sich der VDI-Verlag, diese Vorträge, ergänzt durch einige Aufsätze in der Zeitschrift des VDI, gesammelt als Sonderheft herauszugeben, das damals viel Anklang gefunden hat. Die Entwicklung ist aber seither nicht stehen geblieben, eine ganze Reihe von Werken sind im Deutschen Reiche wie im Ausland entstanden, die den Hochdruckdampf in der Praxis anwenden. So hat sich der Verlag entschlossen, die seit Herausgabe des erwähnten Sonderheftes in der VDI-Zeitschrift erschienenen Aufsätze wieder gesammelt als das vorliegende Sonderheft erscheinen zu lassen.

Wer sich mit dem Fachgebiet zu befassen hat, wird es als Erleichterung empfinden, wenn er nach diesen Beiträgen nicht lange zu suchen braucht, sondern sie in einem Bande gesammelt stets zur Hand hat. Sind auch manche Beiträge enthalten, die streng genommen nicht mehr zum Thema gehören (z. B. der Aufsatz von Stodola: Leistungsversuche an einer 11 000 kW-Zoelly-Dampfturbine; diese Maschine arbeitete mit 14 atü Betriebsdruck), so sind doch die an sich bekannten Aufsätze zum größten Teil von großem Wert. Das Heft enthält Beiträge von Eberle, Neßler, Löffler, Josse, Noack, Bauer, Abendroth, Stodola, Münzinger, Kraft, Gleichmann, Wellmann, Wagner, Knoblauch und Koch, Nordmann und Hartmann.

Die Herausgabe dieser Sonderhefte stellt vielleicht einen Weg dar, der zur Vereinfachung und Rationalisierung, wenn dieses verbrauchte Schlagwort hier am Platze ist, im technischen Schrifttum führen kann. Dem VDI-Verlag ist Erfolg in dieser Richtung zu wünschen.

Wilh. Schultes.

Aluminium-Kokillenguß. Von Dipl.-Ing. H. Obermüller, herausg. v. d. Dt. Ges. f. Metallkunde m. Unterstützung d. Reichskuratoriums f. Wirtschaftlichkeit. Mit 40 Abb. u. 16 Zahlentaf., IV u. 84 S. in 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis kart. 4 RM, f. VDI-Mitgl. 3,60 RM.

Das vorliegende Buch behandelt in der Hauptsache den Kokillenguß im Gegensatz zum Spritzguß; während beim Kokillenguß das Metall nur unter der Einwirkung der Schwerkraft in die Formen gelangt, wird es beim Spritzguß unter erheblichem Druck in die Form gepreßt. Nach Beschreibung der Zusammensetzung, der physikalischen und technologischen Eigenschaften der Aluminiumlegierungen werden vom Verfasser die Kokillen oder Dauerformen näher beschrieben. Für die Gestaltung derselben sind viele Gesichtspunkte, wie der Anschnitt und Einguß, die Entlüftung, Ableitung der Wärme, Anbringung der Kerne, Verschluß der Kokille usw., maßgebend. Alle diese Fragen werden in dem Buch ausführlich behandelt. Von besonderer Wichtigkeit ist das Gießverfahren selbst, das von den Bedingungen hinsichtlich des Metalles und der Formen abhängt, denen die nächsten Absätze gewidmet sind. Hieran schließen sich die Gußprüfung, die Prüfungsarten und schließlich die Fabrikationsausrüstung an. Den Schluß bilden kurze Angaben über die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens sowie ein Verzeichnis von Anwendungsbeispielen für Aluminium-Kokillenguß.

Somit gibt das Buch eine umfassende Darstellung des Aluminium-Kokillengusses und behandelt alle einschlägigen Fragen, so daß es allen, die Interesse an dieser Gußart haben, empfohlen werden kann.

Illies.

VDE-Vorschriftenbuch 17. Aufl. 1930

erschienen. Zu beziehen durch Verlag des VDE, Berlin W57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Rohstoffpreise im Jahr 1929. — Anfangs 1929 machte sich erstmalig ein stärkeres Sinken des bis dahin sehr stetigen Rohstoffpreisniveaus bemerkbar. Obwohl die Konjunktur bereits seit vielen Monaten rückläufig war, hatte doch der strenge Winter das Preisniveau besonders durch Verteuerungen des Grundstoffes Kohle und durch erhöhte Frachtspesen hochgehalten. Im 3. Vierteljahr 1929 trat erneut eine fühlbare Abschwächung des gesamten Rohstoffpreisniveaus ein. Von dieser Zeit ab beobachtet man fast durchweg Absatzschwierigkeiten, unter denen besonders Eisen, NE-Metalle, Textilien und neuerdings auch Kohle zu leiden haben.

Die Entwicklung der Preise für die einzelnen Rohstoffgruppen verlief jedoch bei weitem nicht einheitlich, wie Abb. 1[1] zeigt. In dieser ist, ausgehend von dem Stand im Januar 1929, die Entwicklung folgender Rohstoffgruppen aufgezeichnet:

1. Deutsche Großhandelsgesamtindexziffer für industrielle Rohstoffe und Halbwaren.
2. Indexziffer von 10 reagiblen (d. h. konjunkturempfindlichen) Rohstoffpreisen (Gußbruch, Schrott, Messingblechabfälle, Blei, Mittelbleche, Wolle, Hanf, Flachs, Ochshäute und Kalbsfelle).
3. Indexziffer der in der Preisgestaltung freien industriellen Rohstoffe (englische Kohle, ausländisches Eisenerz, Schrott, Feinbleche, Blei, Baumwolle, Jute, Häute, Öle, Kautschuk usw.).
4. Indexziffer der verbandlich geregelten Preise für industrielle Rohstoffe (inländische Kohle, Roheisen, Stabeisen, Grobbleche, Kupfer- und Messingbleche, Aluminium, Kunstseide, Zellstoff, Zeitungsdruckpapier, Zement usw.).
5. Indexziffer der Großhandelspreise für Produktionsmittel-Rohstoffe (besonders Eisen und sonstige Metalle).
6. Indexziffer der Großhandelspreise für Konsumgüter-Rohstoffe (besonders Holz und Textilien).

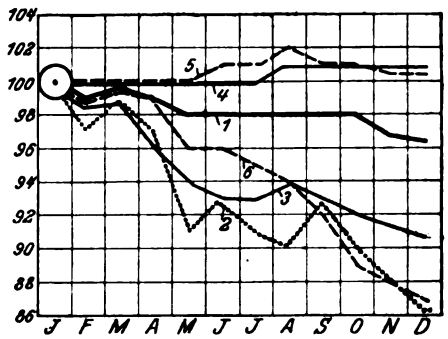


Abb. 1. Deutsche Rohstoffpreisindices 1929 (Januar = 100).

Der Verlauf dieser Indizes zeigt, daß sich seit Anfang 1929 einerseits die Kurven der freien, der reagiblen und der Konsumgüter-Rohstoffe fast parallel bewegen, anderseits die Linien der Produktionsmittel- und der geregelten Rohstoffe ebenfalls fast gleichgerichtet sind. Der Grund ist hauptsächlich in der Tatsache zu suchen, daß es sich in beiden Fällen um ziemlich gleichartige Warengruppen handelt. Die Kurven für Konsumgüter sowie für freie Rohstoffpreise und die für Produktionsmittel- sowie für geregelte Rohstoffpreise zeigen eine fast diametrale Entwicklung, indem diese leicht erhöht liegen, während jene stark gesunken sind. Hatte der Index für reagible Rohstoffe zu Beginn der Entwicklung weit über den Durchschnitt hinaus nach oben ausgeschlagen, so tendiert er z. Z. am kräftigsten nach unten und lag im Dezember fast auf dem Niveau der Krise von 1926.

Dr. H. Barth.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Für den November 1929 ergibt sich eine Abnahme der Einfuhr gegen den Vormonat (1 007 423 £) um 109 751 £, gegenüber dem Parallelmonat von 1928 aber eine Steigerung um 237 889 £ (36 %). Die Ausfuhr weist im Vergleich mit dem Oktober (1 925 580 £) einen Rückgang um 98 532 £, gegen den November 1928 aber eine Erhöhung um 177 451 £ (11 %) auf. Der Dezember 1929 hat die Einfuhr gegen den Vormonat um 13 871 £ und, verglichen mit dem Dezember des Vorjahres um 293 678 £ (47,5 %) erhöht. Für die Ausfuhr brachte er eine Verringerung um 115 168 £ (6%) und eine Steigerung um 276 442 £ (19 %). Im ganzen Jahr 1929 ist gegenüber dem Vorjahr die Einfuhr um 1 957 862 £ (30 %) und die Ausfuhr um 1 213 311 £ (6,6 %) gewachsen. Wie sich die Werte auf die einzelnen Gruppen des Außenhandels verteilen, ersieht man aus folgender Übersicht, derzufolge, verglichen mit 1928, lediglich der Import von Schwachstromleitungen sowie von Bogenlampenteilen zurückgegangen, die Einfuhr von Maschinen, Telegraphen- und Fernsprechapparaten sowie Meßinstrumenten indessen stark gewachsen ist. Auf der Exportseite betraf die Zunahme besonders Leitungsmaterial ohne Unterseekabel, Schwachstrominstrumente, Glühlampen und nicht näher bezeichnete Waren, während die Ausfuhr von Maschinen, Unterseekabeln, elektrotechnischen Kohlen, Batterien und Akkumulatoren sowie Schalttafeln sich merklich verringert hat. Der Überschuß des Exports betrug 11 134 777 £, d. s. 744 551 £ weniger als 1928 (11 879 328 £).

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1929	1928	1929	1928
	November			
Maschinen	161 190	135 988	574 115	652 240
Waren u. Apparate .	736 482	523 795	1 252 933	997 357
	897 672	659 783	1 827 048	1 649 597
	Januar/November			
Maschinen	1 702 475	1 573 049	5 819 499	6 191 710
Waren u. Apparate .	5 785 911	4 243 843	12 003 327	10 706 475
	7 488 386	5 816 892	17 822 826	16 898 185
	Dezember			
Maschinen	191 455	150 373	537 917	512 774
Waren u. Apparate .	720 088	467 492	1 173 963	922 664
	911 543	617 865	1 711 880	1 435 438
	Januar/Dezember			
Maschinen	1 893 930	1 731 430	6 357 416	6 692 260
Waren u. Apparate .	6 505 999	4 710 637	13 177 290	11 629 135
	8 399 929	6 442 067	19 534 706	18 321 395

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1929	1928	1929	1928
Elektrische Maschinen und Motoren . . .	1 893 930	1 731 430	6 357 416	6 692 260
Kabel (auch für Untersee) und Drähte .	957 383	872 806	4 955 892	4 353 733
Telegraphen- und Fernsprechinstrumente (ohne Funkröhren)	1 628 641	726 856	2 842 424	2 623 620
Elektrotechnische Kohlen	151 081	128 339	11 378	13 726
Glühlampen und Teile solcher	495 423	424 877	662 530	532 582
Bogenlampen, Scheinwerfer und Teile solcher ohne Brennstifte	23 217	37 234	25 398	21 041
Akkumulatoren, Batterien und Teile solcher	862 249	742 835	1 004 627	1 091 015
Meßinstrumente, Zähler usw.	508 398	279 866	386 596	378 351
Schalttafeln (nicht für Schwachstrom) . .	2 214	1 742	64 100	72 857
Sonstige Waren und Apparate	1 877 393	1 496 082	3 224 345	2 542 210
Summe . .	8 399 929	6 442 067	19 534 706	18 321 395

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Branchenregister.

Dem Messeheft der ETZ (Heft 9 vom 27. Februar) war ein aus seinen Anzeigen zusammengestelltes Branchenregister beigefügt, das eine Übersicht über das Fabrikationsprogramm der elektrotechnischen Industrie und ihrer Zulieferanten bietet; dieses kann von der Anzeigenabteilung der ETZ, Berlin W 9, bezogen werden.

Abschluß des Heftes: 15. März 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

[1] Den AEG-Marktnachrichten vom 1. I. 1930, S. 1, entnommen.

[2] The Electrician Bd. 103, 1929, S. 768; Bd. 104, 1930, S. 71. Vgl. ETZ 1929, S. 1868.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrischer Kammerofen mit in den Herd eingebauten Drehtellern.

Mitteilung der AEG.

Die AEG hat in einer ihrer Fabriken einen neuen Ofen zur Zementation der Zahnflanken von größeren Getrieberädern in Betrieb genommen.

Der Ofen, dessen Glühraum Abb. 1 zeigt, ist ein Kammerofen, in dessen Herdsohle vier Drehteller von je 700 mm Durchmesser eingebaut sind. In den vier hintereinander liegenden Drehtellern sind zwei Aussparungen vorgesehen, die in der Beladungsstellung von der Beschickungstür aus parallel zu den Seitenwänden verlaufen. Auf den Drehtellern läßt sich Gut von 500 mm größtem Durchmesser zum Glühen absetzen. Es ist jedoch auch möglich, den ersten und dritten Drehteller mit Gut von 900 mm größtem Durchmesser zu beschicken, wobei dann das auf dem zweiten und vierten Drehteller abgesetzte Material einen größten Durchmesser von 700 mm haben kann. In allen Fällen darf das Gut hierbei 750 mm hoch sein. Ein Elektromotor passender Leistung treibt über das unter dem Ofen liegende Getriebe die Drehteller an und versetzt sie zusammen mit dem auf sie gestellten Glühgut in vollkommen gleichmäßige Drehung. Die Lager der Drehtische sind zur Geringhaltung ihrer Temperatur wassergekühlt. Eine auf der weiter unten beschriebenen Schalttafel angeordnete Signallampe kennzeichnet die ordnungsgemäße Wirksamkeit der Wasserkühlung. Die Lampe erlischt in dem Augenblick, in dem der Fluß des Kühlwassers einmal unterbrochen sein sollte. Der Anschlußwert des Ofens beträgt 150 kW. Es läßt sich in ihm eine höchste Glühtemperatur von 950° erzielen. Der Ofen ist ausgelegt für Anschluß an Drehstrom von 220 V Spannung und 50 Per/s. Die obere Fläche der Drehtische und die Bodenheizkörper an der Beschickungstür sind mit Platten aus hitzebeständigem Spezialguß abgedeckt. Die Temperatur wird mit ± 8° von einem Temperaturregler automatisch konstant gehalten. Die Ofentür hat ein Hubwerk mit motorischem Antrieb; als Reserve ist außerdem Handbetätigung der Tür vorgesehen.

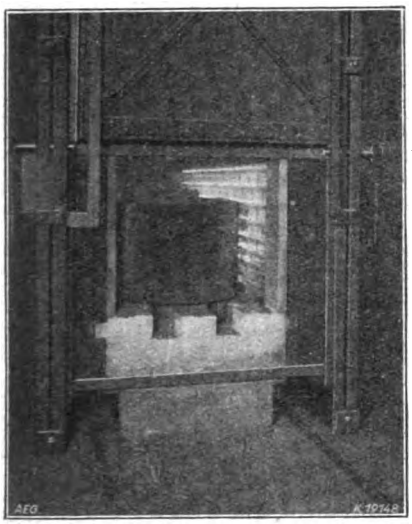


Abb. 1 Blick in den beschickten Glühraum.

Die Beheizung ist in der Hauptsache an der Decke und den Seitenwänden verteilt. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Temperatur, insbesondere zur Vermeidung eines Temperaturabfalles in der Nähe der Tür, ist an der Vorderseite des Ofens eine besondere Türschwellenbeheizung vorgesehen.

Die angegebene größte Abmessung der Glühtöpfe von 900 mm ist so gewählt, daß noch ein äußerst reichlicher Sicherheitsabstand gegen die Seitenbeheizung übrig bleibt. Ebenso ist die Höhe so bemessen, daß die Deckenheizkörper und das vorgesehene Thermoelement nicht beschädigt werden können. Besonderer Wert ist ferner auf eine sichere Abdeckung des Luftspaltes zwischen den Drehtellern und der Ofensohle gelegt, damit der vom Glühgut abspringende Zunder nicht durch diesen Spalt auf das Getriebe fällt und hier Anlaß zu Störungen gibt.

Eine in Abb. 2 dargestellte Chargiermaschine läuft auf Schienen vor dem Ofen und greift während der Beschickung und Entladung mit ihren Armen in die beiden vorgesehenen Bodenschlitze. Ihre größte Hublast beträgt 1100 kg. Das Fahrwerk der Beschickungseinrichtung wird von einem Elektromotor angetrieben, es kann aber auch von Hand betätigt werden. Die Schaltapparate für den Antriebsmotor befinden sich auf dem von einem Wärmeschutzschirm gegen die Ausstrahlung des Ofens gedeckten Führerstand des Chargierwagens. Hier befindet sich auch eine Signalvorrichtung, die einerseits anzeigt, ob sich die Chargierarme genau über einem Drehteller befinden, und anderseits die Höhenlage dieser Arme kennzeichnet. Hierdurch wird verhindert, daß das Glühgut zwischen zwei Tellern abgesetzt werden kann, und eine Beschädigung der Boden-Chamottesteine vermieden.

Das zum Temperaturregler gehörende Relais, der Netzschalter nebst Sicherungen sowie ein Sterndreieckschalter zur Herabsetzung des Anschlußwertes bei in Stern geschalteten Widerständen auf 50 kW und das weiter erforderliche Schaltgerät, ferner die Signallampe und die eben erwähnte Signalvorrichtung sind in einem Schaltschrank vereinigt. Die Schaltschütze sind jedoch getrennt von dem Schranke angeordnet, damit ihre Stöße nicht auf die Schaltgeräte, besonders nicht auf das empfindliche Relais wirken können.

Der Betrieb mit der Anlage geht folgendermaßen vor sich:

Zunächst werden die Zahnräder in zylindrischen Glühgefäßen in waagerechter Lage übereinander gestapelt. Der Raum zwischen dem äußeren Zahnradkranz und der inneren Zylinderwand wird mit einem kohlenstoffhaltigen Härtepulver gefüllt. Will man mit Hilfe der Chargiermaschine die so vorbereiteten Glühtöpfe aufsetzen, so schaltet man zunächst an der Schalttafel den Antrieb für die Drehtische ein. Sobald diese mit ihren Schlitzen eine geradlinig verlaufende Richtung bilden, erlischt an der Schalttafel eine Lampe. In diesem Augenblick stellt man den Drehtisch-Antrieb ab. Die Chargiermaschine setzt dann einen Glühtopf auf den am weitesten hinten liegenden Drehtisch und fährt zurück, um ein zweites Glühgefäß auf den vor dem bereits beschickten Drehtisch liegenden Teller abzusetzen. Nach Belegung aller vier Teller schließt man die Tür und schaltet die Heizung sowie den Antrieb für die Drehtische ein. Beim Herausnehmen des Glühgutes greift die Zubringe-Einrichtung, nachdem die Schlitze in den Drehtellern wieder in einer Richtung liegen, mit ihren Armen in den Bodenschlitzen zunächst unter den vordersten Topf und fährt mit diesem zurück, um ihn an einen hierfür bestimmten Platz abzusetzen.

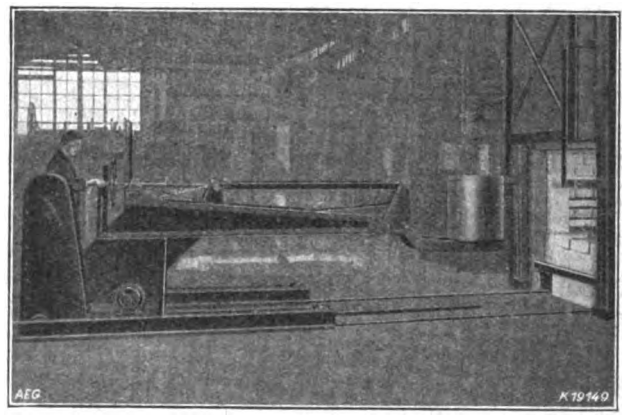


Abb. 2. Beschickung des Glühofens.

Danach greift sie den zweiten Topf und entladet so nach und nach den gesamten Ofen.

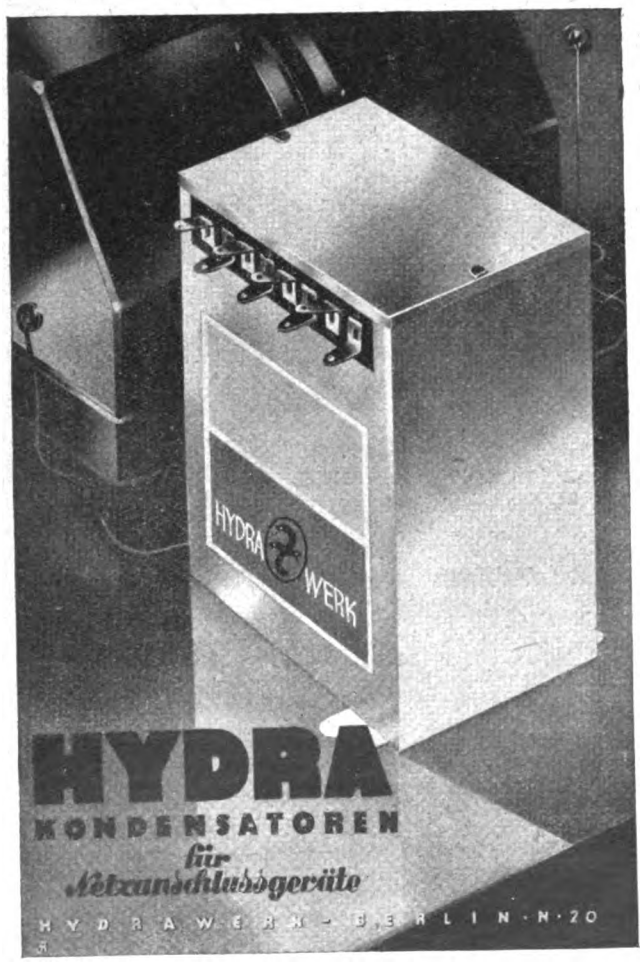
Die geschilderte, besondere Arbeitsweise bewirkt zusammen mit dem erwähnten Temperaturregler eine vollkommen gleichmäßige Durchwärmung des Glühgutes. So wird auf dem Kranz der eingesetzten Zahnräder eine an allen Stellen gleich tiefe Einsatzschicht erreicht. Der Ofen eignet sich ferner vor allem zum Glühen von runden Teilen, Draht- und Bandringen und größeren, rechteckigen Arbeitsstücken.

Digitized by Google

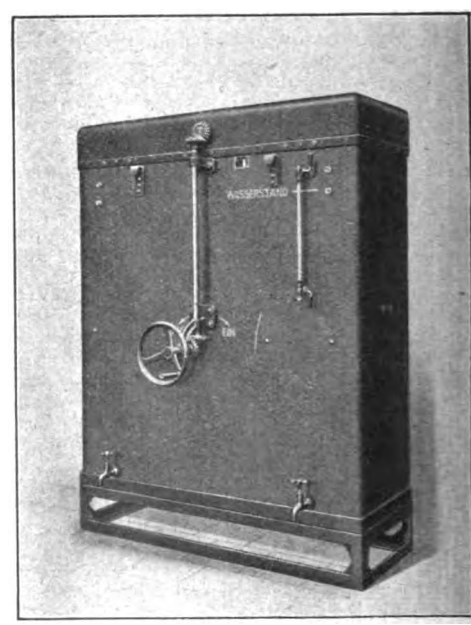
ADEBAHR

Das älteste Spezialwerk für:
SEIDENDRÄHTE
LACKDRÄHTE
BAUMWOLLDRÄHTE
LITZEN
SCHNÜRE
SPULEN

C. A. VOGEL
DRAHT- UND KABELWERKE A-G
BERLIN-ADLERSHOF
GEGR. 1858



Baugesellschaft
für elektrische Anlagen A.-G.
KÖLN Hohenzollernring 82
DÜSSELDORF Worringer Str. 62
ESSEN Rubensstraße 83



Flüssigkeitsanlasser
für Walzenstraßen usw.

Digitized by Google

APR 11 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Die elektromagnetische Schallaufzeichnung. Von C. Stille. 449

Kritische Bemerkung über den Garantiewert der Wicklungsverluste bei Großtransformatoren. Von E. Holzer. 451

Die Messung der Durchschlagfestigkeit von Isolierölen im Betrieb. Von F. Foerster. 452

Die Herstellung von Fernleitungs-Sternvierern auf kombinierten Spinn- und Seilmaschinen. Von H. Müller. 454

Der Plan eines Speicherkraftwerkes Egg bei Säckingen im badischen Schwarzwald. Von K. Köbler. 457

Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn. Von W. Reichel (Schluß). 461

Weltkraftkonferenz Berlin 1930. 466

Mitt. d. PTR. Nr. 278. 466

Rundschau:

Das Umspannwerk Jena des Thüringenwerks. 467 — Schutzmaßnahmen in Niederspannungsnetzen. 468 — Einfluß d. Oberflächenbeschaffenheit von Aluminium- u. Kupferseilen auf die Koronaverl. 468 — Zusammenbau v. Transform.- u. Trennschalter. 469 — Transformatorenberechn. mittels Nomogramms. 469 — Aufbau u. Bemess. magnet. Blasanordnungen. 469 — Betriebskontrolle v. Erdschlußrelais. 470 — El. Ringrohrübertrag. 470 — Bestimm. der Feuchtigk. v. Dampf durch Mess. d. el. Leitfähigk. 470 — Modell z. Demonstration u. z. Studium der Straßenbeleucht. 471 — El. Einkochen. 471 — El. geheizte Öfen f. d. Warmbehandl. v. Automobilteilen. 472 — Straßenbahnstromabnehmer u. Rundfunkstörung. 472 — Elektris. d. Alger. Bahnen. 473 — Neue Triebwagen der Straßenbahn Mailand—Gallarate. 473 — Fortschr. in Metallurgie u. Betr. des Hochfrequenzofens. 474 — Schienenstoßverbindung f. el. Grubenbahnen. 474 — Wirtschaftl. el. Kreiselpumpenantr. bei kleinem Regelbereich. 474 — El. angetr. Schleusenventil. 475 — Verhalt. kurzer Wellen in unmittelbarer Nähe des Senders. 475 — Wickelkondensatoren. 475 — Neue Bauweisen im Linienbau. 476 — Die erste selbsttät. Kesselregleranlage in Frankreich. 476 — Wirtschaftlichster Dampfdruck u. Leistungssteigerung. 477 — Sommervorträge des Hauses der Technik in Essen. 477 — 25jähr. Bestehen des EV Breslau. 478 — Kongr. der Eisenbahn-Elektrotechniker in Chicago. 478 — Energiewirtschaft. 478

Gewerbl. Rechtsschutz. 479

Vereinsnachrichten. 480 — **Bekanntmachung des VDE.** 480

Sitzungskalender. 481

Persönliches. G. Montanus, E. Flegler, F. Freytag, R. Bachrach. 481

Literatur: J. Frenkel, M. Walter, W. Kummer, G. Schanovski u. L. Strach, F. Sauerwald, O. Bruns u. K. Thiel. 481

Geschäftl. Mitteilungen. 483

Berichtigungen. 484

13. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9

(449-484) 27. MÄRZ 1930

VDE-Vorschriftenbuch 17. Auflage (1930) ist erschienen

Zu beziehen durch Verlag des »VDE«, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68

WESTON-

Hochfrequenz-Instrumente

Mod. 492
Weston-Hochfrequenz-Voltmeter
Empfindlichkeit 500 Ω/V

ferner Instrumente zur Messung geringer Wechselströme und -Spannungen

Spezial-Preisliste Nr. 2
ist soeben erschienen

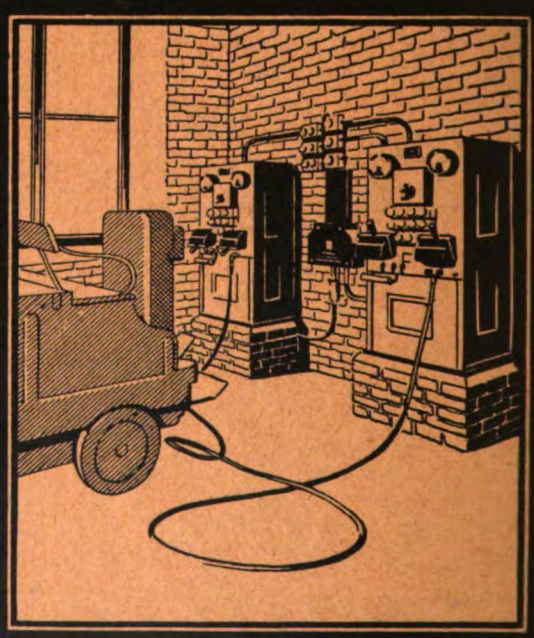
Generalvertrieb:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

db

Vollautomatische AFA Ladeeinrichtungen

dreiphasiger Anschluss an Drehstromnetze
Ladung von Akkumulatorenbatterien
für
Lastkarren, Schlepper u.a.

AFA



ACCUMULATOREN-FABRIK
AKTIENGESELLSCHAFT
BERLIN SW11

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 27. März 1930 | Heft 13

Die elektromagnetische Schallaufzeichnung.

Von Dr. Curt Stille, Berlin.

Übersicht. Der vorliegende Aufsatz handelt von der elektromagnetischen Aufzeichnung akustischer Zeichen auf Stahldraht oder Stahlband. Insbesondere werden die Anwendungsmöglichkeiten dieses Verfahrens auf dem Gebiete des Tonfilms besprochen. Außerdem wird ein nach diesem Verfahren hergestellter Apparat beschrieben, der als Diktiermaschine unter dem Namen „Dailygraph" in die Praxis eingeführt wurde.

Abgesehen vom Rundfunk hat in den letzten Zeiten wohl selten eine technische Errungenschaft so sehr die weitesten Kreise des Publikums interessiert wie der Tonfilm. Ein lebhafter Meinungsaustausch entstand über die künstlerische Berechtigung dieser neuen Kunstgattung und ist auch heute noch nicht beendet. Ein noch heftigerer Streit entbrannte bei uns hier in Deutschland über die gesetzlichen Schutzrechte der einzelnen Gruppen, die sich mit der technischen Entwicklung dieser Erfindung beschäftigen. Wenn auch unumwunden zugegeben werden muß, daß es das gute Recht eines Patentinhabers ist, diese Rechte, die ja das Resultat seiner vielleicht langjährigen Arbeiten wahren sollen, gegenüber Dritten mit allen Mitteln zu verteidigen, so läßt sich anderseits nicht verhehlen, daß diese Patentkämpfe für die allgemeine technische Entwicklung auch eine Gefahr bedeuten. Es hieße sich selbst betrügen, wenn man den auch heute noch bestehenden Vorsprung des Auslandes, zumal Amerikas, auf dem Gebiete des Tonfilms in technischer und auch in künstlerischer Beziehung nicht restlos anerkennen wollte. Dabei mögen die Gründe hierfür ganz gleichgültig sein; sei es in Amerika die größere Finanzkraft dieses Landes, sei es der zeitliche Vorsprung. Man muß sich mit der gegebenen Tatsache abfinden, einer Tatsache, die jeder objektive Kritiker zugeben muß, wenn er eine Reihe neuer amerikanischer Tonfilme gesehen hat. Es heißt also für uns hier arbeiten, vervollkommnen, alle zersplitterten Kräfte, die an diesem Werke schaffen, zu vereinigen und nicht dem einzelnen im eigenen Lande durch starres Bestehen auf eigenen Rechten hemmend im Wege stehen. Es müssen und werden sich Ausgleiche finden lassen, die allen berechtigten Ansprüchen der einzelnen Parteien gerecht werden. Das Endziel kann nur die „Leistung" sein, die Höchstleistung als wirksamster Schutz vor fremder Invasion im eigenen Lande und darüber hinaus als Handelsobjekt für die ganze Welt. — Man möge mir diese kleine Abschweifung verzeihen, aber diese Erwägungen drängen sich einem unwillkürlich auf, wenn man etwas über den Tonfilm schreiben soll.

Z. Z. kennt man drei Aufzeichnungsverfahren, welche man dem Tonfilm dienstbar gemacht hat: das optische Verfahren, das grammophonische Verfahren und das von mir entwickelte elektromagnetische Aufzeichnungsverfahren. Die beiden ersten Verfahren sind in der einschlägigen Literatur so oft beschrieben worden[1], daß es sich wohl erübrigt, hier noch besonders darauf einzugehen. Auch das elektromagnetische Aufzeichnungsverfahren kann ich vielleicht im allgemeinen als bekannt voraussetzen[2], aber ich will die prinzipielle Methode für diejenigen, welche sie noch nicht kennen sollten, kurz beschreiben. Auch sollen einige Punkte erwähnt werden, die es überhaupt möglich machten, das Poulsen-Verfahren für die Zwecke der Musikaufnahme brauchbar zu machen. Denken wir uns irgendein Stahlmaterial, z. B. Stahldraht oder Stahlband, gleichmäßig an den Polen eines Elektromagneten vorbeigeführt, so ist es klar, daß dieser Stahldraht gleichmäßig magnetisiert wird. Schalten wir nun in den Stromkreis dieses Elektromagneten ein Mikrophon, so wird es einleuchten, daß der vorbeigezogene Stahldraht nicht mehr gleichmäßig magnetisiert wird, wenn das Mikrophon zu gleicher Zeit besprochen wird; in der Tat wird der Stahldraht dann im Rhythmus der Schallschwingungen magnetisiert. In Wirklichkeit ist dieser Vorgang nun nicht so einfach. Es hat sich z. B. vorteilhaft gezeigt, den Draht vorzumagnetisieren, d. h. ihn mittels eines Gleichstrom-Elektromagneten zu polarisieren und dann erst die Schallschwingungen aufzutragen. Von besonderer Bedeutung sind hier die Polarisationswerte, die immer in einem gewissen Verhältnis zu den Auftragungsintensitäten stehen müssen. Ferner spielt das Material eine große Rolle, sowohl die Qualität des Schallträgers in der Form von Stahldraht oder Stahlband als auch die Zusammensetzung der Elekromagnetkerne, welche den Schallträger magnetisieren. Man kann wohl sagen, daß die Beschaffenheit dieser kleinen Kerne von ausschlaggebender Bedeutung ist, wenn man sich nur vorstellt, daß auch die geringste Remanenz dieser Kerne bei dem dauernden Vorbeigleiten des Schallträgers vor ihnen nach und nach die Auftragungen wieder vernichten würde.

Ganz besondere Sorgfalt ist auch auf die Auswahl des Materials für den Schallträger, sei es Stahldraht oder Stahlband, zu verwenden. Das Material muß nicht nur höchste Remanenz zeigen, weil ja sonst die Aufzeichnungen mit der Zeit an Lautstärke einbüßen oder gar gänzlich verschwinden würden, sondern auch der Grad des Störgeräusches ist äußerst abhängig von der Beschaffenheit dieses Stahlmaterials. Bei richtiger Wahl des Stahlmaterials zeichnet sich gerade das elektromagnetische Auftragungsverfahren vor anderen durch das Fehlen dieses Störgeräusches aus, besonders auch deshalb, weil ja bei Berücksichtigung der eben erwähnten Faktoren die Auftragungen beim wiederholten Abspielen nicht schlechter werden können, während die optischen und grammophonischen Auftragungen bei wiederholtem Abspielen naturgemäß leiden. Endlich ist auch der rein mechanische Aufbau der Maschinen von ziemlicher Bedeutung für das zu erzielende Resultat. Es ist wohl einleuchtend, daß die Draht- bzw. Bandführungen so angeordnet sein müssen, daß sie ein tunlichst schwingungsfreies Abrollen des Schallträgers gewährleisten. Daß bei diesem Aufbau der Apparatur Vorrichtungen geschaffen werden mußten, die ein gleichmäßiges Auf- und Abwickeln des Schallträgers ermöglichen, ohne daß dieser sich verwickelt oder gar reißt, ist wohl selbstverständlich. Tatsache aber ist, daß die Lösung der Aufgabe der Betriebsicherheit auch nicht so einfach war, wie sie vielleicht auf den ersten Blick erscheint.

Fragen wir uns nun, welche Vorteile das elektromagnetische Aufzeichnungsverfahren vor den anderen Aufzeichnungsverfahren haben kann, so sind es, abgesehen von der nahezu idealen Wiedergabe als solcher, die ja zumeist in der Trägheitslosigkeit des Systems begründet ist, unter anderem die außerordentliche Haltbarkeit und die Unzerstörbarkeit bei wiederholtem Abspielen. Bezüglich der zeitlichen Haltbarkeit der Aufzeichnungen wurden in weiteren Kreisen des öfteren starke Zweifel geäußert; doch wenn man sich überlegt, daß diese Haltbarkeit, wie ich vorher erwähnte, abhängig von den magnetischen Eigenschaften des Schallträgers ist, und wenn man dabei berücksichtigt, daß unsere heutige Industrie absolut in der Lage ist, hochwertigen Magnetstahl herzustellen, so ist dieses

[1] Siehe z. B. Lüschen, ETZ 1929, S. 1693 u. 1728.
[2] Vgl. ETZ 1901, S. 57, 181, 246; 1903, S. 752; 1921, S. 1068.

Digitized by Google

Problem dadurch vollständig gelöst und meine langjährige Praxis bestätigt es, denn ich habe in meiner Sammlung Auftragungen, welche sechzehn und noch mehr Jahre alt sind, die beim Abhören denselben Eindruck machen, als ob ich sie eben aufgenommen hätte. Diese Materialfrage ist doch bezüglich der Haltbarkeit auch bei anderen Systemen ausschlaggebend. Nehmen wir einmal an, daß man beim Plattenverfahren keine vollwertige Plattenmasse verwenden würde, z. B. am Schellack sparen wollte oder minderwertigen Ersatz benutzte, so wäre die Folge, daß vielleicht schon beim zwei- oder dreimaligen Abspielen die Schallfurchen einrissen und die Wiedergabe unbrauchbar würde. Dasselbe gälte bei Verwendung von minderwertigen Emulsionen für die optischen Auftragungen.

Ein weiterer Vorteil des elektromagnetischen Systems beruht in der Möglichkeit, die Aufnahme sofort wieder abzuhören, um sich von ihrer Brauchbarkeit gleich zu überzeugen. Man darf dabei nicht vergessen, daß dies bei keinem anderen System möglich ist. Bei dem optischen Aufnahmesystem hilft man sich dadurch, daß man zu gleicher Zeit Aufnahmen auf Wachsplatten macht, die man dann gleich zur Kontrolle abhört; die sofortige Kontrolle der zu verwendenden optischen Aufnahme ist natürlich nicht möglich, da diese erst entwickelt und kopiert werden muß. Auch beim Plattensystem kann man die zur praktischen Verwendung gelangende Wachsmatrize selber nicht abhören, da schon das einmalige Probeabspielen die Feinheiten der Aufzeichnung auf der weichen Wachsmatrize zerstören und dadurch für die Reproduktion unbrauchbar machen würde. Man hilft sich auch hier mit Probewachsen und muß es dem gütigen Geschick überlassen, daß auch die zur Vervielfältigung bestimmte Matrize fehlerfrei ist, sonst muß die Aufnahme eben wiederholt werden. Da beim Abspielen der elektromagnetischen Aufzeichnungen keine Zerstörung der Aufnahme stattfindet, so kann man diese sofort abhören, eine mißlungene nötigenfalls löschen und neu bespielen, u. zw. ohne Materialverlust; man kann sogar etwa mißlungene Einzelstellen auslöschen und neu überspielen. Diese Möglichkeit bedeutet einen nicht zu übersehenden Vorteil, da auf diese Weise die Aufnahmekosten beträchtlich vermindert werden.

Die augenblickliche Löschmöglichkeit mit gleichzeitigem Neuüberspielen ermöglicht nun weitere Vorteile bei der Aufnahme, die wohl bei anderen Systemen unmöglich sind. Setzen wir den Fall, daß in eine Weitaufnahme nachträglich eine Großaufnahme, z. B. der Kopf einer Person aus der Weitaufnahme eingefügt werden soll, so muß naturgemäß das Tonvolumen dieser Großaufnahme angepaßt sein. Es ist ein Unding, wenn der Ton nicht in bezug auf seine Lautstärke im richtigen Verhältnis zu der Bildgröße steht (ein Umstand, den ich übrigens in Deutschland bei keiner Tonbildaufnahme berücksichtigt sah). Der Aufnahmevorgang würde sich dann folgendermaßen abspielen. Zuerst wird die Weitaufnahme sowohl optisch als auch akustisch im richtigen Verhältnis zueinander aufgenommen. Dann läßt man das Aufnahme-Stahlband zurückrollen und stellt optisch und akustisch die Großaufnahme ein. Das Stahlband ist in gewissen Abständen numeriert, um auch beim Schneiden die notwendigen Anhaltspunkte zu haben. Nehmen wir nun an, daß bei der Zahl 35 die Großaufnahme eingefügt werden soll, so lassen wir das Stahlband bis zu der Zahl 35 vorrollen, schalten dann die Aufnahmeeinrichtung ein, und während zugleich ab Zahl 35 die Tonaufzeichnung der Weitaufnahme gelöscht wird, wird zugleich die Tonaufnahme der Großaufnahme aufgetragen. Das Endresultat ist dann ein ungeschnittenes Stahlband, auf welchem die Großaufnahme richtig synchronisiert der Weitaufnahme eingefügt ist. Außer diesem einen Beispiel gibt es noch eine ganze Reihe von Möglichkeiten, bei denen man sich des gleichzeitigen Löschens und Auftragens bedienen kann, um ungeahnte Wirkungen zu erzielen.

Es ist von Interesse, noch einiges über die Laufgeschwindigkeit der Stahlbänder bzw. Stahldrähte zu sagen. Valdemar Poulsen, der dänische Ingenieur, der ja schon in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts mit diesen Versuchen begonnen hatte[3], gab für Sprachaufnahmen — und um die handelte es sich ja damals nur — eine Geschwindigkeit von 3 m/s an. Ich habe mich im Verlaufe meiner jahrelangen Arbeiten immer und immer wieder bemüht, diese hohe Geschwindigkeit, welche ja nicht nur für den großen Drahtverbrauch, sondern auch für die Betriebsicherheit der Apparate höchst störend wirkt, herunterzudrücken, und es ist mir gelungen, bei Sprachaufnahmen für Diktierzwecke die Geschwindigkeit auf rd. 1 m/s zu verringern, eine Geschwindigkeit, die noch eine gute Wiedergabe von Sprache gestattet. Bei Musikaufnahmen habe ich das Band mit 1.2 m/s laufen lassen, und in zahlreichen Vorführungen konnten sich die Hörer von der vorzüglichen Qualität dieser Aufnahmen bei der geringen Geschwindigkeit überzeugen. In der Abb. 1 sieht man eine Frequenzaufzeichnung bei rd. 2 m/s Bandgeschwindigkeit, aus der die Brauchbarkeit der Aufzeichnung für die in Frage kommenden Zwecke ohne weiteres hervorgeht. Ich habe den Eindruck, daß man die Notwendigkeit, höhere Frequenzen für Tonfilmzwecke aufzuzeichnen, überschätzt und daß es vollständig genügt, wenn man in der Lage ist, bis zu 5000 Hz aufzeichnen zu können unter genügender Berücksichtigung der Tiefen, zumal viele Lautsprechersysteme ja höhere Frequenzen gar nicht wiedergeben können, auch wenn man sie wirklich aufgezeichnet hätte.

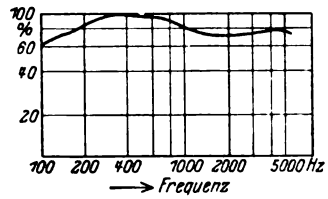
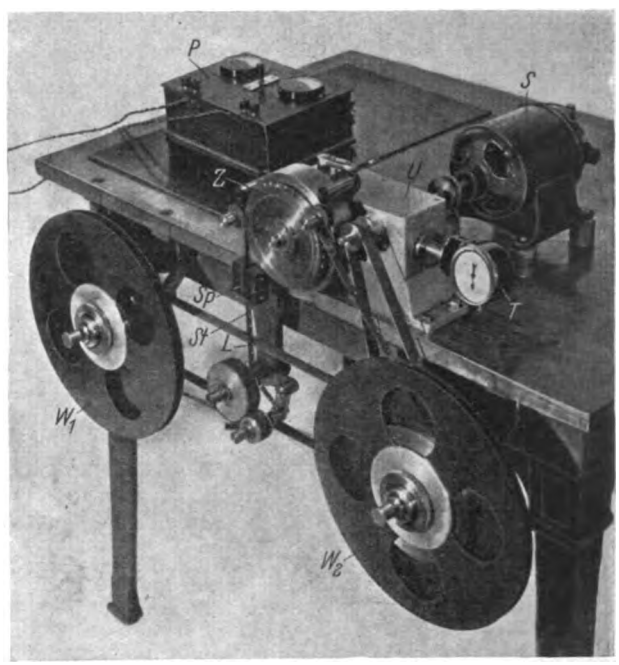


Abb. 1. Frequenzaufzeichnung bei rd. 2 m/s.

In Abb. 2 sieht man einen Stahlbandapparat, wie er für Tonfilmzwecke benutzt wird. Dieser Apparat kann ohne weiteres mittels der an sich bekannten Synchronisierungseinrichtungen an eine Aufnahmekamera bzw. an einen Projektor angeschlossen werden. Der Apparat arbeitet mit einem perforierten Stahlband und die Synchronisierung erfolgt in der gleichen Weise, als ob zwei Filmstreifen, von



S Synchronmotor	*L* Lochung im Stahlband
U Umschaltgetriebe	*Sp* Sprechkopf
Z Zahntrommel	W_1, W_2 Wickeltrommeln
T Tachometer	*P* Polarisationsgerät
St Stahlband	

Abb. 2. Aufnahme- und Wiedergabevorrichtung für Tonfilm.

denen der eine das Bild und der andere den Ton trägt, zu synchronisieren sind. Neuerdings verwende ich unperforierte Stahlbänder, nachdem es gelungen ist, auch diese zu synchronisieren. Ein Tonfilm, welcher zur Zeit in London gezeigt wird, läuft mit diesen unperforierten Stahlbändern. Für Tonfilmzwecke habe ich Stahlband als Schallträger benutzt, nicht nur weil es sich besser sychronisieren läßt als Stahldraht, sondern auch weil es mehr Möglichkeiten in der Art der Auftragungen zuläßt, die man besonders für die Zwecke des Tonfilms nutzbar machen kann. Man kann das Band z. B. außer mit den Tonauftragungen noch mit elektromagnetischen Impulsen versehen, welche zur Auslösung irgendwelcher Arbeitsleistungen im Theater dienen, zum Verdunkeln oder Aufhellen des Zuschauerraums, Einschalten der Projektoren, Aufziehen des Vorhangs usw.

[3] Wie Fußnote 2.

Digitized by Google

Für Diktiermaschinen habe ich Stahldraht von 0,2 mm Stärke beibehalten, der sich für derartige Maschinen vorzüglich bewährt hat. Das elektromagnetische Aufzeichnungsverfahren hat für Diktierzwecke ganz

1 Diktierstation 2 Aufnahme- und Wiedergabeapparat
3 Fußkontakt

Abb. 3. Diktiermaschine „Dailygraph".

wesentliche Vorteile vor den bislang gebräuchlichen Wachswalzenapparaten. Es ist ja wohl selbstverständlich, daß die Wiedergabe beträchtlich besser sein muß als die der mechanischen Aufzeichnungen auf einer Wachswalze. Der Abhörende hat sich beim Abhören dieses elektromagnetischen Diktats nicht so anzustrengen wie beim Abhören der rein mechanisch auf der Wachswalze eingravierten Schallzeichen. Auch wenn der Diktierende leise und undeutlich spricht, ist bei der guten Qualität der Auftragung das Diktat noch gut abzuhören. Das vollkommene Fehlen von Störgeräuschen bei der Wiedergabe läßt bei dem Abhörenden keine Ermüdung aufkommen. Ein weiterer Vorteil der elektromagnetischen Diktiermaschine ist die lange Gesprächsdauer von rd. 1 h, ferner mechanische Unzerstörbarkeit der Aufzeichnungen und die Korrekturmöglichkeit des Diktats, d. h. man kann jederzeit falsche Worte, Zahlen oder ganze Sätze sofort korrigieren, so daß spätere Rückfragen durch das abschreibende Personal vollständig wegfallen, ein Vorgang, der durch die schon vorher beschriebene elektromagnetische Löschvorrichtung genügend erklärt ist. Ein weiterer Vorzug ist die Möglichkeit der dauernden Benutzung des gleichen Schallträgers; wenn man also ein Diktat nicht aktenmäßig aufheben muß, kann man denselben Draht, nachdem er abgeschrieben ist, für ein neues Diktat sofort wieder benutzen, da die Maschine selbsttätig das alte Diktat auslöscht, wenn neu besprochen wird. Weiterhin ist die örtliche Unabhängigkeit des Diktierenden von dem Apparat sehr angenehm. Die Maschine gestattet die weitestgehende Betriebszentralisation, weil man die Wiedergabestelle von der Aufnahmestelle räumlich trennen kann in der Form, daß der Diktierende in seinem Büro nur eine kleine Aufnahmevorrichtung aufstellt, während die Maschinen in den Schreibmaschinenräumen zusammen mit den Schreibmaschinen montiert sind. Endlich: Benutzung der Maschinen zur Aufnahme von Telephongesprächen. Die Maschine kann an jedes Telephon angeschlossen werden und gestattet die einwandfreie Aufnahme aller Telephongespräche. Auch die Aufnahmen von Ferngesprächen über große Entfernungen haben sich als absolut brauchbar erwiesen. In Abb. 3 sieht man eine Ausführungsform dieser Diktiermaschinen, welche sich als „Dailygraph" zur Zeit in der Fabrikation befinden[4].

Ich glaube, daß die Möglichkeiten des Verfahrens der elektromagnetischen Aufzeichnung irgendwelcher Schwingungsvorgänge mit den bislang vorliegenden Anwendungsformen noch nicht erschöpft sind, und es wird eine Frage der Zeit sein, wann es gelingt, diesem Verfahren neue Anwendungsgebiete zu erschließen.

[4] Der Vertrieb geschieht durch die „Echophon" Maschinen-AG., Berlin W 35, Potsdamer Str. 119 b.

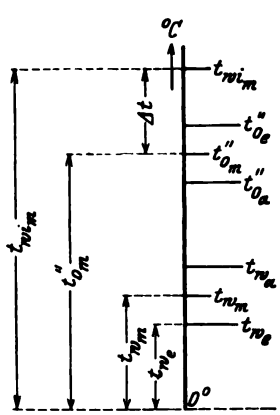
Kritische Bemerkung über den Garantiewert der Wicklungsverluste bei Großtransformatoren.

Von **Emil Holzer**, Berlin.

Übersicht. **Es wird auf die Wicklungstemperatur hingewiesen, durch die der Garantiewert für die Wicklungsverluste erst eindeutig festgelegt ist, und auf die Abhängigkeit der Wicklungs-Zusatzverluste von der Wicklungstemperatur, welche für die Einhaltung des Garantiewertes ausschlaggebend sein kann.**

Der Beweis für die Einhaltung der zu garantierenden Wicklungsverluste geschieht meistens auf dem Prüfstande durch Umrechnung der gemessenen Wicklungsverluste im sog. kalten Zustande auf die im betriebswarmen. Hierbei sind die ausschlaggebenden Punkte die dem betriebswarmen Zustand entsprechende mittlere Wicklungstemperatur t_{wi_m} (Abb. 1) und der Einfluß der zusätzlichen Verluste. Die Garantiebedingungen bei Großtransformatoren enthalten manchmal eine Geldstrafe bei Überschreitung der oberen, üblichen Toleranzgrenze von + 10 % auf den Garantiewert und das Zurückweisungsrecht bei einer bestimmten Überschreitungsgrenze von z. B. + 20 %, ebenfalls auf den Garantiewert. Wie mitunter anzutreffen ist, kann bei nicht genügender Beachtung obiger Punkte, besonders des zweiten, eine unzulässige Garantieüberschreitung festgesetzt werden, während sie in Wirklichkeit jedoch in zulässigem Ausmaße, manchmal gar nicht vorhanden ist. Mit Rücksicht darauf und auf die strengen Garantiebedingungen erscheint daher ein besonderer, zusammenfassender Hinweis auf diese Verhältnisse angezeigt.

Die Wicklungsverluste sind bekanntlich erst eindeutig bestimmt durch die direkte oder indirekte Angabe der für sie gültigen Wicklungstemperatur (t_{wi_m}). Nach den § 53 und 23 gelten die Wicklungsverluste einschließlich Zusatzverluste für den betriebswarmen Zustand[1]. Wenn dieser nicht festgestellt ist, hat vorschriftsmäßig die Umrechnung auf die gewährleistete Temperatur zu erfolgen,



Absolute Temperaturen:

t_{w_e}	in Kühler eintr. Wasser
t_{w_a}	aus Kühler austr. Wasser
t_{w_m}	Kühlwasser im Mittel
$t_{\bar{o}_e}$	in Kühler eintr. Öl
$t_{\bar{o}_a}$	aus Kühler austr. Öl
$t_{\bar{o}_m}$	Öl im Mittel
t_{wi_m}	Wicklung im Mittel
Δt	mittl. Temp.-Sprung Öl/Wicklung

Abb. 1. Schematische Skizze der Temperaturen eines wassergekühlten Transformators.

das ist die im betriebswarmen Zustand sich einstellende mittlere Wicklungstemperatur t_{wi_m} (§ 35 und 37). Im § 17 ist der betriebswarme Zustand festgelegt durch den Probelauf mit 20° Kühlmitteltemperatur bei Nennlast. Entspricht also die Verlustmessung am Ende einer solchen

[1] Die hier genannten Paragraphen beziehen sich auf die vom VDE herausgegebenen „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren".

Digitized by Google

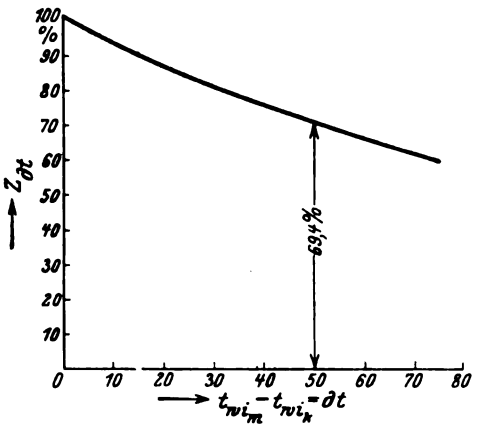
Wärmefahrt der Garantie, dann ist diese erfüllt. t_{wi_m} interessiert dabei weiter nicht. Der Wert kann ohnehin bekanntlich meßtechnisch viel weniger verläßlich festgestellt werden als durch die Rechnung; daß er keinesfalls über den im § 42 genannten höchstzulässigen Grenzwerten liegen darf, versteht sich von selbst. Die Wärmefahrt aber wird auf dem Prüfstand meistens nicht durchgeführt und es hat nun die Umrechnung der bei irgendeiner Temperatur gemessenen Verluste auf die gewährleistete Temperatur zu erfolgen; in Abb. 1 ist sie mit t_{wi_m} bezeichnet. Abb. 1 enthält die wichtigsten Temperaturen des wassergekühlten Transformators einschließlich Kühlapparat.

Der Kunde schreibt meistens die Wicklungsverluste und $t_{\ddot{o}_m}$ vor; ferner ist t_{w_e} gegeben. Ich nenne diese Angaben der Kürze wegen hier Kühlerdaten, weil durch sie der Kühler und damit die Temperaturen t_{w_m} bis $t_{\ddot{o}_e}$ festgelegt sind. Die dem Garantiewert der Wicklungsverluste entsprechende Temperatur t_{wi_m} (gewährleistete Temperatur) ist somit durch die Angabe der Kühlerdaten und den Entwurf des Transformators, indirekt, eindeutig bestimmt. Die indirekte Angabe ist der normale und häufigste Fall bei wassergekühlten Transformatoren. t_{wi_m} liegt bei dieser Kühlungsart meistens zwischen 65 und 75°.

Sind $t_{\ddot{o}_m}$ und t_{w_e} nicht genannt, müßte t_{wi_m} zur Garantie direkt angegeben werden. Die direkte Angabe ist selten und nicht empfehlenswert. Die Garantie gleichzeitig durch beide Angaben festzulegen ist jedoch unzulässig, weil der dadurch zwangsweise festgelegte Temperatursprung Δt vom Öl zur Wicklung mitunter einen wirtschaftlich unmöglichen Transformator ergeben kann. Δt muß dem günstigsten Entwurf des Transformators vorbehalten bleiben. Um den VDE-Vorschriften streng gerecht zu werden, soll die Garantiebedingung lauten: „im betriebswarmen Zustand bei t_{w_e} .. ° und $t_{\ddot{o}_m}$ ... °“ (indirekte Angabe von t_{wi_m}). Fehlt die Angabe von t_{w_e}, so ist man berechtigt, nach § 17 diesen Wert mit 20° in Rechnung zu stellen. Bei selbstkühlenden Öltransformatoren liegen die Verhältnisse ganz ähnlich. t_{wi_m} ist dort meistens 90 ... 100°.

Die durch das Streufeld in den Wicklungen hervorgerufenen zusätzlichen Verluste sind im betriebswarmen Zustand kleiner als bei der kalten Verlustmessung[2]. Abb. 2 zeigt den auf die Kaltmessung bezogenen Prozentsatz der Zusatzverluste als Funktion des Temperaturanstieges. Der Kurve liegt die Zusatzverlustformel von Vidmar („Die Transformatoren“) zugrunde[3]. Sie ist zweiastig asymptotisch; ihre Gleichung ist $y = \frac{100}{(1+\alpha x)^2}$ bezogen auf den Koordinatennullpunkt der Abb. 2. Die Asymptoten sind die x-Achse und die Gerade $X = -\frac{1}{\alpha}$. In Abb. 2 ist nur das für die Praxis in Betracht kommende Kurvenstück gezeichnet. Die Abhängigkeit des Temperaturkoeffizienten α von der Anfangstemperatur kann praktisch vernachlässigt und für Kupfer konstant mit 0,004 eingesetzt werden. Nach Abb. 2 sind z. B. die Zusatzverluste bei 20° Temperaturdifferenz zwischen Kaltmessung und betriebswarmem Zustand nur 86 % von Z_0,

bei 40° Temperaturdifferenz wie vor 74,3 % von Z_0,
„ 50° „ „ „ „ 69,4 % „ „ ,
„ 65° „ „ „ „ 63 % „ „ .



t_{wi_k} Wicklungstemperatur bei Kaltmessung

Abb. 2. Zusatzverluste $Z_{\delta t}$ bei δt in Prozent der Z_0 bei Kaltmessung ($\delta t = 0$). Z_0 entspricht 100 %; Material: Cu, $\varrho_{15} = 0{,}0175$; 50 Hz.

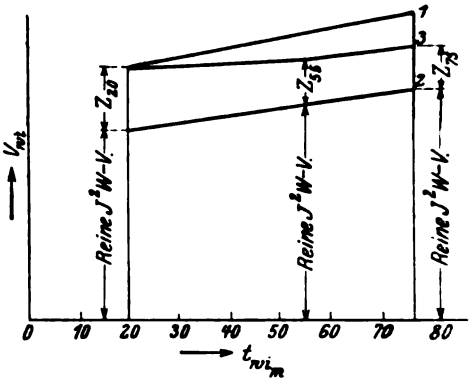


Abb. 3. Wicklungsverluste V_{wi} als Funktion der absoluten mittleren Wicklungstemperatur t_{wi_m}.

Schließt man umgekehrt von einer höheren Temperatur auf eine niedrigere, so genügt es, die Zusatzverluste der Warmmessung mit $100/Z_{\delta t}$ zu multiplizieren.

Bei der Umrechnung der Wicklungsverluste auf die gewährleistete Temperatur müssen somit die reinen J^2W- und zusätzlichen Verluste getrennt behandelt werden. Der Zusatzverlust ist meßtechnisch feststellbar aus der Differenz der bei einer bestimmten Temperatur gemessenen Verluste und der reinen J^2W-Verluste, die sich aus der Widerstandsmessung bei derselben Temperatur ergeben. Man braucht also nur die Verluste bei der Kaltmessung in reine J^2W-Verluste und Zusatzverluste zu trennen; für die gewährleistete Temperatur sind dann letztere mit dem aus Abb. 2 sich ergebenden Prozentsatz in Rechnung zu stellen. Zur Nachprüfung der Richtigkeit der Kurve Abb. 2 empfiehlt es sich, die Verlustmessung bei mehreren Temperaturen der Genauigkeit halber nicht etwa bei der Wärmefahrt durchzuführen, sondern das Öl auf die einzelnen Temperaturen vorzuwärmen (es genügen 2 bis 3 Punkte) und einige Zeit zu warten, um sicher zu sein, daß die Wicklung die Öltemperatur angenommen hat.

Die Kaltmessung wird meistens bei 20° vorgenommen. Kurve 3 der Abb. 3 zeigt den Anstieg der gesamten Wicklungsverluste unter Berücksichtigung der sinkenden Zusatzverluste Z. In Abb. 3 ist Z_{20} mit 25 % angenommen. Die Gerade *1* ist der Anstieg der reinen J^2W-Verluste. Die Gerade *2* wäre fälschlich der Anstieg der Wicklungsverluste ohne Rücksicht auf Z. So beträgt nach Abb. 3 die Verlusterhöhung bei $t_{wi_m} = 75°$ 22 % (Gerade *1*), in Wirklichkeit jedoch nur 8,2 % (nach Kurve 3). Diese Differenz kann aber entscheidend sein für den Beweis der Einhaltung der Garantie.

[2] Einen besonderen Hinweis darauf enthält der Aufsatz von Papin, Rev. Gén. de l'El. Bd. 17, S. 767.
[3] Nach Richter, Elektr. Maschinen, ergibt sich die gleiche Kurve.

Die Messung der Durchschlagfestigkeit von Isolierölen im Betrieb.

Von **F. Foerster**, Ulm a. D.

Übersicht. Die Eigenschaft der Isolieröle, ihre Durchschlagfestigkeit im Betriebe zu verschlechtern, macht die Durchführung einer entsprechenden Ölüberwachung notwendig. Es wird gezeigt, daß die Messung der Durchschlagfestigkeit an Ölproben keine einwandfreien Ergebnisse liefern kann und daß die Ermittlung des tatsächlichen Ölzustandes nur durch Messung unmittelbar im Ölkessel mit eingebauten Funkenstrecken möglich ist. Ein hierfür geeignetes Meßorgan wird beschrieben.

Die Durchschlagfestigkeit von Isolieröl ist keine Materialkonstante. Vollkommen reines Öl hat eine sehr hohe Durchschlagfestigkeit, die aber schnell verloren geht, wenn nur die geringsten Spuren von Verunreinigungen, insbesondere Feuchtigkeit hinzutreten. Für die betriebsmäßige Verwendung des Öles ergeben sich aus dieser Eigenschaft zwei Notwendigkeiten: die Festsetzung einer Mindestfestigkeit, die der elektrischen Beanspruchung im Betriebe unbedingt standhalten muß, und die Sorge für die dauernde Erhaltung dieser Festigkeit. Die Mindestfestigkeit ist in den heute geltenden Ölvorschriften auf 80 kV/cm festgesetzt. Bestimmend für die Wahl dieses Wertes war einerseits die Erfahrung, daß bei Ölen mit dieser Festigkeit Durchschläge im Betriebe nicht zu befürchten sind, und anderseits, daß sich diese Festigkeit bei einigermaßen

Digitized by Google

sorgfältiger Ölpflege auch praktisch halten läßt. Über den tatsächlichen Sicherheitsgrad, der mit einer Ölfestigkeit von 80 kV/cm erreicht wird, weiß man jedoch so gut wie nichts, da die Beanspruchung des Öles in den verschiedenen Teilen eines Hochspannungsapparates ganz verschieden hoch ist und genaue Berechnungen hierüber nicht vorliegen. Man verläßt sich einzig und allein auf die Isolationsprüfungen, die in den Fabriken vorgenommen werden. Diese Prüfungen werden aber bestimmt in allen Fällen bei wesentlich höheren Ölfestigkeiten als 80 kV/cm ausgeführt, weil die Öle frisch getrocknet und gereinigt sind und die Lieferfirmen ein selbstverständliches Interesse daran haben, daß bei der Prüfung nichts passiert. In diesem Gegensatz, auf den Verfasser schon in einer früheren Arbeit hingewiesen hat[1], liegt eine Unsicherheit für die Beurteilung der Betriebsicherheit der Hochspannungsapparate, die unbedingt zur Vorsicht mahnt. Für den Betrieb ergibt sich hieraus jedenfalls die notwendige Folgerung, daß jede Leichtfertigkeit in der Beurteilung der Ölfestigkeit unverantwortlich wäre und daß die vorgeschriebene Mindestfestigkeit unter allen Umständen eingehalten werden muß. Bei Höchstspannungsapparaten und solchen an besonders wichtigen und durch Überspannungen gefährdeten Stellen des Netzes empfiehlt es sich, die Durchschlagfestigkeit des Öles nach Möglichkeit noch höher zu halten. Die zahlreichen Einflüsse, welche die Durchschlagfestigkeit im Betriebe zu verschlechtern suchen, sind so bekannt, daß hier nicht näher darauf eingegangen werden soll. Wenn auch diese Einflüsse durch strenge Betriebsanweisungen für die Ölbehandlung, durch konstruktive Maßnahmen (Ölkonservator), durch gute Schulung des Personals u. dgl. stark gemildert werden können, so wird es doch nie gelingen, sie restlos auszuschalten: die Ölfestigkeit wird im Betriebe stets ihre naturgegebene sinkende Tendenz behalten. Dieser Tendenz kann mit Erfolg nur durch einen strengen Überwachungsdienst entgegengewirkt werden. Die Öle müssen in regelmäßigen Zeitabständen auf ihre Durchschlagfestigkeit geprüft werden. Diese Prüfungen sollten bei Transformatoren mindestens einmal im Jahr, bei wichtigeren Transformatoren und bei allen Ölschaltern halbjährlich ausgeführt werden. In den letzten Jahren ist nun den chemischen Öleigenschaften, insbesondere der Ölalterung, von den Betrieben ungleich mehr Interesse und Beachtung zugewendet worden als der Durchschlagfestigkeit. Durch die trüben Erfahrungen mit den minderwertigen Kriegs- und Nachkriegsölen beunruhigt, hat hier vielleicht mancher das Kind mit dem Bade ausgeschüttet. So wichtig auch die chemischen Öluntersuchungen sind, darf doch nicht vergessen werden, daß die Durchschlagfestigkeit des Öles in erster Linie und unmittelbar die augenblickliche Betriebsicherheit der Hochspannungsapparate bestimmt. Es ist in diesem Zusammenhang recht interessant, festzustellen, daß beispielsweise in Amerika, wo die deutschen Erfahrungen mit Kriegsölen nicht gemacht zu werden brauchten, eine uns fast übertrieben erscheinende Gewissenhaftigkeit gerade auf die Prüfung der Durchschlagfestigkeit verwendet wird[2].

Die einwandfreie Ermittlung der Durchschlagfestigkeit, die in der Ölfüllung von Transformatoren, Schaltern u. dgl. betriebsmäßig vorhanden ist, begegnet bei den heute üblichen Prüfverfahren großen Schwierigkeiten. Darüber wird jeder, der sich mit der Ölüberwachung zu befassen hat, die unangenehmsten Erfahrungen berichten können. Für die Messung der Durchschlagfestigkeit werden den Apparaten, deren Ölfüllung untersucht werden soll, Ölproben entnommen. Wenn nun diese Ölproben nicht mit größter Sorgfalt vor der Aufnahme kleinster Mengen von Feuchtigkeit geschützt werden, sind Fehlmessungen unvermeidlich. Sämtliche Geräte, wie Gläser, Trichter, Versandbehälter u. dgl., die mit den Ölproben in Berührung kommen, sowie die Prüfapparatur selbst müssen absolut trocken gehalten werden. Ein einziger kleiner Fehler in der Kette der Vorgänge von der Entnahme bis zur Prüfung der Ölproben kann die ganze Messung wertlos machen. Man ist in weitestem Umfange von der Gewissenhaftigkeit und Zuverlässigkeit des mit der Probenahme und Prüfung beauftragten Personals abhängig. Die Möglichkeiten, daß trotz aller Vorsicht Feuchtigkeit und andere Verunreinigungen in die Proben gelangen, lassen sich praktisch nie mit absoluter Sicherheit ausschalten. Infolgedessen wird der Festigkeitswert, der an einer Ölprobe gemessen worden ist, in den seltensten Fällen mit der tatsächlichen Durchschlagfestigkeit im Ölkessel übereinstimmen. Eine einwandfreie Beurteilung des wirklichen Ölzustandes ist auf Grund der Messungen an Ölproben überhaupt nicht möglich. Diese Unsicherheit des Verfahrens hat vielleicht manchen Betrieb schon dazu geführt, die mühevolle und zeitraubende Messung mit der

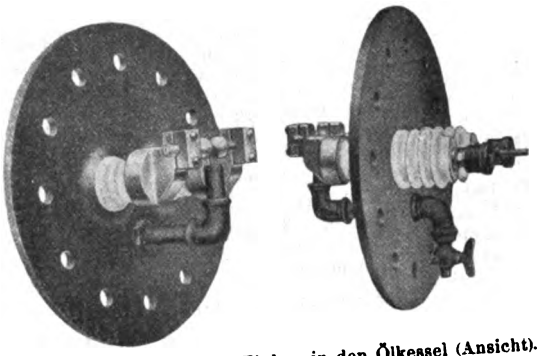


Abb. 1 u. 2. Ölprüfer für Einbau in den Ölkessel (Ansicht).

Funkenstrecke zu vernachlässigen und sich mit der einfacheren Prüfung auf Wassergehalt (Spratzprobe) zu begnügen. Wenn auch die Spratzprobe als rohe Vorprüfung wertvolle Dienste leistet, so kann doch nicht genug davor gewarnt werden, sich auf sie allein zu verlassen. Sie bietet keinerlei Gewähr dafür, daß das geprüfte Öl die notwendige Mindestfestigkeit von 80 kV/cm besitzt. Die meisten Öle geben schon bei geringeren Festigkeiten keine Spratzgeräusche mehr.

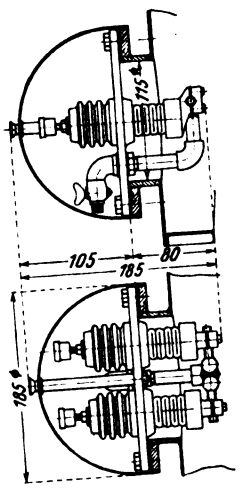


Abb. 3. Ölprüfer für Einbau in den Ölkessel (Schnitt).

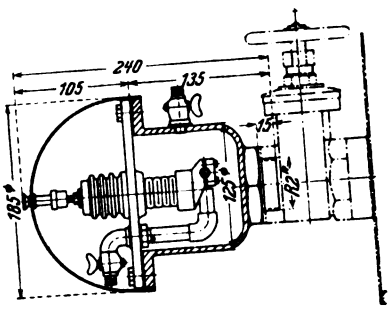


Abb. 4. Ölprüfer für Anbau an den Ölablaufstutzen.

Aus diesen Überlegungen geht ohne weiteres hervor, daß die einwandfreie Ermittlung der Durchschlagfestigkeit des Öles nur durch eine Messung im Ölkessel selbst möglich ist. Die Meßfunkenstrecke muß demnach fest in den Ölkessel eingebaut werden. Die Anschlußbolzen werden isoliert an zwei Klemmen herausgeführt, so daß jederzeit ein transportabler Prüftransformator angeschlossen und die Messung vorgenommen werden kann. Abb. 1 und 2 zeigen eine Ausführungsart dieses Meßorgans. Die Funkenstrecke mit den Durchführungsisolatoren wird von einem kräftigen Flansch getragen und kann nach Abb. 3 in die Kesselwand jedes ölisolierten Apparates eingebaut werden. Da für die Beurteilung des Öles die Bodenschicht maßgebend ist, erfolgt der Einbau in der Nähe des Kesselbodens. Der direkte Einbau in die Kesselwand wird sich im allgemeinen auf fabrikneue Apparate beschränken, bei denen die Öffnung für den Flansch schon bei der Fabrikation vorgesehen werden kann. Der nachträgliche Einbau macht jedoch, wie Abb. 4 zeigt, ebenfalls keine Schwierigkeiten. Hier wird der Ölablaßstutzen, der sich ohnehin an jedem Ölkessel vorfindet, zum Anbau des Meßorgans benutzt. Die Zwischenschaltung eines Absperrventils oder Hahnes ist nicht unbedingt notwendig, jedoch zweckmäßig, damit die Anbauapparatur zur Vermeidung von Beschädigungen bei Transporten abgenommen werden kann. Im Betriebe muß aber dafür gesorgt werden, daß die Funkenstrecke dauernd unter Öl steht. Das Ventil ist also stets geöffnet zu halten und wird am zweckmäßigsten plombiert. Will man bei größeren Transformatoren oder Ölschaltern die Möglichkeit haben, einen Teil des Ölinhaltes schnell ab-

[1] Elektrizitätswirtsch. Bd. 26, S. 315.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 943.

Digitized by Google

zulassen, und ist kein zweiter Ablaßstutzen vorhanden, so wird an Stelle des Ventils ein Dreiwegehahn verwendet. Ein solches Ablassen der Bodenschicht wird man stets vornehmen, wenn die Ölprüfung starke Verschmutzung, schlechte Durchschlagfestigkeit oder gar abgesetztes Wasser ergeben hat. Kleinere Apparate werden in diesem Fall besser gleich außer Betrieb genommen und in die Werkstatt gebracht.

Die Meßfunkenstrecke besteht aus Vollkugeln von 12,5 mm Dmr., die auf einen Elektrodenabstand von 2,25 mm eingestellt sind. Wenn mit dieser Funkenstrecke von den Abmessungen nach VDE-Vorschrift abgegangen wurde, so waren hierfür verschiedene Vorteile maßgebend, die sich mit der neuen Funkenstrecke für die betriebsmäßigen Messungen ergeben. Die folgende Berechnung gibt hierüber Aufschluß. Es bedeuten:

D Durchschlagfestigkeit [kV$_{eff}$/cm],
U_d Überschlagspannung [kV$_{eff}$],
a Elektrodenabstand [mm],
r Elektrodenhalbmesser [mm],
$p = \frac{r+a}{r}$ geometrische Charakteristik der Funkenstrecke, } nach
$\eta = f(p)$ Ausnutzungsfaktor der Funkenstrecke (in Kurvendarstellung gegeben), } Schwaiger.
α fiktiver Elektrodenabstand, }

Die Durchschlagfestigkeit des Dielektrikums — in diesem Falle Isolieröl — ist

$$D = 1/\alpha\, U_d \quad [\mathrm{kV/cm}].$$

Für unsere Funkenstrecke mit $r = 6{,}25$ mm und $a = 2{,}25$ mm sind

$$p = 1{,}36, \quad \eta = 0{,}89, \quad \alpha = a\,\eta = 0{,}2, \quad 1/\alpha = 5,$$

d. h. man erhält die Durchschlagfestigkeit in kV/cm durch einfache Multiplikation der gemessenen Überschlagspannung mit der Konstanten 5. Damit werden alle weiteren Rechenhilfsmittel wie Eichkurven, Tabellen u. dgl. entbehrlich. Die Konstante der Funkenstrecke, die leicht zu behalten ist, ermöglicht eine schnelle und sichere Auswertung der Meßergebnisse. Weiterhin hat diese Funkenstrecke den Vorteil, daß mit verhältnismäßig kleiner Prüfspannung ein großer Meßbereich erzielt wird. Bei Verwendung eines Prüftransformators, der eine maximale Spannung von 30 kV liefert, ergibt sich ein Meßbereich bis 150 kV/cm, der für die Ölkontrolle im Betrieb vollkommen ausreicht. Durch die Begrenzung der Prüfspannung auf 30 kV wird die Verwendung kleiner und handlicher Prüftransformatoren möglich, die bei Ölprüfungen im Überlandnetz leicht im Personenwagen mitgeführt werden können. Auch die Abmessungen des Meßorgans selbst werden naturgemäß von der Höhe der Prüfspannung beeinflußt, so daß der Einbau bei kleiner Prüfspannung weniger Platz beansprucht und der Apparat auch billiger hergestellt werden kann. Vergleichsmessungen mit der VDE-Funkenstrecke haben ergeben, daß ein Unterschied in den Meßergebnissen praktisch nicht vorhanden ist. Die Abhängigkeit der Durchschlagfestigkeit von Elektrodenform und Elektrodenabstand ist nicht so bedeutend, daß sie bei den praktischen Messungen mit den beiden Funkenstrecken in Erscheinung tritt. Die Genauigkeit der Meßergebnisse wird von der bekannten Streuung der Einzelmessungen, von der begrenzten Ablesegenauigkeit des verwendeten Spannungsmessers, von Schwankungen der Prüfspannung u. dgl. in weit höherem Maße beeinflußt als von den Dimensionen der Funkenstrecke.

Wie aus den Abb. 1 ... 4 ersichtlich, ist unterhalb der Funkenstrecke noch ein Ölablaufröhrchen angebracht. Mit dieser Vorrichtung ist es möglich, die Funkenstrecke vor der Messung durchzuspülen und etwaige Schlammablagerungen zu entfernen. Das hierbei abgezapfte Öl wird man zweckmäßig in einem Glas auffangen, da hieraus schon ein gutes Urteil über den Grad der Verschmutzung im Öl gewonnen wird. Während der Messung ist nach jedem Durchschlag etwas Öl abzulassen, wodurch der entstandene Ölruß entfernt und dem Elektrodenraum neues Öl zugeführt wird. Gegenüber der Messung im Prüfglas liegt hierin ein großer Vorzug, da die einzelnen Durchschläge unabhängig voneinander jedesmal in einem anderen Ölquantum vorgenommen werden. Man erhält auf diese Weise aus den einzelnen Messungen einen sehr zuverlässigen Mittelwert. Da die Einhaltung einer Wartezeit zwischen den einzelnen Durchschlägen nicht notwendig ist, kann die Zahl der Einzelmessungen ohne merklichen Mehraufwand an Zeit beliebig gesteigert und dadurch die Genauigkeit des Mittelwertes noch weiter erhöht werden.

Mit der beschriebenen Einrichtung[3] wird die Ölkontrolle sehr vereinfacht. Der Fortfall der Ölproben und aller Maßnahmen zur Trocknung und Reinigung der Prüfgeräte sowie vor allen Dingen die Möglichkeit, die Prüfung mit wenigen Handgriffen an Ort und Stelle auszuführen, bedeuten eine wesentliche Ersparnis an Zeit und Kosten. Da die Messungen unmittelbar im Betriebsöl erfolgen, sind alle Fehlerquellen vollständig ausgeschaltet und die Meßergebnisse entsprechen genau der tatsächlich im Ölkessel vorhandenen Durchschlagfestigkeit. Die Ölprüfung kann auch unbedenklich weniger geschultem Personal anvertraut werden, da die Gefahr subjektiver Fehler beseitigt ist. Der verantwortliche Betriebsleiter ist jederzeit in der Lage, sich ein schnelles und sicheres Urteil über den Ölzustand in seinem Betrieb zu bilden, womit das Ziel der Ölüberwachung, zur unbedingten Betriebsicherheit der Anlagen beizutragen, in vollkommenster Weise erreicht wird.

Über die praktischen Erfahrungen, die mit den eingebauten Funkenstrecken im Betriebe der Badenwerk AG., Karlsruhe, gemacht wurden, soll später berichtet werden.

[3] DRP. 474645. Hersteller: Emag Elektr. AG., Frankfurt a. M., und Koch & Sterzel AG., Dresden.

Die Herstellung von Fernleitungs-Sternvierern auf kombinierten Spinn- und Seilmaschinen.

Von Dr.-Ing. **Hans Müller**, Meißen.

Übersicht. **Ausgehend von dem Getriebeschema einer kombinierten Spinn- und Seilmaschine wird ein Diagramm entwickelt, aus dem sich sämtliche veränderlichen Schlaglängen der Maschine und die zahlreichen Wechselrädergruppen, welche diese Veränderungen bedingen, ablesen lassen; die Auswahl der Konstruktionsgrößen eines Vierers wird besprochen. Zum Schluß zeigt ein Beispiel die Verwendung des Diagramms bei der Disposition der Maschine.**

Nachdem in den letzten Jahren die Deutsche Reichspost bei den Anschlußkabeln ihres Fernsprechnetzes zur Sternviererverseilung übergegangen ist und neuerdings diese Verseilung auch bei den Fernleitungskabeln einführt, gewinnt eine Gruppe von Maschinen an Bedeutung, welche den Sternvierer in einem Arbeitsgang herstellt. In diesen Maschinen werden — in dem Beispiel der Fernleitungskabel — die vier Kupferleiter des Vierers schraubenförmig mit einer Papierkordel umlegt, darüber mit einer Lage Papier umsponnen und dann zum Vierer verseilt. Die Zusammenfassung dieser drei Arbeitstufen zu einem Durchgang durch die Maschine bringt neben anderem den wesentlichen Vorteil, daß durch den Fortfall des Auf- und Abwickelns der umsponnenen Einzeladern, welches bei der Herstellung auf Einzeladermaschinen und nachträglicher Verseilung notwendig ist, die Adern sehr geschont werden und infolgedessen die für die Erreichung der elektrischen Werte erforderliche Symmetrie der Hohlräume und der Verseilung leichter erzielt werden kann. Diese Zusammenfassung führt aber bei den Maschinen zu umlaufenden Getrieben, an deren Variationsmöglichkeit große Anforderungen gestellt werden, da sowohl die Schlaglängen der Kordel und des Papiers als auch die Drallänge der Viererverseilung unabhängig voneinander in vielen Stufen geändert werden müssen. Der Aufbau der Fernleitungskabel erfordert z. B., daß nebeneinander liegende Vierer verschiedene Drallängen haben, Kordel- und Papierschlaglängen müssen aber mit Rücksicht auf die in den Kopplungswerten zum Ausdruck kommende Symmetrie im ganzen Kabel die gleichen bleiben. Infolge der Hintereinanderschaltung der einzelnen Getriebestufen der Maschine würde aber eine Änderung der Drallängen auch eine Änderung der Kordel- und Papierschlaglängen zur Folge haben, die durch besondere Rädersätze wieder kompensiert werden müssen. Nimmt man hinzu, daß außerdem diese Kabel in verschiedenen Leiterstärken auftreten, so wird ohne weiteres klar, daß die Maschinen recht kompliziert werden müssen. Die Schwierigkeit liegt dabei gar nicht so sehr in der Bedienung als vielmehr in der rich-

Digitized by Google

tigen Ausnutzung und Disponierung der Maschinen. Um die große Vielseitigkeit dieser Maschinen bei gegebenen Rädersätzen völlig auszunutzen oder um für ein bestimmtes Gebrauchsfeld die erforderlichen Rädersätze zu bestimmen, ist jedesmal ein Studium des Getriebes erforderlich, das auch durch Aufstellen von Tabellen, die wegen der vielen Veränderlichen viel zu zahlreich würden, nicht sehr erleichtert wird und welches auf die Dauer recht unbequem ist. In manchen Betrieben mag dieser Umstand dazu geführt haben, daß die Vielseitigkeit derartiger Maschinen bei gegebenen Rädersätzen nicht voll ausgenutzt wurde oder daß mehr Rädersätze beschafft wurden, als für das vorliegende Arbeitsgebiet erforderlich gewesen wären. Was gerade das letztere bedeutet, wird recht eindrucksvoll klar, wenn man sich vergegenwärtigt, daß ein für einen bestimmten Vierer eingebauter vollständiger Satz aus 26 Wechselrädern besteht. In solchen Fällen pflegen graphische Darstellungen die Übersicht sehr zu erleichtern. Es soll daher eine graphische Methode für derartige Maschinen entwickelt werden.

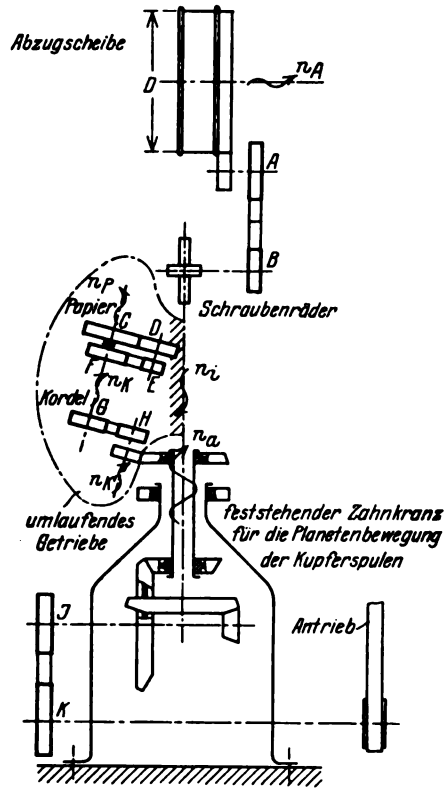


Abb. 1. Getriebeschema

Abb. 1 zeigt das Getriebeschema. Von einer horizontalen Welle werden durch zwei fest aufgekeilte Kegelräder eine stehende innere Welle mit der Drehzahl n_i und eine äußere Hohlwelle mit der Drehzahl n_a angetrieben; beide stehenden Wellen haben entgegengesetzten Drehsinn. Die innere Welle treibt über ein Schraubenräderpaar und die Wechselräder B und A die Abzugscheibe mit der Drehzahl n_A. Der Verseilkorb mit 4 Jochen für die Adern ist fest mit der inneren Welle verbunden. Bis hierher gleicht die Maschine einer normalen Verseilmaschine. Darüber hinaus wird jede der 4 Adern in dem Verseilkorb mit einer Kordel umlegt und mit einer Lage Papier umsponnen. Die Drehbewegungen der Kordel- und Papierspinner mit den Drehzahlen n_K und n_P werden durch das umlaufende Getriebe erzeugt, welches von der äußeren Hohlwelle angetrieben wird (in Abb. 1 ist das Getriebe nur für eine Ader gezeichnet). Ausgewechselt werden die Räder H, G und F, E mit je einem verstellbaren Zwischenrad und D und C mit unveränderlicher Summe der Zähnezahlen. Die in Abb. 1 außerdem noch gezeichneten Wechselräder K und J können in der folgenden Betrachtung übergangen werden, da sie lediglich dazu dienen, die Gesamtleistung der Maschine zu verändern sowie durch Hinzufügen oder Fortlassen eines Zwischenrades sämtliche Drehrichtungen in der Maschine umzukehren.

Unter Vernachlässigung des sehr geringen Viererdurchmessers erhält man für die drei veränderlichen Schlaglängen folgende Beziehungen:

$$\lambda = D_a \pi \frac{n_A}{n_i} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$v_K = D_a \pi \frac{n_A}{n_K} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$v_P = D_a \pi \frac{n_A}{n_P} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Hierbei bedeuten λ die Viererdrallänge, v_K den Kordelvorschub und v_P den Papiervorschub. D_a ist der Durchmesser der Abzugscheibe. Das Verhältnis n_A/n_i wird bestimmt durch den unveränderlichen Getriebeanteil und durch die Wechselräder B und A. Es sei daher

$$\frac{n_A}{n_i} = U_1 \frac{B}{A} \quad \text{und} \quad \lambda = D_a \pi U_1 \frac{B}{A} .$$

$D_a \pi U_1$ ist eine Konstante, deren Einzelwerte hier nicht interessieren, sie kann gleich 150 gesetzt werden. Dann ist

$$\lambda = 150 \frac{B}{A} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1a)$$

Die Buchstaben für die Wechselräder bedeuten in dieser Untersuchung stets die Zähnezahlen der Räder. Die angegebene Konstante und auch die noch folgenden können in bekannter Weise aus dem Durchmesser der Abzugscheibe und den Zähnezahlen des unveränderlichen Teiles des Getriebes errechnet werden, man kann sie aber, wie die Formel zeigt, auch messen, indem man den Viererdrall bei einem bekannten Wechselräderpaar mißt.

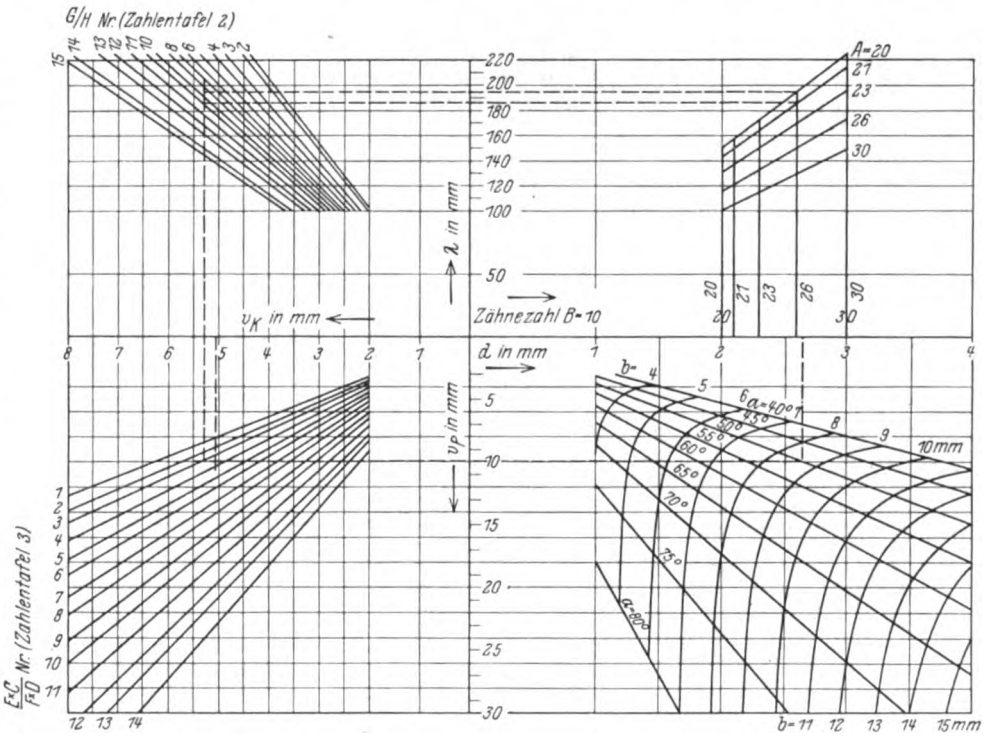


Abb. 2. Diagramm zur Ermittlung der Schlaglängen und Wechselrädergruppen.

Digitized by Google

Um das Verhältnis n_A/n_K zu bestimmen, betrachtet man zweckmäßig zunächst die beiden benachbarten Wellen an der Berührungsstelle zwischen stationärem und umlaufendem Getriebe. Man findet dann die Beziehung

$$\frac{n_{K'}}{n_i} = U_2 \left(1 + \frac{n_a}{n_i}\right),$$

wo U_2 wieder eine Konstante ist. Der Schritt von n_i nach n_A ist bekannt und der Schritt von $n_{K'}$ nach n_K wird nur durch die Wechselräder H und G bestimmt. Man erhält daher für n_A/n_K die Gleichung

$$\frac{n_A}{n_K} = \frac{1}{\left(1 + \frac{n_a}{n_i}\right)} \frac{U_1}{U_2} \frac{BG}{AH}$$

oder

$$v_K = \frac{1}{\left(1 + \frac{n_a}{n_i}\right)} \frac{U_1}{U_2} D_a \pi \frac{BG}{AH}.$$

Da der Ausdruck

$$\frac{1}{\left(1 + \frac{n_a}{n_i}\right)} \frac{U_1}{U_2} D_a \pi$$

nur unveränderliche Größen enthält, soll er für diese Untersuchung gleich 4 gesetzt werden (ein geeigneter Wert für n_a n_i liegt zwischen 5 und 6). Es ist daher

$$v_K = 4 \frac{BG}{AH}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2a)$$

Der Schritt von n_K nach n_P wird nur durch die Wechselräder F, E und D, C bestimmt. Man erhält auf diese Weise für den Papiervorschub die Gleichung

$$v_P = 4 \frac{BGEC}{AHFD}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3a)$$

Die bisher entwickelten Schlaglängen sollen in einem rechtwinkligen Koordinatensystem dargestellt werden. In einem Quadranten zwischen den Koordinaten B als Abszisse und λ als Ordinate lassen sich nach der Gl. (1a) Linien gleicher Werte für A darstellen, welche infolge der linearen Form der Gleichung geradlinig verlaufen und alle durch den Nullpunkt gehen. Man konstruiert am bequemsten für jede Linie den Punkt, in dem $B = A$ ist; alle diese Punkte liegen auf der Parallelen zur Abszisse, die durch $\lambda = 150$ geht (vgl. Abb. 2). Um Drallängen von 100 ... 225 mm zu erhalten, wurden in dem vorliegenden Beispiel für B und A die Räder mit den Zähnezahlen 20, 21, 23, 26 und 30 zugrunde gelegt; dabei genügt es, wenn eins dieser Räder doppelt vorhanden ist, um das Verhältnis 1 : 1 und die Drallänge 150 herstellen zu können. In dem links daneben liegenden Quadranten wird die Ordinate beibehalten und in der Abszisse v_K aufgetragen. Eine Beziehung zwischen v_K und λ ergibt sich aus Gl. (1a) und (2a), danach ist

$$v_K = \lambda \cdot 0{,}0267\, G/H. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2b)$$

Es lassen sich also in diesem Quadranten ähnlich wie im ersten Quadranten Linien gleicher Werte für G/H zeichnen, die ebenfalls geradlinig verlaufen und alle durch den Nullpunkt gehen. Für G und H sind die Räder mit den Zähnezahlen 27, 28, 30, 30, 33 und 37 vorgesehen.

Mit $\lambda = 200$ wird $v_K = 5{,}34\, G/H$. Die folgende Zahlentafel 1 zeigt die Werte von v_K, die man mit den vorhandenen Rädern erzielt. In der Zahlentafel 2 sind diese Werte der Größe nach geordnet; bei der Gelegenheit wurden an vier Stellen, wo benachbarte Werte sehr dicht zusammenliegen, Werte fortgelassen. Die Räder der fortgelassenen Werte sind in Klammern neben dem nächstliegenden Wert angegeben.

Zahlentafel 1. Werte für v_K bei $\lambda = 200$.

$G =$	27	28	30	33	37
$H = 27$	—	5,54	5,94	6,53	7,32
28	5,16	—	5,73	6,30	7,07
30	4,82	4,99	5,34	5,88	6,59
33	4,37	4,53	4,86	—	5,99
37	3,90	4,04	4,33	4,77	—

Zahlentafel 2. Die gleichen Werte nach v_K geordnet.

Nr.	v_K	G/H	Nr.	v_K	G/H
1	3,90	27/37	9	5,54	28/27
2	4,04	28/37	10	5,73	30/28
3	4,33	30/37 (27/33)	11	5,99	37/33 (30/27) (33/30)
4	4,53	28/33	12	6,30	33/28
5	4,77	33/37 (27/30) (30/33)	13	6,59	37/30 (33/27)
6	4,99	28/30	14	7,07	37/28
7	5,15	27/28	15	7,32	37/27
8	5,34	30/30			

Die Zahlentafeln 1 und 2 geben die Schnittpunkte der Strahlen mit einer Parallelen zur Abszisse durch $\lambda = 200$ an. In Abb. 2 sind aus Raummangel an Stelle der Werte die Ordnungsnummern der Zahlentafel 2 eingezeichnet.

Wenn man jetzt unter Beibehaltung der Abszisse in den dritten Quadranten übergeht, so kann man auf der Ordinate v_P abtragen, um v_P als Funktion von v_K darzustellen. Die Beziehungen hierfür erhält man aus Gl. (2a) und (3a). Es ist

$$v_P = v_K \frac{EC}{FD}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3b)$$

Man erhält auch hier wieder ein Strahlenbüschel, u. zw. Linien gleicher Werte für EC/FD. Für die Räder E und F sind die vorgesehenen Zähnezahlen 32, 35, 35, 41 und für das Räderpaar C und D 55 : 27 und 64 : 18.

Zahlentafel 3. Werte für v_P mit $v_K = 5$.

Nr.	v_P	C	D	E	F	Nr.	v_P	C	D	E	F
1	7,9	55	27	32	41	8	13,9	64	18	32	41
2	8,7			35	41	9	15,2			35	41
3	9,3			32	35	10	16,3			32	35
4	10,2			35	35	11	17,8			35	35
5	11,1			35	32	12	19,5			35	32
6	11,9			41	35	13	20,8			41	35
7	13,0			41	32	14	22,8			41	32

Die Zahlentafel 3 enthält in geordneter Reihenfolge die Werte für v_P bezogen auf $v_K = 5$; sie sind die Schnittpunkte des Strahlenbüschels mit einer durch $v_K = 5$ gezogenen Parallelen zur Ordinate. In Abb. 2 sind ähnlich wie im zweiten Quadranten an Stelle der Zähnezahlen der Räder die Ordnungsnummern der Zahlentafel 3 eingezeichnet.

Jetzt sind sämtliche für die Einrichtung der Maschine notwendigen Größen dargestellt; es erleichtert die Disposition, wenn man auch die Beziehungen zwischen Papiervorschub v_P, Aderdurchmesser d und der Papierbreite b mit in die Darstellung einbezieht. Hierfür steht der vierte Quadrant zur Verfügung. Trägt man auf der Abszisse d ab, so lassen sich zwischen den Koordinaten v_P und d Linien gleicher Papierbreiten zeichnen. Dabei verwende ich die früher einmal abgeleitete Formel[1]

$$b = d\pi\sqrt{1 - C^2}(1 + k), \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

wo C der Cosinus des Steigungswinkels α der Papierschraubenlinie und k die Überlappung in Prozent des Vorschubes bedeuten. Man wird daher zunächst auf Grund der Gleichung $\operatorname{tg}\alpha = v_P/d\pi$ die α-Strahlen in den Quadranten einzeichnen. Gl. (4) liefert dann von der Abszisse aus die Schnittpunkte der b-Linien mit den Winkelstrahlen. (Diese Darstellungsweise läßt sich bequemer rechnen, als wenn man direkt die Beziehungen zwischen b, d und v_P aufsuchen würde.) Die Reichspost schreibt eine Überlappung von 25 % vor; da die Reichspost diesen Wert auf die Papierbreite zu beziehen pflegt, in Gl. (4) die Überlappung aber auf den Vorschub bezogen ist, ist $k = 33\frac{1}{3}$. Es soll $1 + k = 1{,}35$ gesetzt werden. Wenn man außerdem den Ausdruck $\sqrt{1 - C^2}$ durch $\sin\alpha$ ersetzt, was für den vorliegenden Zweck bequemer ist, so kann man Gl. (4) auf die Form bringen

$$d = \frac{b}{1{,}35\,\pi \sin\alpha}.$$

Aus dieser Gleichung lassen sich bequem für jeden Wert von b die Schnittpunkte mit den verschiedenen Winkelstrahlen berechnen, mit deren Hilfe man die b-Linien konstruieren kann. In dem vorliegenden Arbeitsgebiet hat man im allgemeinen die Papierbreiten von Millimeter zu Millimeter fortschreitend zur Verfügung; es sind daher die Linien für die Papierbreiten 4, 5, ... 15 mm in Abb. 2 dargestellt.

Das im vorstehenden entwickelte Diagramm ist ein bequemes und übersichtliches Werkzeug bei der Benutzung der beschriebenen Maschinen für die Herstellung von Sternvierern mit Kordeladern. Bevor seine Verwendbarkeit durch ein Beispiel erläutert wird, ist eine kritische Betrachtung der in dem Diagramm enthaltenen Werte von v_K und v_P angebracht.

Träger der Isolation und hieraus folgend der Kapazitäts- und Kopplungswerte ist in erster Linie bekanntlich der Luftraum zwischen dem Leiter und der Papierhülle.

[1] ETZ 1926, S. 148, Gl. (5).

Digitized by Google

Infolge der scharfen Eingrenzung der elektrischen Werte in kleine Toleranzen sind die Ansprüche an die Präzision dieser Luftraumabmessungen sehr hoch, u. zw. nicht nur bei ihrem Entstehen, diese Präzision soll vielmehr auch bei der Weiterverarbeitung der Vierer zum Kabel erhalten bleiben. Die Kordel hat daher die Rolle eines Distanzhalters, sie stellt gewissermaßen die Brückenpfeiler dar, über die das Papier hinweggespannt wird. Das Spannen des Papiers erfolgt beim Umspinnen, u. zw. in der Längsrichtung des Papierstreifens. Die Verhältnisse für die Stabilität der Papierhülle liegen also am günstigsten, wenn Papierstreifen und Kordel sich senkrecht kreuzen, da die senkrechte Überbrückung bei gegebenem Kordelabstand die kürzeste ist. Diese senkrechte Kreuzung ist vorhanden, wenn die Steigungswinkel der Papier- und der Kordelschraubenlinie zusammen 90° betragen. Die Steigungswinkel des Papiers sind im Diagramm enthalten. Die Steigungswinkel der Kordel sind in Abb. 3 dargestellt, u. zw. als Funktion von m, wo $m = v_K/d_K$ und d_K der durch die Mitte der auf den Leiter gesponnenen Kordel gemessene Durchmesser ist. Für das Papier haben sich Steigungswinkel von 50° bis herauf zu 75° eingeführt. Man sieht, daß unter der Voraussetzung der senkrechten Kreuzung von Papier und Kordel der Faktor m für die Kordel von 2⅔ bis unter 1 sinken würde. Will man daher diese Voraussetzung erfüllen und für v_K brauchbare Werte behalten, so müßte sich der Steigungswinkel für das Papier zwischen 45 und 50° bewegen. Es hängt von den Fabrikationsverhältnissen, von dem Grad der durchschnittlich erzielten Präzision und von der durch die Stärke des Papiers bedingten Stabilität des Papierstreifens ab, wie weit man sich ohne Gefahr von dem Optimum entfernen darf, welches in der senkrechten Kreuzung von Kordel und Papier liegt. Anderseits würde auch eine zu geringe Kordelsteigung Folgen haben, die aus anderen Gründen unerwünscht sind. Der Isolationsraum der Kordeladern wird durch Papier bzw. Kordel und Luft gebildet. Die Dielektrizitätskonstante wächst mit steigendem Anteil von Papier und fällt mit steigendem Luftanteil. Da die Kapazität mit steigender Dielektrizitätskonstante zunimmt, würde eine Vermehrung des Kordelanteils, wie sie durch eine sehr kurze Kordelsteigung hervorgerufen würde, eine Erhöhung der Kapazität bei gleichem Durchmesser zur Folge haben, die nur durch eine Erhöhung des Durchmessers wieder reduziert werden könnte. Die gleiche Überlegung gilt für eine Erhöhung des Papieranteils durch Verwendung sehr starken Papiers. Bei der Auswahl des Papier- und Kordelvorschubes begegnen sich daher zwei entgegengesetzte Ansprüche: Die Erhaltung der Symmetrie des Hohlraums verlangt kurzen Kordelvorschub und stabiles Papier, die Niedrighaltung der Kapazität dagegen großen Kordelvorschub und dünnes Papier. Bei der Kordel wird man zweckmäßig für m einen Wert von 2½ nicht unterschreiten; ist man dann infolge von Schwierigkeiten gezwungen, an das Optimum bezüglich der Stabilität der Ader heranzugehen, so muß man für das Papier den entsprechenden Steigungswinkel wählen, man kann dann auch mit mäßigen Papierstärken auskommen. Ähnlich gegensätzliche Forderungen, die genügend bekannt sind, treten bei der Auswahl von λ auf.

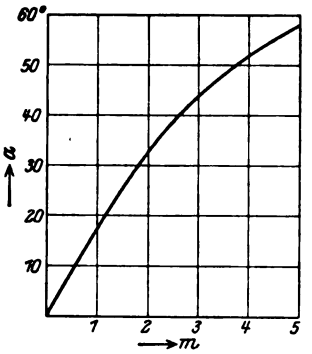


Abb. 3 Steigungswinkel der Kordel.

Beispiel. Ich zeige zum Schluß an einem nach den beschriebenen Grundsätzen aufgebauten Beispiel die Verwendung des Diagramms Abb. 2. Es sei ein Sternvierer mit 1,4 mm starken Kupferleitern herzustellen. Der äußere Aderdurchmesser, welcher sich nach bekannten Beziehungen aus der verlangten Kapazität errechnen läßt, sei 2,65 mm; er soll erreicht werden durch Verwendung einer Kordel von 0,50 mm Dmr. und einer 0,12 mm starken Papierdecklage. Wenn ich für die Papierschraubenlinie einen Steigungswinkel von 50° zugrunde lege, erhalte ich bei senkrechter Kreuzung mit der Kordel — die für dieses Beispiel einmal durchgeführt werden soll — für die Kordel einen Steigungswinkel von 40° oder aus Abb. 3 für m den Wert von 2,65; daraus ergibt sich für v_K ein Wert von 5,05. Ich habe also, beginnend im vierten Quadranten, durch $d = 2{,}65$ eine Ordinate bis zum Schnittpunkt mit der Linie $\alpha = 50°$ und von hier eine Abszisse in den dritten Quadranten bis zum Schnittpunkt mit der durch $v_K = 5{,}05$ gezeichneten Ordinate zu führen. Auf diese Weise erhalte ich folgende Werte:

$$b = 8{,}7 \text{ mm, abzurunden auf } 9 \text{ mm},$$
$$v_P = 9{,}9 \text{ „ };$$

für *EC/FD* liegt der Schnittpunkt zwischen Nr. 3 und 4. Da die Kordelschlaglänge ohnehin kurz ist, sei Nr. 3 gewählt; v_K wird dann tatsächlich 5,3 mm. Für Nr. 3 ergeben sich aus Zahlentafel 3 folgende Räder: $C = 55$, $D = 27$, $E = 32$ und $F = 35$.

Um die Schnittpunkte der Ordinate $v_K = 5{,}3$ mit *G/H* zu ermitteln, müssen zunächst die Drallängen λ festgelegt werden. Es wurde schon eingangs erwähnt, daß die Drallängen benachbarter Vierer verschieden sein müssen. Bekanntlich sollen diese Unterschiede nur gering sein, damit die Perioden, in denen sich zwischen benachbarten Vierern gleiche Verhältnisse wiederholen, möglichst lang werden und folglich möglichst wenig solche Perioden in einer Länge auftreten. Es soll angenommen werden, daß die Anzahl der Vierer einer Lage eine gerade Zahl ist; es werden also zwei verschiedene Drallängen gebraucht (bei ungerader Viererzahl sind bekanntlich 3 verschiedene Drallängen notwendig). Es sei $\lambda_1 = 186$ mm und $\lambda_2 = 195$ mm. Ich habe daher durch diese beiden Werte von λ zwei Abszissen von dem zweiten in den ersten Quadranten zu ziehen und erhalte dadurch sämtliche noch fehlenden Größen. Die Zähnezahlen der Rädergruppen A und B sind:

$$A_1 = 21,\ A_2 = 20,\ B_1 = 26 \text{ und } B_2 = 26.$$

Die Schnittpunkte der beiden Abszissen mit *G/H* liegen in der Nähe von Nr. 10 bzw. Nr. 8. Aus der Zahlentafel 2 entnimmt man dazu die Zähnezahlen $G_1 = 30$, $G_2 = 30$, $H_1 = 28$ und $H_2 = 30$. Damit sind alle Daten vorhanden, die für die Disposition der Maschine erforderlich sind. Das übrigens auch in Abb. 2 eingezeichnete Beispiel sollte nicht so sehr die absoluten Werte der einzelnen Größen zeigen, sondern in erster Linie nachweisen, daß die Handhabung des Diagramms jederzeit einen bequemen Überblick gibt über die Möglichkeiten, welche eine vorhandene Maschine zum Aufbau von Sternvierern bietet.

Der Plan eines Speicherkraftwerks Egg bei Säckingen im Badischen Schwarzwald.

Von Regierungsbaumeister **Karl Köbler**, Waldshut.

Übersicht. Es wird ein vom Verfasser aufgestellter Entwurf eines Speicherkraftwerkes am badisch-schweizerischen Oberrhein mit 450 m Gefälle bei über 100 000 kW Ausbauleistung beschrieben, das sowohl als Pumpspeicherwerk wie auch als bedeutendes Zuflußspeicherwerk zur Ergänzung von Rheinkraftwerken geeignet ist. Ein aus der Stadt Säckingen und der Württembergischen Elektrizitäts-AG. bestehendes Konsortium hat die Erteilung für die Ausnutzung der beigezogenen Flußgebiete im Werk Egg nach den Plänen des Verfassers beantragt.

Energiewirtschaftliche Grundlagen[1].

Baden ist als Wasserkraftland in den letzten Jahren wieder mehr in den Vordergrund gerückt. Als an Wasserkräften relativ reichstes deutsches Land ist es wegen zu geringen Eigenbedarfs beim Ausbau dieser Kräfte auf die Mitwirkung anderer größerer Verbrauchsgebiete angewiesen. Der Eigenausbau ging deshalb bis zum elektrischen Zusammenschluß mit den Nachbarländern und mit dem Rheinland nur langsam vorwärts. Größere Werke waren gemeinsam mit der Schweiz am Oberrhein bei Rheinfelden, Laufenburg, Augst-Wyhlen und Eglisau erstellt worden[2], alles Niederdrucklaufwerke, die jeweils größere Kraftanteile an meist gleichzeitig neu angesiedelte chemische Großindustrien abgaben. Die Überlandversorgung aus diesen Werken beschränkte sich auf Teile von Oberbaden. Insgesamt stand der badischen Wirtschaft aus diesen Gemeinschaftswerken etwa die Hälfte der gewonnenen Kraft mit rd. 60 000 kW Ausbauleistung und 500 Mill kWh Jahresarbeit zur Verfügung. Die Werke sind

[1] Vgl. Köbler, Die Elektrizitätsversorgung Badens, ETZ 1926, S. 1257.

[2] Vgl. Köbler, Der Wasserkraftausbau in Baden, Bautechnik 1927, S. 211.

Digitized by Google

wegen ihres niedrigen Ausbaus verhältnismäßig gut ausgenutzt; etwaige über den normalen Bedarf hinaus verfügbare Kräfte können z. T. durch anpassungsfähige Industrien aufgenommen werden.

Dem Oberrhein mit seinen sommerstarken Niederdrucklaufwerken mit einem Energiegehalt zwischen Basel und Konstanz von rd. 0,5 Mill kW Ausbauleistung bei 3800 Mill kWh Jahreserzeugung einschließlich des schweizerischen Anteils steht der Badische Schwarzwald mit seinen winterstarken und gefällreichen Abflüssen und den zur Speicherung geeigneten Hoch- und Schluchttälern gegenüber. Trotz des großen Reichtums an Niederschlägen, die an einzelnen Punkten Höchstwerte für Süddeutschland erreichen, sind die ausnutzbaren Wassermengen mangels größerer hochgelegener Einzugsgebiete verhältnismäßig gering. Als Gebiete für Großkraftwerke waren bisher nur die nördliche Murg und das Schluchseegebiet im südlichen Schwarzwald bekannt. Das Murg- und Schwarzenbachwerk[3] stellt in einer Zentrale rd. 60 000 kW bei einer Jahreserzeugung von 124 Mill kWh zur Verfügung. Beim Schwarzenbachwerk wurde zum erstenmal in Süddeutschland eine hydraulische Pumpenspeicherung in großem Maßstabe ausgeführt[4], die zunächst nur den Zweck haben sollte, die bei der Tagesspeicherstufe anfallende Abfallkraft zu veredeln. Durch den Zusammenschluß der Netze und das Anwachsen der Lastspitzen bedingt, erfüllt nun die Pumpenspeicherung darüber hinausgehende Aufgaben insofern, als auch Abfallstrom aus anderen Kraftquellen, auch aus Dampfkraftwerken, veredelt wird. Der nur beschränkte Speicherraum des Schwarzenbachbeckens und der mit weiterem Ausbau von Rheinkraftwerken wachsende Bedarf an Mangelzeiten und Spitzenkraft haben die Inangriffnahme des größten Speicherwerks Deutschlands, des Schluchseewerkes, ermöglicht. Der hier durch Aufstau eines natürlichen Sees zu schaffende Speicherraum von rd. 108 Mill m³ kann nicht nur die Abflüsse des eigenen Niederschlagsgebietes und die aus benachbarten Flußgebieten beigeleiteten Abflüsse ausgleichen und die Sommerabflüsse zum größten Teil zur Verarbeitung im Winter aufspeichern, sondern er ist auch in der Lage, noch große Mengen hochgepumpten Wassers z. T. in kleinem Kreislauf, z. T. durch Saisonspeicherung zu verarbeiten. Durch den unter Führung des Badenwerkes in Angriff genommenen ersten Ausbau des Schluchseewerkes werden rd. 90 000 kW Ausbauleistung und 72 Mill kWh Jahresarbeit geschaffen, wozu noch veredelte Abfallkraft mit ähnlich großen Arbeitsmengen hinzukommt. Der dreistufige Vollausbau des Schluchseewerkes sieht Ausbauleistungen von 0,25 ... 0,3 Mill kW und eine Jahreserzeugung von etwa 350 Mill kWh aus natürlichen Zuflüssen in drei Zentralen vor.

Der Ausbau am badisch-schweizerischen Oberrhein zwischen Basel und Konstanz ruhte seit dem Ausbau von Eglisau infolge Krieg und Inflation, bis im Jahre 1926 der Bau des Kraftwerkes Ryburg-Schwörstadt unter Beteiligung der beiderseitigen Uferstaaten beschlossen wurde. Dieses Werk, das größte und wohl auch wirtschaftlichste der Oberrheinwerke, wird eine Ausbauleistung von rd. 80 000 kW bei 600 Mill kWh Jahreserzeugung aufweisen. Für weitere Werke sind in den letzten Jahren Verleihungen erteilt oder beantragt worden, so daß in der Folgezeit mit einem rascheren Ausbautempo am Oberrhein gerechnet werden darf. Es handelt sich um die Kraftwerke (vgl. Abb. 1):

Dogern	mit 60 000 kW	Ausbauleistung und 450 Mill kWh Jahresarbeit,
Reckingen	mit 30 000 kW	Ausbauleistung und 250 Mill kWh Jahresarbeit,
Säckingen	mit 45 000 kW	Ausbauleistung und 350 Mill kWh Jahresarbeit,
Waldshut-Kadelburg	mit 35 000 kW	Ausbauleistung und 230 Mill kWh Jahresarbeit.

Die Gesellschaft für den Bau des Kraftwerkes Dogern-Albbruck wurde im September 1929 gegründet, so daß mit der Inangriffnahme der Bauarbeiten in diesem Herbst gerechnet werden kann.

Alle diese Werke sind nach einem durch Wettbewerb geklärten und von den beiden Uferstaaten festgelegten einheitlichen Ausbauplan entworfen[5], der nicht nur eine möglichst vollkommene Kraftnutzung, sondern auch die Erschließung des Oberrheins für die Großschiffahrt ermöglicht.

Bei der Zusammenstellung der in nächster Zeit im Oberrheingebiet zu erwartenden Kraftwerke darf mindestens noch das Werk Klingnau an der Mündungstrecke der Aare in den Rhein aufgeführt werden, da der Ausbau unter wesentlicher Beteiligung deutschen Kapitals vorgenommen wird und größere Anteile der gewonnenen Kraft der deutschen Wirtschaft zur Verfügung gestellt werden. Das Werk Klingnau hat 35 000 kW Ausbauleistung bei 200 Mill kWh Jahresarbeit.

Die Gründung der Aarewerke, die den Ausbau von Klingnau und des Werkes Wildegg-Brugg an der Aare zur Aufgabe haben, ist ebenfalls im September 1929 erfolgt.

Sonach ist einschließlich des im Bau befindlichen Kraftwerkes Ryburg-Schwörstadt im Oberrheingebiet der Ausbau von rd. 0,3 Mill kW mit einer Jahresarbeit von über 2 Mrd kWh zu erwarten, wobei mehr als die Hälfte der Kraft in Deutschland Verwendung finden wird.

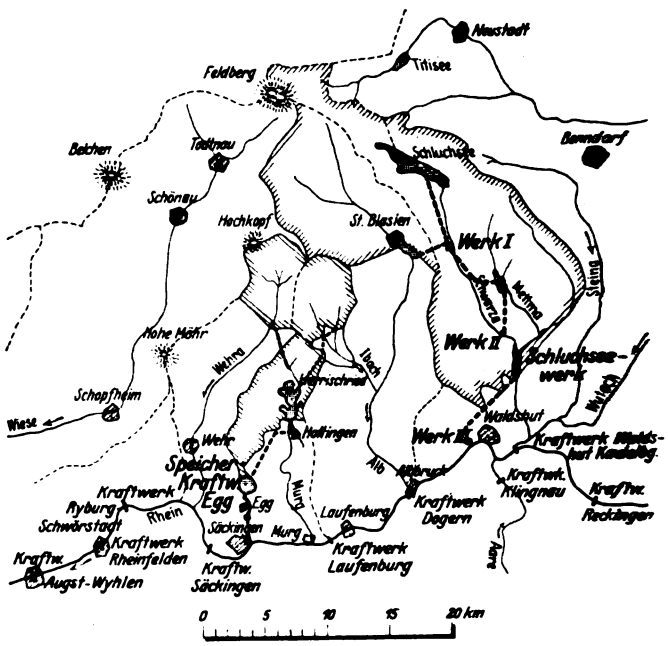


Abb. 1. Das Wasserkraftgebiet Südbadens.

Diese im Bau befindlichen oder geplanten Werke sind entsprechend den von den Regierungen aufgestellten Richtlinien durchweg höher ausgebaut als die bisher erstellten Werke. Durch den Bau der großen Hochspannungsleitungen ist die Möglichkeit des Krafttransportes von der Gewinnungstelle wesentlich vereinfacht, so daß vorläufig mit der Ansiedlung neuer Großindustrien am Oberrhein, die bisher als Hauptverbraucher fungierten, kaum gerechnet werden darf. Die Kraft wird daher künftig überwiegend für Allgemeinversorgung verwendet werden, so daß der Bedarf von Zusatzkraft in Mangelzeiten und der Anfall von Abfallkraft in belastungschwachen Stunden und Jahreszeiten aus diesen doppelten Gründen entsprechend größer sein wird.

Es schien deshalb geboten, zu untersuchen, ob im Schwarzwald nicht noch weitere Großspeicherwerke ausgebaut werden könnten; dabei müßte sich das Werk besonders zur Pumpenspeicherung eignen und schrittweise auszubauen sein.

Beim Studium der noch freien Ausbaumöglichkeiten im Badischen Schwarzwald konnte vom Verfasser der Ausbauplan für ein Großkraftwerk aufgestellt werden, das den oben gestellten Anforderungen entspricht und namentlich eine unerwartet große, in einer Gefällstufe von rd. 450 m zusammengefaßte Leistung von rd. 0,1 Mill kW bei rd. 120 Mill kWh Jahresarbeit aus eigenen Zuflüssen und eine Arbeit etwa in gleicher Höhe aus veredelter Abfallkraft zur Verfügung stellt.

Das Kraftwerk Egg als Pumpspeicherwerk.

Ein Speicherpumpwerk kann besonders wirtschaftlich dann erstellt werden, wenn großes Gefälle, gute Speichermöglichkeit und ein genügend großer Entnahmefluß beim Pumpwerk zusammentreffen. Da die beiden ersten Voraussetzungen im Schwarzwald nicht selten vorhanden sind, mußte versucht werden, eine solche Anordnung zu

[3] Vgl. Feldmann, Die Tiefbauten des Schwarzenbachwerkes, Zeitschr. f. Bauwesen 1927 u. 1928.
[4] Vgl. Köhler, Veredelung von Überschußkraft in hydraulischen Speicherpumpwerken, ETZ 1927, S. 940.
[5] Vgl. Altmayer, Die Rheinquellen, Basel, Sonderdruck: Die Schiffbarmachung des Rheins von Basel bis in den Bodensee; vgl. ders. Wasserstraßenjahrbuch 1927/28.

Digitized by Google

finden, daß das Kraftpumpwerk an einem genügend großen natürlichen Wasserspender zu stehen kommt. Dies allein ermöglicht eine unbeschränkt anpassungsfähige Betriebsweise. Nun hat aber kein Schwarzwaldgewässer derartige Wassermengen dauernd zur Verfügung, daß große Überschußleistungen durch hydraulische Pumpenspeicherung jederzeit verarbeitet werden könnten. Die Schaffung künstlicher Gegenbecken ist in den stark besiedelten unteren Talstrecken, wohin die Erschließung großer Gefälle fast immer weist, teuer und beschränkt den Pumpbetrieb und die Rückverarbeitung des gepumpten Wassers in jedem Falle in unbequemer Weise. Es lag daher nahe zu untersuchen, ob das Kraft- und Pumpwerk am Rhein selbst möglich ist.

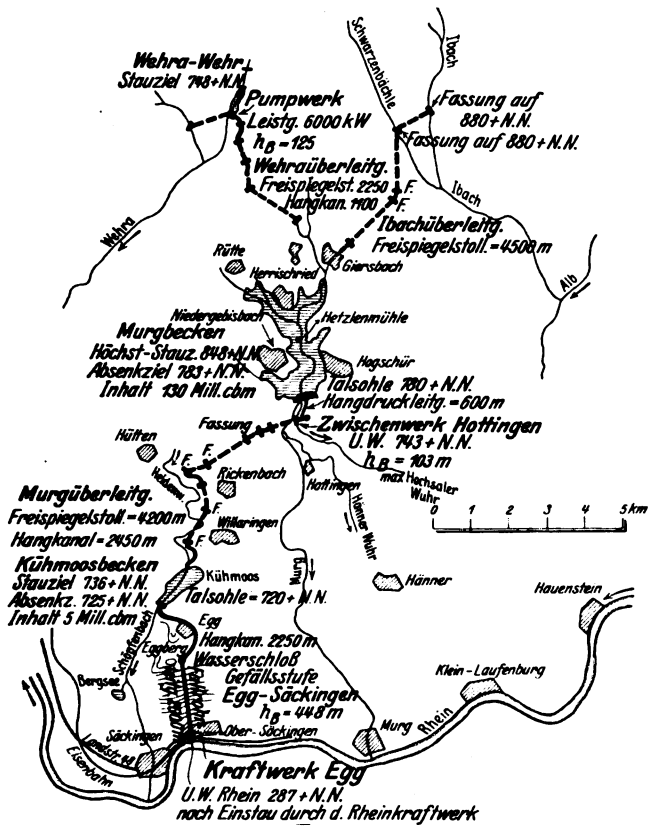


Abb. 2. Kraftwerk Egg: Übersichtslageplan.

Die einzige Stelle am Rhein, wo alle diese Bedingungen erfüllt sind, befindet sich auf der Rheinstrecke Basel—Konstanz zwischen Säckingen und Obersäckingen (vgl. Abb. 1 und 2). Hier ist auf der Höhe des Hotzenwaldes ein in einem ausgedehnten, in Urgestein eingebetteten Torfmoor von Natur gegebener Speicher auf 3500 m Luftlinie an den Rhein vorgeschoben bei einer Höhenlage von rd. 450 m über dem Rheintal. Das Gefälle kann zwanglos in einer Stufe nutzbar gemacht, der Speicher ohne Schwierigkeit bis rd. 5 Mill m³ Inhalt ausgebaut werden. Das zur Aufspeicherung vorgesehene Kühmoos liegt auf Gemarkung Egg auf Höhe von etwa 730 m + NN. Seine heutigen Ausdehnung beträgt etwa 500 ... 800 m. Die Talsohle an der Sperrstelle liegt auf 721 m + NN. Gesunder Fels (Granit und Gneis) ist in einer Tiefe von 2 ... 8 m zu erreichen.

Von dem Kühmoosbecken führt die Kraftwasserleitung zu dem gegen das Rheintal vorgeschobenen Eggberg, von hier in gestreckter Richtung zum Krafthaus am Rhein; der mittlere Rheinwasserspiegel liegt auf rd. 287 m + NN. Die gesamte Länge der Leitungen zwischen Becken und Krafthaus beträgt rd. 4200 m, wovon rd. 2000 m auf die auf dem Eggberg beginnende Fallrohrleitung entfallen. Das Rohgefälle beträgt rd. 450 m. Diese durch die Geländeverhältnisse fast eindeutig festgelegte Anordnung bildet den Mittelpunkt der ganzen Anlage.

Das unmittelbar in das Kühmoosbecken entwässernde Niederschlagsgebiet beträgt nur 1,4 km². Wenn auch das Werk Egg den gegenwärtigen Erfordernissen entsprechend voraussichtlich zunächst überwiegend als reines Pumpspeicherwerk arbeiten wird, wobei natürliche Zuflüsse entbehrt werden können, so ließ sich doch durch eine generelle Untersuchung nachweisen, daß eine Reihe von Flußgebieten durch allmähliche Beileitung in der einmal gegebenen Anordnung des Werkes Egg ausgenutzt werden kann. Geldwirtschaftlich kommt dieser Beileitung zustatten, daß Teile des Anlagekapitals für die Gefällstufe Egg: Kühmoosbecken, Fallrohrleitung, Maschinen- und Krafthaus entsprechend der Betriebsjahre als Pumpspeicherwerk schon getilgt sein werden. Die neu gewonnene Speicherkraft wird dann in der Hauptsache nur noch mit den Beileitungskosten belastet sein, wodurch unter allen Umständen eine Konkurrenzfähigkeit der Kraft gegeben sein wird. Diese Flußbeileitungen sind also ein wesentlicher Bestandteil der Anlage. Der Kühmoosspeicher dient dann als vorgeschobenes Spitzenbecken; er ermöglicht für die Zuleitungen kleine Querschnitte und kann mit einem Nutzinhalt von 5 Mill m³ an der Jahresspeicherung der Zuflüsse noch erheblich mitwirken, ohne daß das Becken seine Funktion als vorgeschobenes Spitzenbecken und als Wochenspeicher für einen Pumpbetrieb bis gegen 40 000 kW Aufnahmeleistung einbüßt.

Diese Überlegungen führen zum Studium aller benachbarten Flußgebiete auf die Möglichkeit ihrer Beileitung und Verarbeitung über das Kühmoosbecken im Werk Egg.

Das Kraftwerk Egg als Zuflußspeicherwerk zur Ausnutzung der Hauensteiner Murg, des Ibaches und der Wehra. (Vgl. Abb. 2 u. 3.)

Für die Zwecke der Ausnutzung im Schluchseewerk sind zum Ausbau gesperrt alle Flußläufe von der Wutach bis zur Alb (vgl. Abb. 1). Von den größeren Seitenbächen der Alb ist nur der Ibach frei. Wenn man von der Wiese im Westen des besonders niederschlagsreichen Südabhangs des Schwarzwaldes absieht, da sie wegen intensiver Einzelausnutzung für den Großausbau nicht mehr in Betracht kommt, bleiben an größeren Flüssen nur noch die Hauensteiner Murg und die Wehra mit 54 und 115 km² Einzugsgebiet bei ihrer Mündung in den Rhein. Beide Flüsse sind bis jetzt zur Kraftgewinnung nur gering genutzt. Sie gehören ausweislich der langjährigen Beobachtungen an staatlichen Pegeln zu den niederschlagreichsten Gebieten Badens.

Für alle drei Gebiete waren bisher nur Vorschläge für Einzelausnutzungen jeweils im eigenen Flußgebiet bekannt geworden, deren Bedeutung aber hinter einem zusammenfassenden Ausbau, wie hier vorgeschlagen, weit zurückbleibt.

Die Überleitung der Hauensteiner Murg.

Es war naheliegend, zu untersuchen, ob eine vereinigte Ausnutzung dieser drei Flußgebiete über das Werk Egg möglich ist. Dabei wies die alte Heidenwuhr, die beim Kühmoos in den Schöpfenbach mündet, bereits in das Gebiet der Murg. Schon ein oberflächliches Studium zeigt, daß eine wirtschaftliche Großausnutzung der Murg nur über das Kühmoos möglich ist. Im Zuge des Murgtales selbst ist wegen des gleichmäßigen Abfalles des Gebirges nach dem Rheintal zu nur ein vielstufiger Ausbau denkbar, der aber eine restlose und wirtschaftliche Ausnutzung des Gefälles nicht ermöglicht. Im Murggebiet kommen nur zwei Speichermöglichkeiten in Betracht: eine bei Hottingen mit Sperrstelle auf Talsohlenhöhe von rd. 665 + NN, und eine im „Moos“ bei Hogschür mit Sperrstelle zwischen Hogschür und Hottingen auf Talsohlenhöhe von rd. 780 + NN. Beide entsprechen der Höhe des Kühmoosbeckens mit höchstem Stau von rd. 736 + NN nicht. Es kann aber kein Zweifel sein, daß nur das obere Murgbecken bei Hogschür in Betracht kommt, da es ganz besonders günstige Verhältnisse aufweist. Wenn der Überleitungstollen vom Murgtal zum Kühmoos drucklos ausgeführt wird, so ist es ohne weiteres möglich, den Stollenanfang im Murgtal so tief zu legen, daß das zwischen der Murgsperre und dem Stollenanfang liegende Gefälle durch ein Zwischenkraftwerk etwa 600 m unterhalb der Sperrstelle noch wirtschaftlich ausgenutzt werden kann. Je nach der Stauhöhe des Murgbeckens erhält das Zwischenwerk ein Rohgefälle von 70 ... 100 m.

Das Sperreneinzugsgebiet beträgt rd. 22 km², was einen nutzbaren Abfluß von rd. 1,0 m³/s ergibt.

Der Aufstau durch die Sperre unterhalb Hogschür ist zunächst begrenzt durch den Ort Hogschür, dessen erste Häuser etwa bei einem Stau auf 818 + NN erreicht werden. Dem Murgbecken kommt nun eine besondere wasserwirtschaftliche Bedeutung deshalb zu, weil, wie weiter unten nachgewiesen, die Abflüsse des Ibach (rd. 25 km² und 1,2 m³/s mittlerer nutzbarer Abfluß) und der Wehra (31 km² und 1.3 m³/s) vor ihrer Verarbeitung im Werk Egg das Murgbecken durchfließen müssen und darin ausgeglichen werden können. Dabei sind die Abflüsse der Wehra auf eine Speicherung im Murgbecken angewiesen,

Digitized by Google

da im Wehragebiet ein genügend großer Stauraum nicht geschaffen werden kann. Im Ibachgebiet sind zwar Speichermöglichkeiten vorhanden; es ist aber betriebswirtschaftlich günstiger und vor allem in den meisten Fällen wesentlich billiger, wenn nur ein Großspeicherbecken geschaffen wird. Das Murgbecken kann bei einem höchsten in Betracht kommenden Stauziel von rd. 848 + NN auf einen Nutzinhalt von rd. 130 Mill m³ gebracht werden, was 118 % des Jahresabflusses der im Werk Egg auszunutzenden Teile der Murg, des Ibaches und der Wehra entspricht. Die energiewirtschaftliche Beckenkennziffer übertrifft dabei die der bekannten Alpengroßspeicher erheblich[6].

Um im Murgtal einen Großspeicher zu schaffen, dürfen daher nicht unbedeutende Kosten für Landerwerb und Umsiedlung aufgewendet werden. Dichtung und Gründung der Sperre machen mit Sicherheit keine Mühe. Das ganze Becken liegt im Urgestein (Granit); an der Sperrstelle ist dichtes Gestein fast im ganzen Talprofil festzustellen.

Die Überleitung der Murg zum Kühmoosbecken ist zunächst als drucklose Leitung gedacht, u. zw. 4200 lfd.m Freispiegelstollen und 2500 lfd. m gedeckte Hangkanäle. Spätere Untersuchungen müssen noch ergeben, ob etwa zur Einbeziehung des Murgbeckens in den Speicherpumpbetrieb der Stufe Egg die Überleitung Murgbecken—Kühmoos nicht zweckmäßiger als Druckleitung auszuführen sein wird, wobei das Zwischenwerk Hottingen zu einem Pumpwerk auszugestalten wäre.

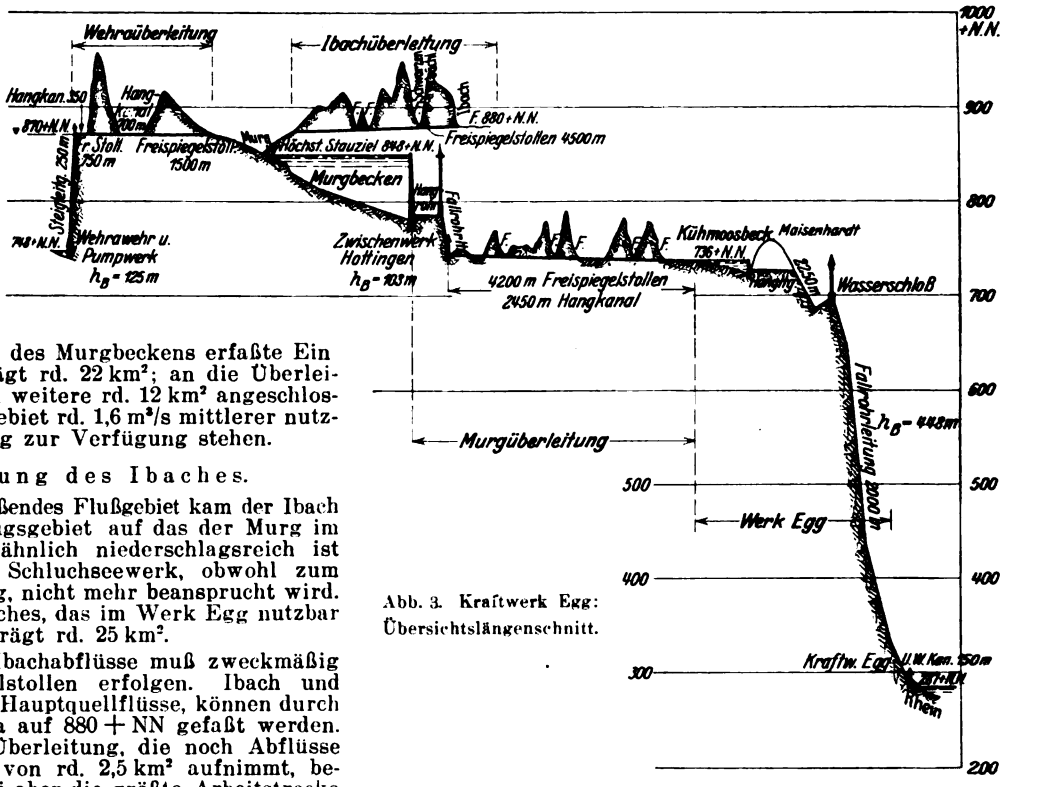


Abb. 3. Kraftwerk Egg: Übersichtslängenschnitt.

Das an der Sperrstelle des Murgbeckens erfaßte Einzugsgebiet der Murg beträgt rd. 22 km²; an die Überleitung zum Kühmoos werden weitere rd. 12 km² angeschlossen, so daß aus dem Murggebiet rd. 1,6 m³/s mittlerer nutzbarer Abfluß im Werk Egg zur Verfügung stehen.

Die Überleitung des Ibaches.

Als nächstes anzuschließendes Flußgebiet kam der Ibach in Betracht, dessen Einzugsgebiet auf das der Murg im Norden übergreift, noch ähnlich niederschlagsreich ist und zur Ausnutzung im Schluchseewerk, obwohl zum Flußgebiet der Alb gehörig, nicht mehr beansprucht wird. Das Einzugsgebiet des Ibaches, das im Werk Egg nutzbar gemacht werden kann, beträgt rd. 25 km².

Die Überleitung der Ibachabflüsse muß zweckmäßig durchweg als Freispiegelstollen erfolgen. Ibach und Schwarzenbächle, die zwei Hauptquellflüsse, können durch einfache feste Wehre etwa auf 880 + NN gefaßt werden. Die gesamte Länge der Überleitung, die noch Abflüsse aus einem Einzugsgebiet von rd. 2,5 km² aufnimmt, beträgt rd. 4500 lfd. m, wobei aber die größte Arbeitstrecke zwischen zwei Angriffspunkten nur 1500 m beträgt. Eine tiefere Lage der Fassungen, etwa einem denkbar höchsten Stauspiegels des Murgbeckens von rd. 848 + NN entsprechend, ist wegen rasch zunehmender Länge des Scheitelstollens Ibach—Murg nicht wirtschaftlich, bringt außerdem auch kaum Zuwachs an Einzugsgebiet.

Beizug der Wehra.

Der Ausbauplan für das Werk Egg wurde anfänglich mehr der Vollständigkeit halber und zur Überprüfung der technischen und wasserwirtschaftlichen Durchführbarkeit auch auf das Wehragebiet ausgedehnt, namentlich da vorweg feststand, daß eine einfache Beileitung der Wehra mit natürlichem Gefälle nicht in Betracht kam. Anschließende Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zeigten aber bald die Zweckmäßigkeit dieser Erweiterung; die Gesamtanordnung mit der zentralen Speicherung im Murgbecken bot außerdem Anreiz genug, am Beizug der Wehra festzuhalten.

Die bisher bekannt gewordenen Ausnutzungspläne der Wehra sehen durchweg eine Ausnutzung längs des Wehratales äußersten Falls von Vordertodtmoos bis oberhalb Wehr vor mit einem Gefälle von rd. 800 + NN — 400 + NN = 400 m. Diese an sich anzustrebende Gesamtausnutzung des Gefälles von 400 m leidet aber an außerordentlich hohen Kosten für die Fortleitung des Wassers und an der Unmöglichkeit, ein genügend großes Becken zu schaffen. Dagegen ist beim Hochpumpen der Wehra auf das Murgplateau, wie es bei Ausnutzung über das Werk Egg nötig ist, eine Speicherung im Murgbecken in großer Vollständigkeit möglich. Wenn auch die Nutzbarmachung der Wehra im Werk Egg durch Beipumpen des Abflusses aus einem Gebiet von rd. 30 km² zunächst gesucht erscheint, ergaben doch zahlreiche Vergleichsrechnungen, daß eine andere Großausnutzung der Wehra unter den heutigen Verhältnissen nicht mehr in Betracht kommt.

Die Kosten der Zuleitung der Wehra sind abhängig von den einmaligen Bauaufwendungen und den laufenden Ausgaben für den Bezug von Pumpstrom. An Bauten kommen für die Überleitung in Betracht: die Erstellung eines kleinen Hochwasserabfangbeckens im Wehratal von etwa 0,5 Mill m³ Inhalt, ein Pumpwerk, eine Steigleitung, eine kurze Entwicklung am oberen Hang des Wehratales mit Hangkanälen und Freispiegelstollen von rd. 1500 m Gesamtlänge und ein Scheitelstollen in das Murgtal von etwa 1500 m Länge. Die Förderhöhe ist nicht nur für die laufenden Kosten, sondern auch für die einmaligen Bauaufwendungen in hohem Maße ausschlaggebend. Vorläufig ist die Höhenlage des Scheitelstollens aus wirtschaftlichen Erwägungen auf etwa 870 + NN vorgesehen.

Für die Fassung der Wehra wurde die oberste von zwei in Betracht kommenden Stellen kurz unterhalb Todtmoos-Glashütte mit einer Förderhöhe von rd. 125 m vorgesehen. Das verfügbare Einzugsgebiet beträgt hier 31 km²; als größte Fördermenge sind vorläufig 4 m³/s = 130 l/s je 1 km² angenommen. Diese erfordert eine Aufnahmeleistung des Pumpwerks von rd. 6000 kW und eine mittlere Förderarbeit von 20 Mill kWh/Jahr. Es ist noch darauf hinzuweisen, daß außerhalb der Hochwasserzeiten das kleine Wehrabecken dazu dienen kann, die Abflüsse tagsüber zu speichern, so daß der Pumpbetrieb hauptsächlich mit Nacht- und Sonntagskraft durchgeführt werden kann.

Jahreserzeugung und Ausbaugröße.

Wie es heute noch nicht möglich ist, anzugeben, mit welchem Nutzinhalt die einzelnen Speicher auszustatten sind, ebensowenig ist es möglich, Ausbauleistungen zu nennen, solange die Eingliederung des Werkes in den Energiemarkt noch nicht geklärt ist. Es kann nur grundsätzlich gesagt werden, daß es möglich ist, in der Gefällstufe Egg jede in Betracht kommende Leistung, unter heutigen Verhältnissen etwa bis 120 000 kW, auszubauen. Das Zwischenwerk bei Hottingen wird mit Rücksicht auf die anschließende Überleitung zum Kühmoosbecken höchstens als Zwölfstundenwerk betrieben werden dürfen und demnach eine Ausbauleistung von nur einigen tausend Kilowatt aufweisen.

[6] Vgl. Köbler, Vergleichende Beckenbewertung. Der Bauing. Bd. 7, 1926, S. 734.

Digitized by Google

Die Ausführungen über die Energiewirtschaft des Werkes sollen daher auf die Mitteilung der zu erwartenden Jahresarbeit beschränkt werden.

In der folgenden Übersicht wurde für das Zwischenwerk Hottingen ein Nutzgefälle von 75 m (entsprechend einem Stauziel des Murgbeckens von 828 + NN mit 32 Mill m³ Inhalt) und für die Gefällstufe Egg ein Nutzgefälle von 430 m zugrundegelegt.

Beizug der Wehra.

Einzugsgebiet 31 km²; mittlere nutzbare Wassermenge 1,3 m³/s. Hieraus Jahreserzeugung nach Abzug der Ablösungen in Hochspannung:

im Werk Egg	rd. 36 Mill kWh
im Werk Hottingen	„ 5 „ „
	41 Mill kWh

Ibachüberleitung.

Einzugsgebiet 25 km²; mittlere nutzbare Wassermenge 1,2 m³/s. Hieraus Jahreserzeugung w. o.

im Werk Egg	rd. 34 Mill kWh
im Werk Hottingen	„ 5 „ „
	39 Mill kWh

Murgüberleitung.

Einzugsgebiet 33,4 km²; mittlere nutzbare Wassermenge 1,59 m³/s. Hieraus Jahreserzeugung w. o.

im Werk Egg	rd. 45 Mill kWh
im Werk Hottingen	„ 6 „ „
	51 Mill kWh

Kühmoosgebiet.

Einzugsgebiet 1,4 km²; mittlere nutzbare Wassermenge 60 l/s. Hieraus Jahreserzeugung w. o.

im Werk Egg	rd. 1,0 Mill kWh

Damit ergeben sich folgende

Gesamterzeugungen

Aus Flußgebiet	Werk Egg	Zwischenwerk Hottingen	zusammen
	Mill kWh		
Kühmoos	1,0	—	1,0
Murg	45	6	51
Ibach	34	5	39
Wehra	37	5	41
	116	16	132

Zusammenfassung.

Die Ausführungen über den zentralen Murgspeicher haben gezeigt, daß der Inhalt dieses Beckens möglichst gesteigert werden sollte. Ein Aufstau des Murgspeichers auf 838 + NN mit rd. 55 Mill m³ oder 50 % des mittleren Jahresabflusses der Murg, Wehra und des Ibaches würde ausreichen, etwa 90 % der erzeugbaren Arbeit oder rd. 100 Mill kWh als Wintermangelkraft abzugeben. Durch diese Tatsache und die bedeutende Leistung von über 0,1 Mill kW gehört das Werk Egg zu den größten Speicherwerken Süddeutschlands. Dabei ist das Werk Egg aber auch ohne Beileitungen als reines Pumpspeicherwerk besonders wirtschaftlich durch die Lage des Kraftwerkes unmittelbar am Rhein im Zusammenhang mit dem großen Gefälle von rd. 450 m in einer Stufe und der guten Speichermöglichkeit im Kühmoos. Selbst nach Beileitung von Murg, Wehra und Ibach, deren Abflüsse überwiegend in Wintermangelzeiten verarbeitet werden sollen, ist das Werk Egg in der Lage, während des Sommers etwa 40 000 kW Abfallkraft von Rheinwerken aufzunehmen und im kleinen Kreislauf (erweiterte Wochenspeicherung) zu kurzstündiger Tagesspitzenkraft zu veredeln. Da auch im Winterhalbjahr dieser Pumpbetrieb nicht wesentlich eingeschränkt werden muß, ist das Werk in der Lage, jährlich gegen 100 Mill kWh veredelte Abfallkraft, außer den oben nachgewiesenen Strommengen aus beigeleiteten Abflüssen, abzugeben. Von besonderem Wert ist schließlich die Möglichkeit allmählicher Erweiterung sowohl als Pumpspeicherwerk als auch durch Beizug weiterer Flußgebiete.

Das Werk Egg, ursprünglich nur zur Ergänzung des Rheinkraftwerkes Säckingen gedacht, entwickelte sich aber im Laufe der Bearbeitung zu einem Umfang, der es befähigt, noch weit darüber hinausgehende Aufgaben zu erfüllen.

Zur Einholung der Verleihung und Durchführung der Vorarbeiten hat sich ein Konsortium gebildet, bestehend aus der Stadt Säckingen und der Württembergischen Elektrizitäts AG. Die Entwurfsbearbeitung und die wirtschaftlichen Vorarbeiten liegen in Händen der WEAG, Stuttgart. Diese hat inzwischen das Werk Egg als reines Pumpspeicherwerk genauer untersucht und auf Grund von Schürfungen und Geländeaufnahmen eingehende Wirtschaftlichkeitsrechnungen aufgestellt, welche die günstigen Ergebnisse der Untersuchungen des Verfasser durchaus bestätigen.

Elektrische Stadtbahn von der Siemensschen Bahn 1879 bis zur Berliner Stadtbahn*.

Von Dr.-Ing. **Walter Reichel**, Berlin.

(*Schluß von S. 427.*)

B. Die Züge und deren elektrische Ausrüstung.

Obwohl in der Einteilung der Züge der Berliner elektrischen Hoch- und Untergrundbahn ein gutes Beispiel vorhanden war, das nur sinngemäß weiter auszugestalten gewesen wäre, so hat doch die Zugbildung für die Stadtbahn eine längere Entwicklung durchgemacht. Das lag zum Teil daran, daß anfangs daran gedacht wurde, die vom Dampfbetrieb noch vorhandenen Wagen als Beiwagen zu benutzen. Eingehendere Überlegungen nach Kriegsende zeigten aber bald, daß es unvorteilhaft war, gar zu viel Leistung in schwerere Motorwagen oder Triebgestelle einzubauen und eine größere Zahl alter Wagen zwischen 2 Motorwagen einzuschalten, daß es vielmehr zweckmäßiger war, sich ganz von dem Vorhandenen loszumachen und einen vollkommen neuen Wagenpark zu beschaffen. Bei solchen Überlegungen war es nun wieder naheliegend, auf eine Zugbildung ganz gleich der der Berliner Hoch- und Untergrundbahn zurückzugreifen. Die Zugbildung ist dann auch letzten Endes so gewählt worden, daß aus einem Motorwagen und einem Beiwagen (Steuerwagen) ein sog. Viertelzug gebildet wird, zwei solcher Viertelzüge bilden einen Halbzug, bestehend aus Motorwagen, zwei Beiwagen, Motorwagen (Abb. 78 u. 79), und der ganze Zug schließlich besteht aus 4 Motorwagen und 4 Beiwagen, die zwischen den Motorwagen verteilt sind.

Nachdem die Zugbildung gefunden war, konnte nunmehr a) an die Ausgestaltung des Wagenteiles der Motorwagen herangetreten werden. Die alte

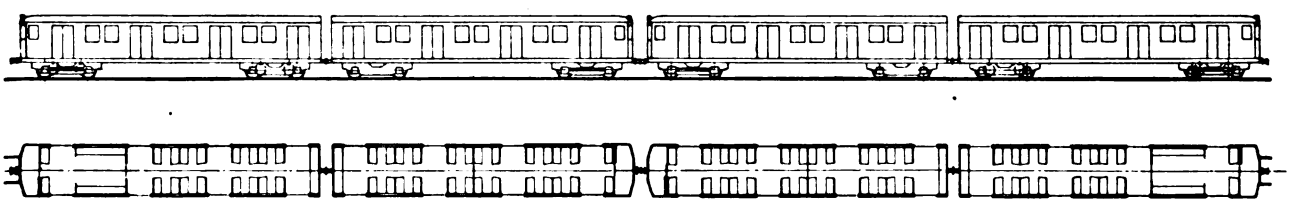


Abb. 78. Halbzug (Kurzzug) der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen.

Bauart der Stadtbahnwagen wurde aufgegeben und man wählte mit Rücksicht auf den Fassungsraum die Anordnung von Schiebetüren, bei der es möglich wurde, die ganze Profilbreite von rd. 3 m für Sitz- und Stehplätze auszunutzen.

Es würde zu weit führen, wenn der ganze Werdegang der endgültigen Ausführung der Wagen an dieser Stelle wiederholt werden würde. Es mag genügen, auf die Veröffentlichung von Wagner[14] zu verweisen und zu er-

* Vortrag der Jubiläumsfeier des Elektrotechnischen Vereins.

[14] G. Wagner, Glas. Ann. Bd. 105, S. 17 u. 38.

Digitized by Google

wähnen, daß nach Erbauung von 5 verschiedenen Probezügen A ... E, eines sog. Jakobs-Versuchszuges und einer Triebwagen-Bauart 1925 schließlich die Bauart der Triebwagen und Steuerwagen 1927/28 als endgültige Bauform gewählt wurde (Abb. 78 u. 79), bei der eine bequeme Unterbringung der elektrischen Ausrüstung in jeder Weise möglich war.

Auch hinsichtlich der Motoren und deren Unterbringung war nicht gleich das Beste getroffen worden. Aus Gründen der Sparsamkeit hatte man zuerst versucht,

Abb. 79. Kurzzug der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen.

den Motorwagen mit nur zwei Motoren auszurüsten. Schließlich ging man aber mit Rücksicht auf die Adhäsion und die bessere Verteilung auch hier denselben Weg wie seinerzeit bei der Hochbahn, indem man die sämtlichen Radsätze des vierachsigen Triebwagens antreiben läßt und je zwei der Motoren in ein Drehgestell einbaut (Abb. 80). Die Motoren bekamen infolgedessen eine Stundenleistung von 90 kW bei 800 U/min und ein Gewicht von 1480 kg. Zwischen den Stromabnehmern am ersten Motorwagen-Drehgestell und am letzten Beiwagen-Drehgestell des Viertelzuges besteht eine Hauptstromverbindung.

Daß man sich bei der Konstruktion der Motoren die neuesten Erfahrungen zunutze machte, sie mit Rollenlagern (Abb. 81) versah und je zwei hintereinander schaltete, so daß jeder Motor für maximal 400 V Spannung am Kommutator zu bauen war, ist selbstverständlich, jedoch wurde von einer Fremdlüftung der Motoren, die schließlich wohl möglich gewesen wäre, Abstand genommen und die Motoren wurden als eigengelüftete Motoren (Abb. 82), bei denen der Anker auf der Kommutatorseite einen Lüfter trägt, ausgestaltet (Abb. 83).

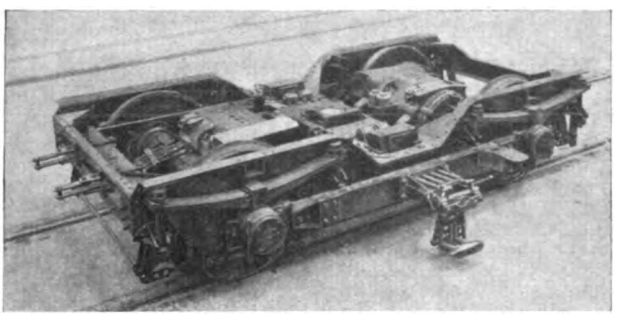


Abb. 80. Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen, Drehgestell des Triebwagens 1927/28 mit 2 Motoren und Stromabnehmer.

Ich möchte gleich an dieser Stelle erwähnen, daß von der DRB zum Zwecke der Verbilligung der Einzelheiten die Verteilung der Lieferungen in der Weise vorgenommen wurde, daß von den SSW und der AEG nach gemeinsamen Zeichnungen und Lehren, die einen vollständigen Austauschbau möglich machten, die sämtlichen Motoren zu liefern waren und daß außerdem die SSW und die AEG je zur Hälfte die Montage der sämtlichen Wagen zu bewirken hatten, deren Schaltausrüstungen wiederum von der Gruppe Bergmann und Maffei-Schwartzkopff zuzuliefern waren. Außer den Motoren hat die WASSEG-Gruppe Siemens-Schuckert/AEG für die Stadtbahnwagen und deren Montage noch eine ganze Reihe von Apparaten für die Haupt- und Nebenstromkreise geliefert, u. zw. folgende: Führerstand-Hauptschalttafel, Steuerstromautomat, Steuerstromkupplung, Starkstrom-Ausgleichkupplung, Kurzschließer-, Hilfs- und Heizschütze, Stromabnehmer, Wagenhauptsicherung und die gesamte Einrichtung der sog. Fahrsperre.

Bezüglich b) Schaltausrüstung stellte die DRB die Forderung nach einer vollkommen selbsttätigen Steuerung, zum Teil auch deshalb, um das Fahren vom Belieben des Führers unabhängig zu machen und nach einer bestimmten Fahrlinie gemäß Abb. 84 sicherzustellen. Nach verschiedenen Probeausführungen wurde schließlich der Bergmann-Maffei-Schwartzkopff-Gruppe der Auftrag auf die Steuerung erteilt, einerseits um sie an der Lieferung zu beteiligen, anderseits wohl auch deshalb, weil von seiten der letzteren Gruppe die weitgehende Verwendung von

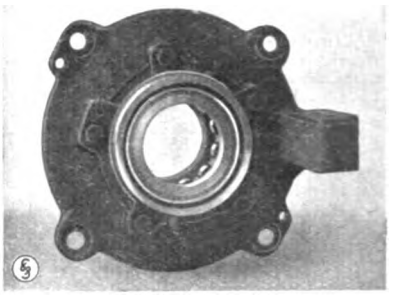


Abb. 81. Lagerschild mit Rollenlager des [illegible] Stadtbahnmotors.

Druckluft ins Auge gefaßt war, die der DRB am meisten zusagte, weil sie hoffte, die Unterhaltungskosten für diese Steuerungsart niedriger zu gestalten. Ich bitte es mir nicht zu verübeln, wenn ich ganz offen ausspreche, daß ich diesen von der DRB beschrittenen Weg der Verwendung von Druckluft für das Steuergetriebe nicht für den richtigen halten kann. Auf Grund der Erfahrungen bei der Hochbahn 1903/04 und an anderen Stellen, auch bei Lokomotiven, bin ich im Gegenteil der Meinung, daß gerade

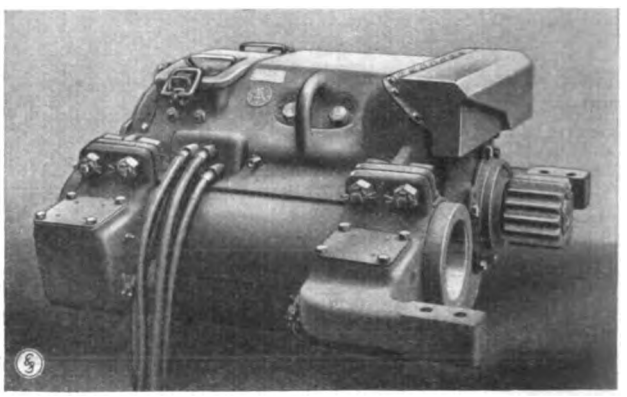


Abb. 82. Stadtbahnmotor, 90 kW Stundenleistung, 800 U/min, 375 V.

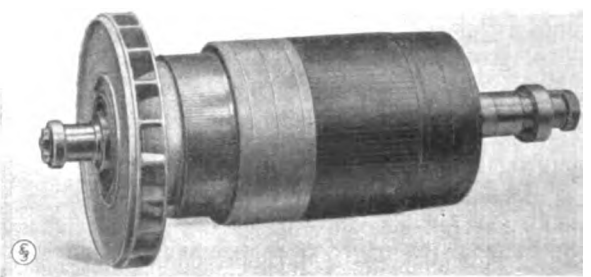


Abb. 83. Anker des Stadtbahnmotors mit Lüfter.

die Druckluftsteuerung zu einer ganzen Reihe von Versagern bei großer Kälte Veranlassung geben kann, wie auch der harte Winter 1928/29 gezeigt hat. Nach meiner Meinung ist es richtiger, den andern Weg zu gehen, der auch von den SSW bei den Wagen der Bahn Gesundbrunnen—Neukölln beschritten worden ist — eine rein elektrische Steuerung zu bevorzugen.

Die Steuerung bei den Stadtbahnwagen ist in der Weise ausgebildet, daß eine Nockenwalze (Abb. 85), von der aus die einzelnen Stufenkontakte geschlossen werden, durch ein elektropneumatisches Klinkwerk in Bewegung gesetzt wird. Ein einstellbares Fortschaltrelais regelt

Digitized by Google

dabei den Schalttakt des Klinkwerkes u. a. in der Weise, daß auch einer Überlastung der Motoren vorgebeugt wird. Die Schaltwalze bewirkt aber nicht das Abschalten des Stromes, sondern hierzu wird das Hauptschütz (Abb. 86) in Verbindung mit einem Überlastrelais benutzt. Nach dem Ausschalten muß natürlich das Klinkwerk die ganze Rückschaltung der Schaltwalze bewirken. Beim Ingangsetzen des Wagens hat der Führer nur nötig, durch Niederdrücken des Knopfes an dem Hauptfahrschalter den Steuerstrom einzuschalten, um das Klinkwerk in Bewegung zu setzen (Abb. 87). Durch den kleinen Handgriff am Fahrschalter werden fünf verschiedene Stellungen eingestellt: 2 dienen für Vorwärtsfahrt mit kleinerer oder höherer Beschleunigung, je eine für Vorwärts- und Rückwärts-Rangierfahrt und die letzte für die Prüfung der Wagen in der Werkstätte; bei dieser läuft der Luftpresser, ohne daß der Wagen fährt. Ein durch Luftdruck betätigter Fahrtwender (Abb. 88) bewirkt die Änderung der Drehrichtung der Fahrmotoren, ein Überlastrelais schützt die Fahrmotoren gegen plötzliche Überlastungen, indem es das Hauptschütz zum Abschalten bringt, und eine Starkstromsicherung (Abb. 89) soll einen etwa am Wagen entstehenden Kurzschluß abschalten. Von den in Kabeln verlegten Zugleitungen (Abb. 90) dienen 5 für Steuerung, 4 für Nebenbetriebe und weitere 3 werden zukünftig noch gebraucht werden, so daß die Steuerstromkupplung (Abb. 91) mit 12 Leitungsstöpseln ausgerüstet ist.

Besonders bemerkenswert ist noch, daß die sämtlichen Apparate isoliert am Wagenkasten aufgehängt sind (Abb. 92), so daß die Isolation gegen Erde eine besonders gute ist,

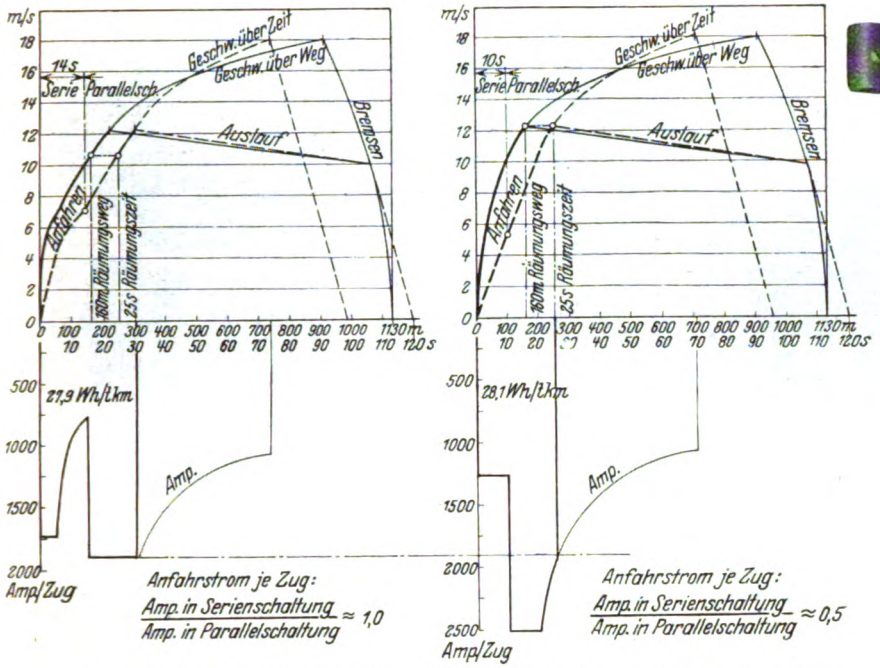


Abb. 84. Mittlere Fahrlinie für die Berliner Stadtbahn, Zuggewicht 320 t, 16 Motoren; links mit Umschaltung der Beschleunigung, rechts übliche Schaltung.

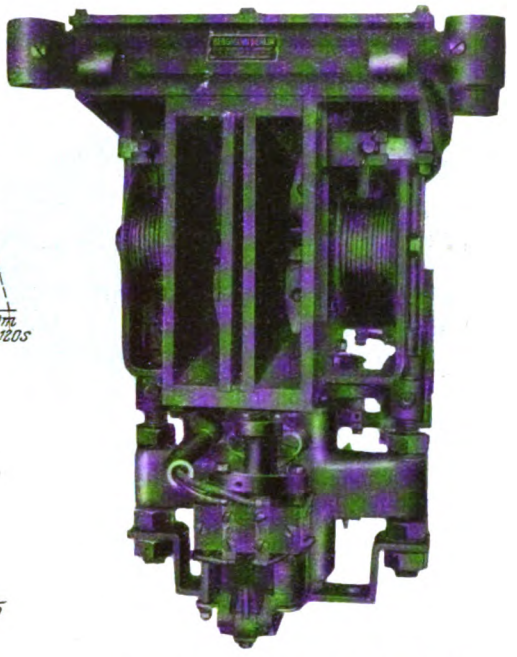


Abb. 86. Steuerung der Triebwagen der Berliner Stadtbahn; Hauptschütz.

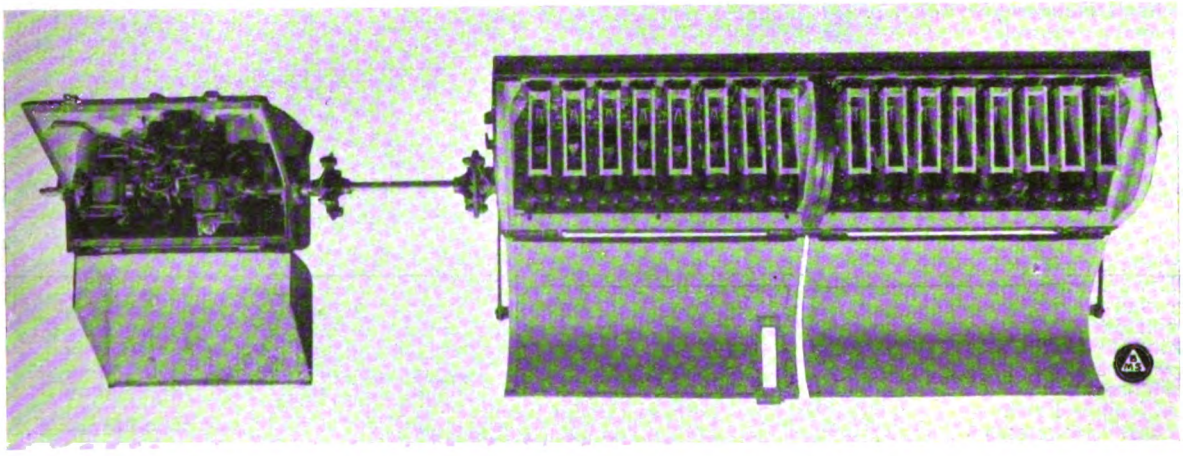


Abb. 85. Steuerung der Triebwagen der Berliner Stadtbahn; Klinkwerk mit Nockenschaltwalze.

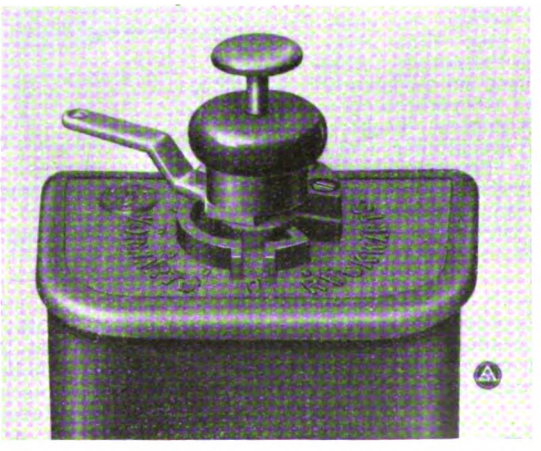


Abb. 87. Steuerung der Triebwagen der Berliner Stadtbahn; Oberteil des Hauptfahrschalters.

Digitized by Google

was bei den Spannungschwankungen zwischen 600 bis nahezu 1000 V natürlich besonders ins Gewicht fällt.

Der Stromabnehmer ist an jeder Seite des vorderen Drehgestells an einem Holzbalken isoliert aufgehängt und derartig ausgebildet, daß er die Stromschiene von zwei Seiten — normal von unten, an den Brücken von der Seite — bestreichen kann. Die Notwendigkeit dieser Ausbildung war wegen verschiedener vorhandener Brücken entstanden. Der Stromabnehmer läßt sich profilfrei zurückklappen (Abb. 93).

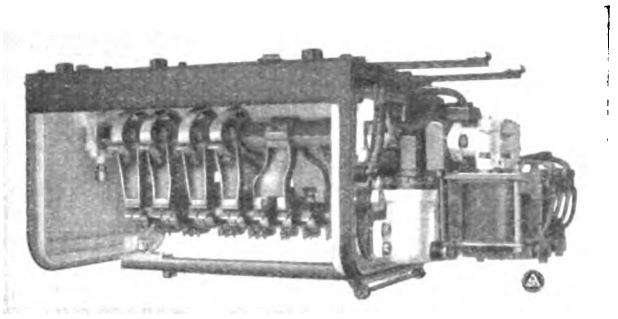


Abb. 88. Steuerung der Triebwagen der Berliner Stadtbahn; Fahrtwender.

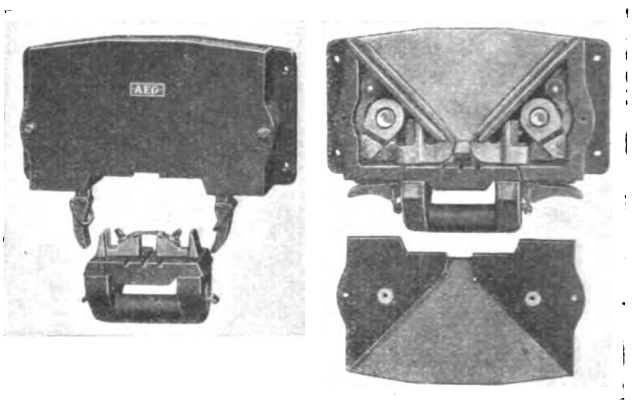


Abb. 89. Wagen-Hauptsicherung; Berliner Stadtbahn.

c) Nebenbetriebe. Da die Spannung nur 800 V beträgt, so boten sich keine Schwierigkeiten, die Nebenbetriebe mit dieser Spannung zu versorgen, wobei natürlich auf die Schwankungen Rücksicht zu nehmen war. Das gilt besonders für die Beleuchtung, in deren Kreis ein besonderer Lichtspannungsregler (Bauart Pintsch) eingeschaltet wurde, dessen Regelwirkung von der Höhe der Spannung abhängig ist. Die direkt treibenden Motoren der Luftpresser (je Triebwagen einer) lassen sich vom Führerstands-Druckregler über eine Steuerleitung ohne weiteres betätigen. Zur Erwärmung der Wagen sind elektrische Öfen von je 550 W in Vielfachverteilung unter den Sitzbänken angebracht, so daß sehr gleichmäßige Erwärmung mit insgesamt 14 kW je Wagen gewährleistet ist ohne Überladung einzelner Stellen mit Wärme; die Regelung der Heizleistung erfolgt von einer Stelle aus. Eine elektrische Fahrsperre (Abb. 94) dient zur Sicherung gegen Überfahren von Haltesignalen. Elektrische Türschließer, elektrische Fensterwischer, Steuerstromautomaten, Meldelampen, Notbeleuchtung vervollständigen die elektrische Ausrüstung der Wagen.

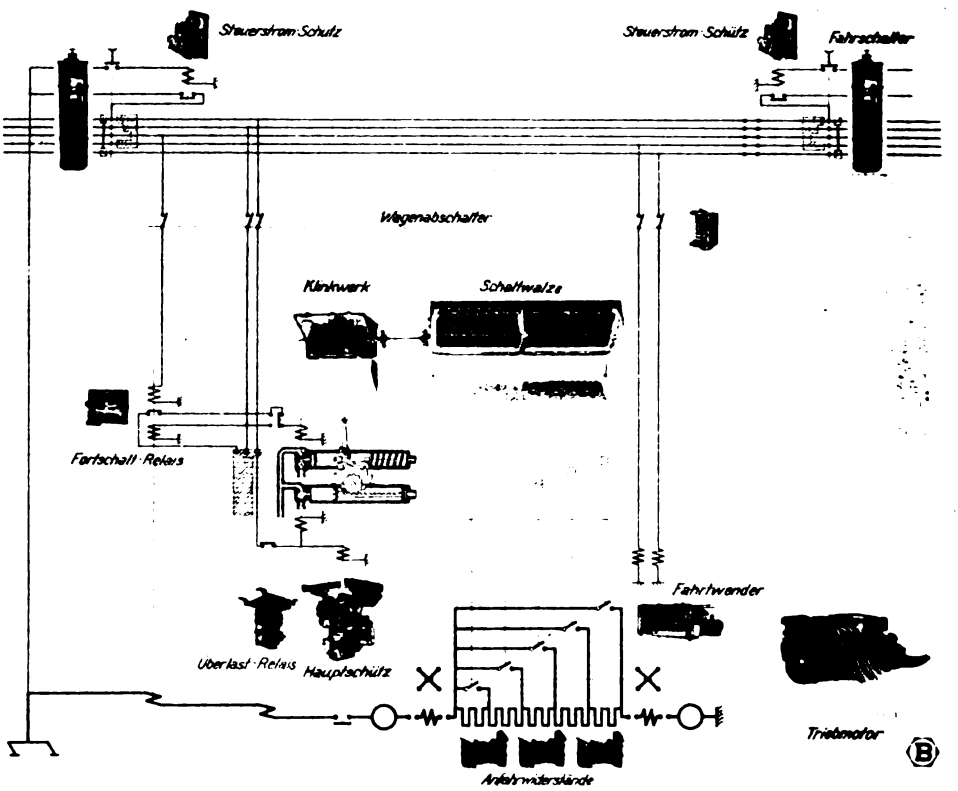


Abb. 90. Steuerung der Triebwagen der Berliner Stadtbahn; vereinfachtes Schaltbild.

C. Kraftwerke.

Es wäre das natürlichste gewesen, wenn für die Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen ein eigenes Bahnkraftwerk zur Erzeugung von Drehstrom 30 kV, 50 Hz gebaut worden wäre, bequem gelegen, etwa im Lastenschwerpunkt auf dem Bahngrundstück am Markgrafendamm. Wirtschaftlichkeits- und Strompreisberechnungen zeigten vorteilhaftere Ergebnisse als die Berechnungen der zu gleicher Zeit auftretenden Bewerber, der Elektrowerke und der BEWAG. Erstere boten Strom von Trattendorf an, letztere vom Großkraftwerk Klingenberg in Rummelsburg. Über das Für und Wider — Bezug von Fremdstrom oder ein eigenes Bahnkraftwerk — ist viel gesprochen und geschrieben worden[15]. Die für den Betrieb zuverlässigste und vorteilhafteste Anordnung ist zweifellos die eines eigenen Bahnwerks. Doch hat die DRB geglaubt, ihr Ohr den Bewerbungen der Elektrizitätswerke nicht verschließen zu sollen, und hauptsächlich die Rücksicht auf die Stadt Berlin führte letzten Endes zu dem Entschlusse, dem Angebot zuzustimmen und von beiden Bewerbern je die Hälfte des Stromes über die Unterwerke Halensee und Markgrafendamm bei einer Spannung von 30 kV abzunehmen, jedoch unter der Bedingung, daß mit besonderen Generatoren über eine getrennte Sammelschiene gespeist werden sollte und daß eventuell später ein bahneigenes Spitzenwerk erbaut werden würde und alle die notwendigen technischen Sicherungen getroffen würden, z. B. im Hinblick auf Kupplung der Netze, die Spannung bei verschieden hohen Tagesbelastungen u. a. m. Der Vertrag ist zunächst auf 12 Jahre unter Beachtung der nötigen finanziellen Sicherungen geschlos-

[15] Vgl. ETZ 1926 S. 633 757, 761, 764, 765.

Digitized by Google

sen. Für die Fälle des Versagens der Stromlieferung sind Konventionalstrafen vorgesehen.

Über die Ausführung der Kraftwerke selbst ist wenig zu sagen, da sie sich in ihrer Ausgestaltung nur wenig mit einer gewissen Reserve ausgekommen sein und hätte natürlich Gelegenheit gehabt, alle Einrichtungen der Erzeugung und Fortleitung des Stroms einzig und allein auf den Bahnbetrieb zuzuschneiden und so am vorteilhaftesten

Abb. 91. Berliner Stadtbahn; Steuerstromkupplung.

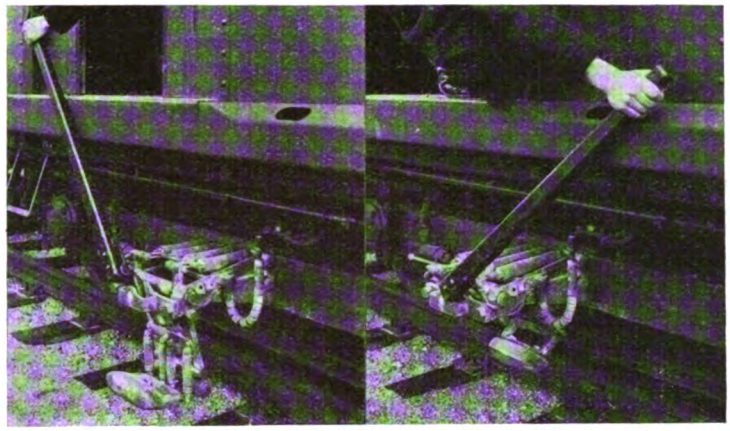


Abb. 93. Berliner Stadtbahn; Stromabnehmer. Links in Arbeitstellung, rechts profilfrei zurückgeklappt.

von anderen Drehstromkraftwerken unterscheiden. Bei einem bahneigenen Kraftwerk würde man mit einer Größe des Kraftwerks von rd. 100 000 kW für die ersten Jahre zu wirtschaften. Doch ist der Umstand des Bezuges von Fremdstrom nicht so ausschlaggebend, daß er den Gesamtbetrieb etwa stark ungünstig beeinflussen würde, vorausgesetzt jedoch, daß die Stromkosten für eine Reihe von Jahren keine wesentliche Steigerung erfahren und daß keine politischen Rückwirkungen eintreten, die der DRB den sicheren Betrieb erschweren oder unmöglich machen! Jedenfalls darf man wohl sagen, daß die Stromlieferung bisher allen Anforderungen des Betriebes entsprochen hat.

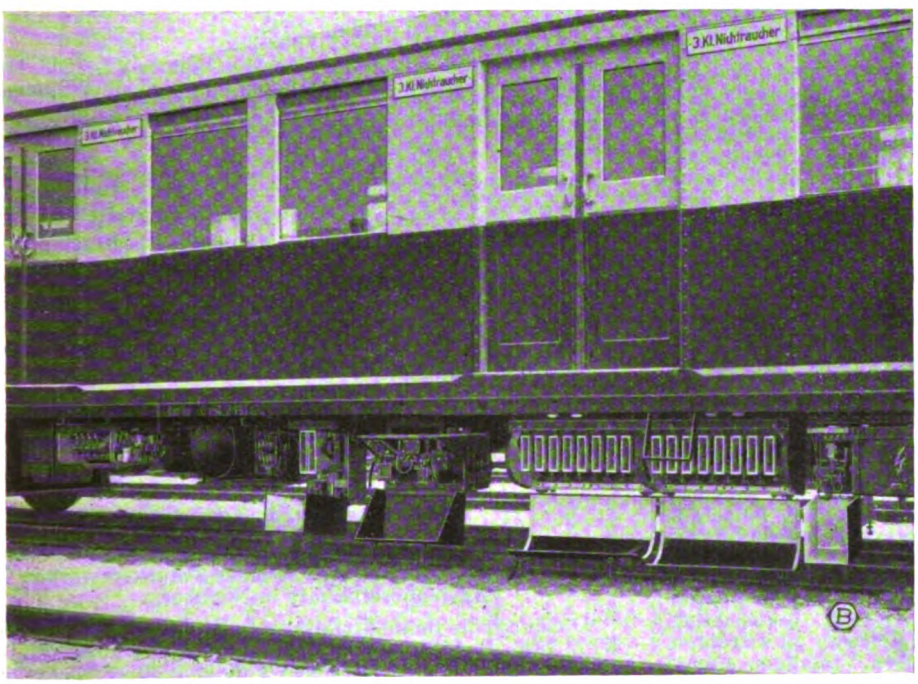


Abb. 92. Aufhängung der Steuerapparate am Triebwagen der Berliner Stadtbahn.

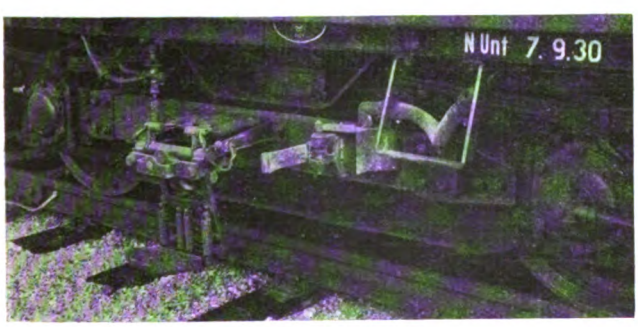


Abb. 94. Berliner Stadtbahn; Teile der Fahrsperre am Wagen.

VI. Ausblick.

Die Elektrisierung der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen, die mit der Inbetriebnahme im Jahre 1929 in denkbar bester Vollkommenheit zu Ende geführt worden ist, hat den gehegten Absichten der Reichsbahningenieure und allen Erwartungen in bezug auf Beschleunigung der Personenbeförderung, Verdichtung der Zugfolge, vergrößerte Sauberkeit durch Beseitigung der Rauch- und Rußplage sowie schließlich auf Erhöhung der gesamten Leistungsfähigkeit der Bahnen und der Wirtschaftlichkeit voll entsprochen. Wenn einzelne Nörgler und Besserwisser noch klagen, nun so soll man ihnen das Vergnügen, sich zu ärgern, gönnen und etwaige Verbesserungen an Äußerlichkeiten getrost der Zukunft überlassen in dem Bewußtsein, daß die Beauftragten den Mut gehabt haben, etwas Gutes zu machen. Für den Elektro-Eisenbahner ergibt sich aus der geleisteten Arbeit eine wichtige Folgerung: Zum ersten Male für Berlin im Jahre 1902, zum zweiten Male 1928/1929 hat das gewählte System:

„für Bahnen im Nahverkehr elektrische Energie in Gestalt von Gleichstrom von 750 V Spannung mittels einer Fahrleitung, der dritten Schiene, den symmetrischen Blockzügen zuzuführen, die hälftig aus Motorwagen und Beiwagen bestehen und mit Zugsteuerung betrieben werden"

allen Anforderungen des schwersten Personenverkehrs standgehalten und kann daher auch weiterhin als das elektrische System für Nahverkehrsbahnen gel-

Digitized by Google

ten, während unstreitig dem Wechselstrom die Aufgabe der Bewältigung des Fernverkehrs mittels Lokomotivzügen zufällt.

Als eine Erscheinung von bemerkenswertem Interesse in bezug auf Entwicklung menschlicher Gedankengänge ist anzusprechen, daß im Jahre 1879 die erste elektrische Bahn des genialen Werner Siemens bereits dasselbe Kennzeichen der Stromzuführung mittels dritter Schiene aufwies — wenn auch in einer ursprünglich näherliegenden Abwandlung — und eben den Anstoß zu der jetzt beendeten Entwicklung gegeben hat.

Weltkraftkonferenz Berlin 1930.

Die 2. Vollversammlung der Weltkraftkonferenz (Berlin 16. bis 25. VI.) rückt näher und begegnet in allen letzterer angehörenden rd. 50 Staaten regstem Interesse. Über ihre Vorgeschichte, den Zweck, die Organisation und das allgemeine Programm sind die Leser der ETZ am Jahresbeginn durch den Vorsitzenden der Tagung, Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. C. Köttgen, schon eingehend unterrichtet worden[1]. Ein von ihm kürzlich veranstalteter Presseempfang, bei dem man u. a. die Freude hatte, den Ehrenpräsidenten, Exzellenz O. v. Miller, über die außerordentliche Bedeutung der Konferenz sprechen zu hören, gab nunmehr Gelegenheit zu weiteren Informationen: 400 z. T. höchst bemerkenswerte Beiträge, davon rd. 60 aus Deutschland, sind angemeldet[2], die bereits mehrere Monate vor der Tagung gedruckt vorliegen und Interessenten auf Wunsch zur Verfügung stehen; lediglich die wichtigsten Ergebnisse — der Schwerpunkt der Verhandlungen liegt bekanntlich in der Erörterung des Energieabsatzes — werden den Teilnehmern in 34 verschiedenen Sektionen von deutschen Generalberichterstattern übermittelt und durch eine besondere Sprachenübertragungsanlage zugleich auch in englisch und französisch der Versammlung zur Kenntnis gebracht. Die danach einsetzende Diskussion dürfte den wertvollsten Teil der Konferenz bilden und zu wichtigen Entschließungen führen. Neben dem umfangreichen wissenschaftlichen Programm sollen sich in den größten Sälen Berlins bedeutende Energiefachmänner und Wissenschaftler vor der breiten Öffentlichkeit über aktuelle Fragen und Zukunftsaufgaben der Energiewirtschaft äußern. Mr. D. N. Dunlop, der Führer des Englischen Nationalen Komitees und Anreger der Weltkraftkonferenz, wird über die Beziehungen zwischen Energiewirtschaft und Zivilisation, Prof. A. Eddington über Hochfrequenztechnik sprechen, ein Gebiet, auf dem dieser englische Forscher infolge langjähriger Tätigkeit bei der Marconi-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie hervorragende Erfahrungen besitzt. In einem Sprechfilm wird Th. A. Edison, der wegen seines hohen Alters Berlin nicht mehr persönlich besuchen kann, einer internationalen Hörerschaft seinen berühmten Glühlampenversuch vorführen und erläutern. Prof. D. Serruys, dessen Namen man erst jüngst wieder in Verbindung mit den Genfer Zollfriedensverhandlungen viel genannt hat, wird sich mit der Abwandlung des Rationalisierungsgedankens in den einzelnen Ländern befassen und darlegen, inwieweit dessen Durchführung von den jeweils andersartigen wirtschaftlichen Vorbedingungen und unterschiedlichen geistigen Veranlagungen der einzelnen Nationen abhängt. Ein namhafter italienischer Teilnehmer der Konferenz beabsichtigt, Leonardo da Vinci als Künstler und Erfinder zu würdigen. Deutschland ist bei diesen öffentlichen Vorträgen einmal durch Prof. Dr. A. Einstein, der über das physikalische Raum- und Ätherproblem sprechen will, und dann durch Generaldirektor Dr. O. Oliven von der Gesfürel-Loewe AG. vertreten, dessen Thema der Gedanke eines europäischen Großkraftnetzes ist. Seine Ausführungen dürften in besonderem Maß geeignet sein, der Allgemeinheit ein Bild von den völkerverbindenden Aufgaben der Energiewirtschaft vor Augen zu führen, deren Erfüllung uns voraussichtlich schon in naher Zukunft praktisch beschäftigen wird. Eine von der Geschäftsführung der 2. Weltkraftkonferenz (Berlin NW 7, Ingenieurhaus) herausgegebene Druckschrift „Weltkraftkonferenz Berlin 1930" kennzeichnet deren allgemeine Bedeutung für den Ausgleich der Zeitmaße menschlichen und technischen Fortschritts und umreißt kurz die Ziele der Veranstaltung im Hinblick auf die besonderen Aufgaben der Technik, der Wirtschaft, der Verwaltung und der Ausbildung. Auch das offizielle Programm für die Besichtigungs-Gruppenreisen der Konferenz[3], die deren Reisebureau (Anschrift wie oben) arrangiert und durchführt, liegt nunmehr bereit. Der Stand der sehr mühevollen Vorbereitungen rechtfertigt somit die Erwartung, daß diese 2. Vollversammlung, den Rahmen eines Fachkongresses weit überschreitend, für die gesamte technische Welt wie auch für die große Allgemeinheit, der sie Einblicke in die Fülle energiewirtschaftlicher Probleme gewährt, ein Ereignis allerersten Ranges sein wird.

[1] ETZ 1930, S. 1.

[2] Eine Liste der Berichte — diese können als Vorabzüge von der Geschäftsstelle der Zweiten Weltkraftkonferenz bezogen werden — lassen wir folgen, sobald sie nahezu endgültig feststeht.

[3] Vgl. ETZ 1929, S. 1818.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 278.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, wird dem System $\overline{|120|}$ folgende Elektrizitätszählerform als Zusatz eingereiht.

Zusatz zu System $\overline{|120|}$, die Form W 8*, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der

Siemens-Schuckertwerke Aktiengesellschaft

in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, den 14. I. 1930.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Beschreibung.

Zusatz zu System $\overline{|120|}$,

die Form W 8*, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von den Siemens-Schuckertwerken Aktiengesellschaft in Nürnberg.

Die durch die Bekanntmachungen Nr. 216 vom 18. V. 1926 (ETZ 1926, S. 858) und Nr. 263 vom 29. VI. 1928 (ETZ 1928, S. 1480) für Stromstärken von 1,5 ... 30 A, Spannungen bis 260 V und Frequenzen von 40 ... 60 Hz als Zwei- und Dreileiterzähler zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom der Form W 8* des Systems $\overline{|120|}$ werden für Nennstromstärken bis 15 A auch mit erhöhtem Querschnitt der Kupferwicklung im Hauptstromkreis bei etwas verminderter Amperewindungszahl hergestellt. Die Zähler dieser Ausführung können für die gleichen Spannungs- und Frequenzmeßbereiche wie die bisher zugelassene Ausführungsform der Zähler beglaubigt werden.

Die untersuchten Zähler für 5 A Nennstromstärke hatten bei Nennlast einen Eigenverbrauch von etwa 0,93 W im Hauptstromkreis. Im übrigen waren die Eigenschaften der Zähler etwa die gleichen wie die der bisher zugelassenen Ausführungsform.

[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 31.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Das Umspannwerk Jena des Thüringenwerks. — Das 100/50/10 kV-Umspannwerk Jena der Thüringischen Landeselektrizitätsversorgung AG. Thüringenwerk dient als Hauptspeisepunkt für die 50 kV-Landessammelschiene. Das Werk ist für 40 000 kVA vorgesehen und erhält seinen Strom über eine 65 km lange Doppelleitung vom Großkraftwerk Böhlen der AG. Sächsische Werke (Abb. 1. Da die Doppelleitung für die ersten Jahre unwirtschaftlich

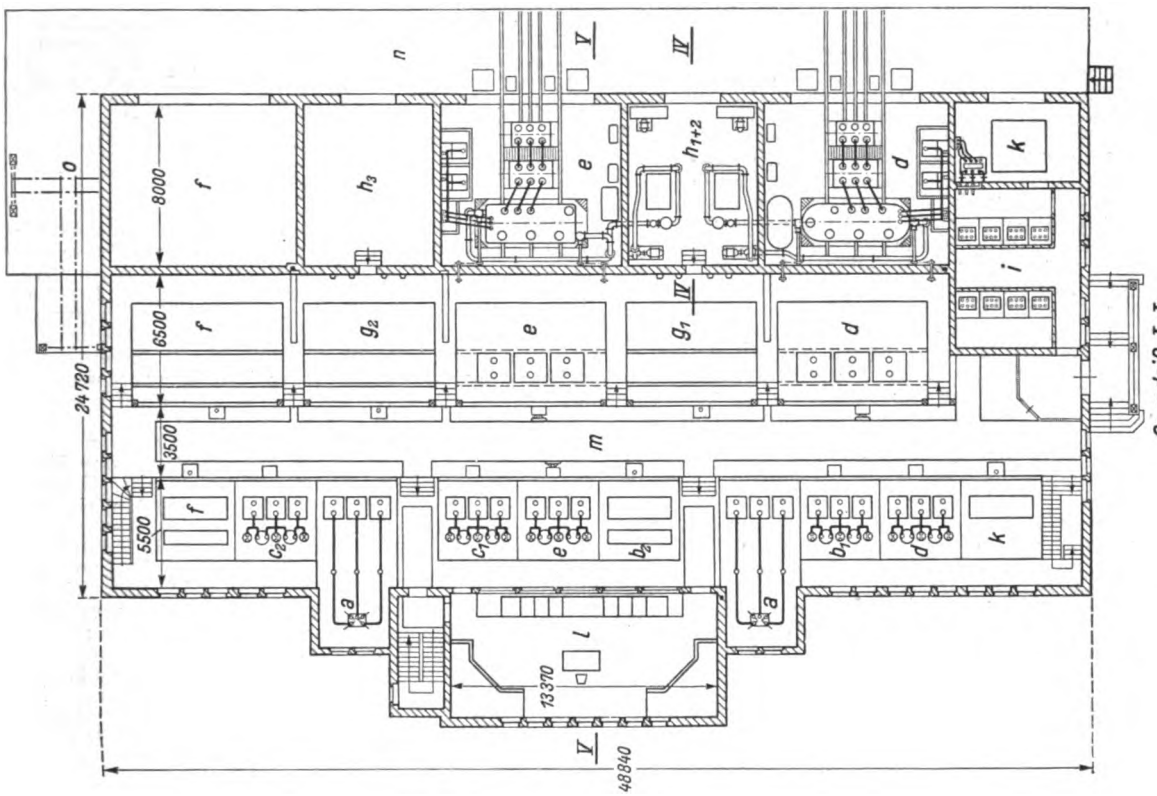
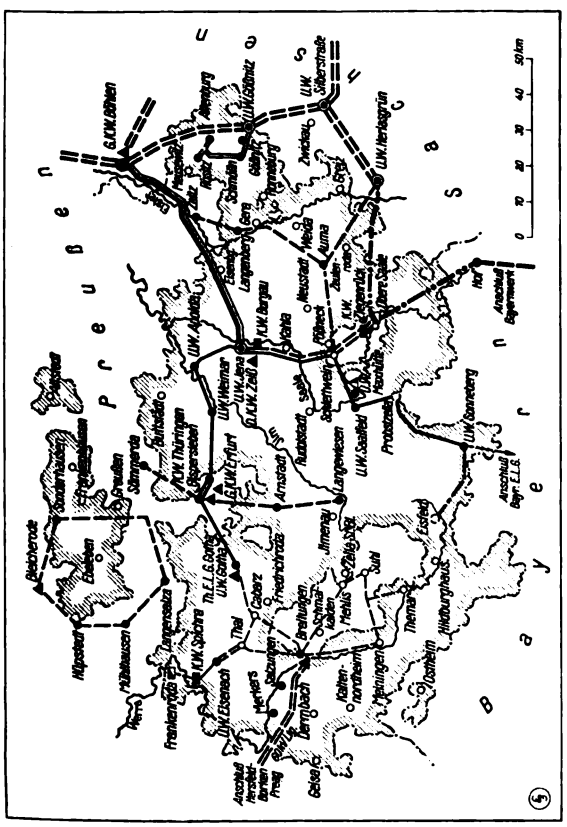


Abb. 2b. Räumlicher Aufbau der Schaltanlage (Grundriß).

Überspannungsschutz	f Umspanner III Reserve	l Warte	
a	g_1 Freileitung I Apolda	m Bedienungsgang	
b_1 Freileitung I Apolda	g_2 Freileitung II, Böhlen	n Rampe	
b_2 Freileitung II, Apolda	h_1 u. h_2 Kühlanlage, Umspanner I und II	o Krananlage	
c_1 Freileitung I, Saalfeld	h_3 Kühlanlage, Umspanner III Reserve	p Transportgleis	
c_2 Freileitung II, Saalfeld	i 10 kV Anlage	r Kabelkanal	
d Umspanner I	k 10 kV-Umspanner	s Besichtigungsbühne	
e Umspanner II			



50 kV-Leitung Thüringenwerk
50 kV-Leitung Thüringenwerk, geplant
50 kV-Leitung, fremd
30 kV-Leitung Thüringenwerk
30 kV-Leitung Thüringenwerk, geplant
30 kV-Leitung, fremd
100 kV-Leitung Thüringenwerk, mit Reservephase
100 kV-Leitung Thüringenwerk, geplant
100 kV-Leitung AG. Sächsische Werke
Dampfkraftwerk, Gaskraftwerk
Wasserkraftwerk
Wasserkraftwerk, geplant
Umspannwerk
Umspannwerk, geplant

Abb. 1. Thüringische Landeselektrizitätsversorgung.

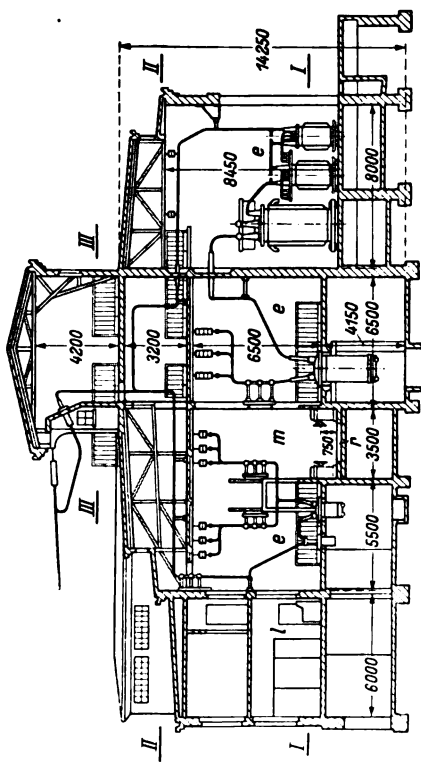


Abb. 2a. Räumlicher Aufbau der Schaltanlage (Schnitt).

Digitized by Google

wäre, wurde zunächst nur ein Leitungssystem und zur Reserve eine Phase des zweiten Systems verlegt. In dem Umspannwerk sind im ersten Ausbau zwei Umspanner von je 10 000 kVA Leistung aufgestellt, während Platz für einen dritten Umspanner von 20 000 kVA vorgesehen ist. Jeder Umspanner erhält zwei Zusatz-Absatzumspanner, die eine Regelung der Spannung unter Last in neun Stufen ermöglichen. Die Einstellung der einzelnen Spannungsstufen wird von der Warte aus vorgenommen. Da die Beschaffung von Wasser zur Kühlung der Umspanner Schwierigkeiten bereitet, sind Preßluftkühler vorgesehen, die in besonderen Kammern neben den Umspannern angeordnet sind. Die erwärmte Luft dieser Kühler wird im Winter zum Heizen des Schaltraumes benutzt.

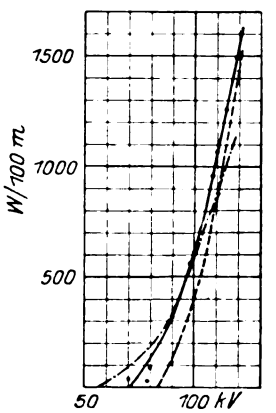
Der räumliche Aufbau der Schaltanlage (Abb. 2 a u. b) zeigt in allen Teilen eine übersichtliche Anordnung bei größtmöglicher Ersparnis an Raum und Isolatoren. Die gewählte Anordnung als Hallenbau verbindet den Vorzug der Übersicht, der sich bei einer offenen Anlage ergibt, mit dem Vorteil des Zellenbaues, bei dem die mit Öl und Masse versehenen Geräte in einem besonderen Raum untergebracht sind. Die 100- und 50 kV-Ölschalterkessel sowie die Meßwandler hängen im Fußboden, und der gesamte untere Teil des Baues steht mit dem Freien in Verbindung. Die Abgase der Ölschalter werden durch den natürlichen Luftzug im Freien zerstreut. Eine Prüfung der inneren Teile der Ölschalter kann durch Senken der Kessel an dem fest eingebauten Schalter vorgenommen werden. Hierbei können Schaltbewegungen des Ölschalters ausgeführt und beobachtet werden. Diese Anordnung bietet den besonderen Vorteil, daß der Schalter nicht von seinem Antrieb losgelöst zu werden braucht, so daß man sich bei abgenommenem Kessel vom richtigen Arbeiten und Eingreifen der Kontakte leicht überzeugen kann. Das Einbringen der Ölschalter und Senken der Kessel geschieht mit Hilfe von Windewagen, die unterhalb der Kessel verfahren werden. Die Warte liegt auf gleicher Höhe, unmittelbar neben dem Hochspannungsraum. Es kann von hier aus der gesamte Hochspannungsraum überblickt werden. Oberhalb des Fernschaltraumes befinden sich Nebenräume für eine Akkumulatorenbatterie und die Nebenbetriebe. Eine Anlage für leitungsgerichtetes Fernsprechen ist im Bodenraum oberhalb des Schaltraumes untergebracht.

Der Hochbau wurde vom Thüringenwerk in eigener Verwaltung ausgeführt, während der elektrische Teil von den SSW geliefert wurde. (K y s e r, Siemens-Z. Bd. 9, S. 65 und 144.) *fi*

Schutzmaßnahmen in Niederspannungsnetzen. — Die französischen Vorschriften für Drehstromnetze sehen folgende Schutzmaßnahmen vor: 1. In Netzen mit einer Phasenspannung < 150 V (Gruppe B_1) ist der Sternpunkt zu erden. 2. Bei einer Phasenspannung zwischen 150 und 250 V (Gruppe B_2) ist die Sternpunktserdung freigestellt. 3. Für Netze mit einer Phasenspannung > 250 V ist die Sternpunktserdung nicht vorgeschrieben. 4. Leitungsmaste sind entweder direkt zu erden oder durch Schutzseil mit gut geerdeten Einzelmasten zu verbinden. Für Betonmaste genügt die Erdung der Isolatorstützen. Die gleichen Vorschriften sind auf Metallarmaturen in Hochspannungsanlagen anzuwenden. 5. Die Erdung soll durch Kupferseile von mindestens 30 mm² oder Eisenseile von mindestens 50 mm² bewirkt werden. — Von allgemeinem Interesse ist die Frage, ob durch diese Vorschriften den elektrischen Stromgefahren bei zufälliger Berührung eines Anlageteiles vorgebeugt wird. Auf Grund zahlreicher Erfahrungen muß hierbei ein Körperstrom von 50 ... 100 mA als gefährlich gelten; die oberen Werte bewirken fast stets den Tod des Verunglückten. Der Körperwiderstand kann bis auf 500 Ω heruntergehen, liegt aber im Mittel in der Größenordnung von 2000 Ω. In einem Netz der Gruppe B_1 mit direkter Sternpunktserdung sind hiernach sogar Berührungen eines Phasenleiters nur in Ausnahmefällen gefährlich. Ist dagegen die gleiche „Schutz"-Maßnahme auf Netze der Gruppe B_2 angewandt, so ist die Berührung eines Phasenleiters unbedingt lebensgefährlich. Hier ist der Betrieb mit isoliertem Sternpunkt zweckmäßiger, weil dann die Gefahr nur von dem Isolationszustand der Anlage abhängt; er kann durch laufende Kontrolle leicht so erhalten werden, daß Gefahren ausgeschlossen sind. Praktisch die gleichen Überlegungen gelten für Netze, deren Sternpunkt über einem Überspannungsschutz an Erde liegt. Allen diesen einfach zu beherrschenden Fällen gegenüber treten besondere Gefahren auf, falls das Niederspannungsnetz metallischen Schluß mit einer Hochspannungsleitung erhält. Bei Sternpunktserdung der Hochspannungsleitung entwickelt sich dann ein Erdkurzschlußstrom, der nach Maßgabe des Sternpunktswiderstandes der Niederspannungsanlage in dieser gefährliche Spannungen gegen Erde hervorbringt. Aber auch bei isoliertem Hochspannungssternpunkt kann der kapazitive Erdschlußstrom ähnliche Folgen haben, sobald er etwa 10 A oder mehr beträgt. Gerade dieser Fall ist besonders zu beachten, weil dann im allgemeinen die Hochspannungsölschalter nicht auslösen, so daß der Gefahrzustand längere Zeit bestehen bleibt. Bei der Anwendung dieser Überlegungen auf die Berührungsgefahr in elektrischen Anlagen hat man zu unterscheiden, ob für den Transformatorsternpunkt und die Metallarmaturen gemeinsame Erdung oder getrennte Erdung vorgesehen ist. Indem man die verschiedenen Störungsmöglichkeiten untersucht, findet man die Anordnung mit getrennten Erdungen als die relativ günstigste, obgleich auch hierbei nicht alle Gefahren ausgeschlossen sind. (A. M a u d u i t, Rev. Gén. de l'El. Bd. 25, S. 875.) *Oldff.*

Leitungen.

Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit von Aluminium- und Kupferseilen auf die Koronaverluste. — S c h m i t t und K r i n e s berichten über orientierende Koronaverlustmessungen an alten und neuen Kupfer- und Aluminiumseilen, die an einer provisorischen Hochspannungsleitung von 65 m Länge in Lautawerk unternommen wurden. Die Koronamessungen wurden vorgenommen im einphasigen Betrieb des einen der jeweils ausgespannten Seile, wobei das andere an eine besonders für diesen Zweck hergerichtete Brunnenerde angeschlossen war. Zur Verbesserung der Erde unterhalb der Freileitung war auf dem Boden ein aus Eisendrähten gebildetes Netz ausgelegt worden. Untersucht wurden neue Kupfer- und Aluminiumseile mit 35, 50 und 70 mm² Nennquerschnitt, außerdem alte Aluminiumseile von 50 mm² und alte Kupferseile von 50 mm². Die alten Seile sind etwa 7 ... 8 Jahre in Betrieb gewesen. Als Meßgerät zur Bestimmung der Kapazität und des Verlustwinkels der Leitung wurde die Scheringbrücke benutzt. Das Ergebnis der Messungen an den vorhandenen neuen und alten Kupfer- und Aluminiumseilen von 50 mm² ist aus Abb. 3 ersichtlich. Die in der Abbildung gezeigten Kurven stellen die Abhängigkeit der gemessenen, auf 100 m umgerechneten Verluste in Watt von der aufgedrückten Spannung dar. Zur Kontrolle der Meßwerte wurden auf Grund der Peekschen Gleichungen die Verlustkurven für den vorliegenden Fall errechnet und in das Diagramm strichpunktiert eingetragen.



——— Al- und Cu-Seil, 50 mm², neu
– – – – Al- und Cu-Seil, 50 mm², alt
–.–.– Verluste nach Peek

Abb. 3. Vergleich der Koronaverluste bei neuen und alten Aluminium- und Kupferseilen.

Es zeigte sich, daß die alten Seile geringere Verluste aufweisen als die neuen, u. zw. gilt dies für Aluminium- und für alte Kupferseile. Überraschend war, daß die Werte für alte Seile fast gar nicht streuen, während bei den neuen Seilen die Mittelbildung aus den gemessenen Werten dadurch erschwert wurde, daß die Aluminiumseile scheinbar geringere Koronaverluste zeigten als die Kupferseile. Zwecks Weiterverfolgung dieser Feststellung wurden die neuen Aluminium- und Kupferseile von 35 und 70 mm² Querschnitt durchgemessen. In den Abb. 4 und 5 sind die für diese Seile gemessenen Verlustkurven aufgezeichnet, als Vergleich hierzu wiederum die nach Peek errechneten Verlustkurven. Das bei dem neuen Aluminiumseil von 50 mm² beobachtete Phänomen der Verringerung der Koronaverluste gegenüber dem neuen Kupferseil gleichen Querschnitts trat auch bei diesen Seilen in Erscheinung. Die Differenzen in den Verlustkurven liegen außerhalb der Meßgenauigkeit und können auch nicht zurückgeführt werden auf die Bemessung der Seile, d. h. auf etwaige Verschiedenheiten der Drahtstärke oder der Schlaglänge. Ob hier zum erstenmal eine gewisse Gesetzmäßigkeit festgestellt worden ist, kann nur auf Grund weiterer umfangreicher Versuche festgestellt werden, zu denen die besprochene Arbeit anregen soll.

Digitized by Google

Die Abnahme der Koronaverluste mit dem Alter ist bereits von verschiedenen Forschern beobachtet und damit erklärt worden, daß die von der Montage und Verarbeitung des Drahtes herrührenden Fasern und Spitzen mit der Zeit verweht und ausgewaschen werden. Es wird vermutet, daß das Höherrücken der Anfangspannung und die

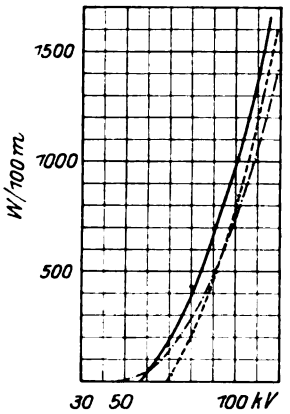


Abb. 4. Koronaverluste von neuen Aluminium- und Kupferseilen von 35 mm².

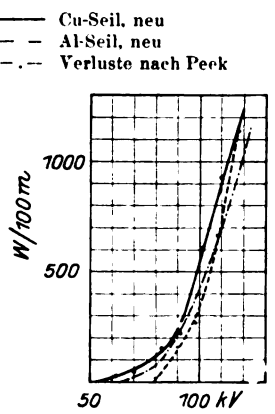
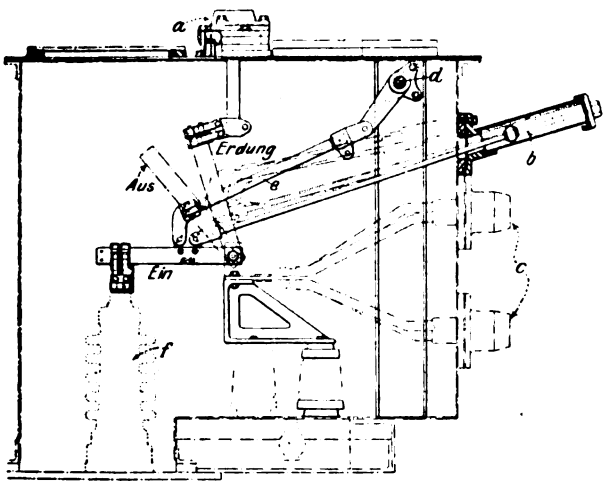


Abb. 5. Wie Abb. 4, Seilquerschnitt 70 mm².

Abnahme der Koronaverluste bei neuen Aluminiumseilen gegenüber neuen Kupferseilen ebenfalls auf die Spitzenwirkung zurückgeführt werden können. Es ist denkbar, daß die vom Walzprozeß herrührenden Rauhigkeiten der Oberfläche durch den Ziehprozeß beim härteren Kupfer nicht so gut ausgeglichen werden wie beim weicheren Aluminium. Die Oxydhaut, die sich auf den Aluminiumdrähten bildet, kann keinesfalls die Ursache dieser Erscheinung sein. (Schmitt u. Krines, Aluminium-Z. 1929, S. 64.) *Sb.*

Elektromaschinenbau.

Zusammenbau von Transformator und Trennschalter. — Um in Transformatorenstationen Sammelschienen und Schaltapparate für die Oberspannung zu vermeiden, versieht die Detroit Edison Co. ihre Freiluft-transformatoren für 24 000 V Oberspannung mit einem ölgefüllten Aufbau, in dem der Trennschalter untergebracht ist (Abb. 6). Der



a Erdanschluß
b Ölpuffer
c Einführung des 24 000 V-Kabels
d Welle für Schalterantrieb
e Übertragungstange
f Transformator. Durchführung auf der Oberspannungseite

Abb. 6. Auf den Transformator aufgebauter Trennschalter.

Transformator kann dann durch eine an der Welle *d* angreifende Stange von der Speiseleitung getrennt werden. In einer dritten Stellung des Schalters werden die Adern des 24 000 V-Kabels an Erde gelegt, damit am Transformator und am Kabel gearbeitet werden kann. Zur Regelung der Schaltmesserbewegung sind die Messer mit je einem Ölpuffer versehen. (El. World Bd. 93, S. 927.) *Ka.*

Transformatorenberechnung mittels Nonogramms. — In dem Aufsatz „Transformatorenberechnung mittels Nomogramms", ETZ 1930, S. 382, ist das Nomogramm Abb. 3 auf S. 384 unrichtig und durch die hier wiedergegebene Abb. 7 zu ersetzen.

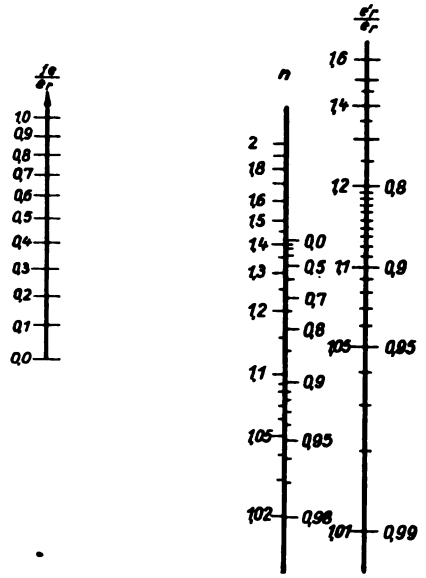


Abb. 7. Bestimmung der Änderung der Ohmschen Spannung aus Last- und Verlustverhältnis eines Transformators.

Apparate.

Aufbau und Bemessung magnetischer Blasanordnungen. — Bei der Entwicklung der elektrischen Stadtschnellbahnen, die durch den Übergang zu höheren Netzspannungen und größeren Maschinenleistungen gekennzeichnet ist, werden an die Schaltgeräte immer größere Anforderungen gestellt, denen nur durch Anwendung künstlicher Hilfsmittel zur Löschung der bei den Schaltvorgängen entstehenden Lichtbogen entsprochen werden kann. Die bekanntesten Hilfsmittel sind die Anwendung langer Funkenhörner und eines magnetischen Blasfeldes. Zur Vermeidung von Rückzündungen sind besondere Maßnahmen zu treffen, unter Umständen müssen bei hohen Schaltspannungen 2 Schaltelemente in Reihe gelegt werden. Die Konstruktionsformen, zu denen die einzelnen Aufbauteile vereinigt werden, können verschieden sein. L. G. Riley beschreibt in einem Aufsatz im Electric Journal vom Oktober 1928 einige Ausführungen von Druckluftschützen der Westinghouse-Gesellschaft.

Die das Blasfeld erzeugende Blasspule wird in Sonderfällen unabhängig vom Schaltelement gebaut, und auf magnetischen Rahmen werden Schaltelement und Blasspule wechselnd nebeneinander montiert, so daß ein einheitlicher Querfluß erzeugt wird. Üblicher ist der Zusammenbau von Blasspule und Schaltelement in einer Ebene, bei dem die Blasspule auf einem hinter dem festen Horn liegenden Eisenkern angebracht ist. Sonderformen stellen dann weiter die Konstruktionen dar, bei denen zur günstigen Raumausnutzung und zur Verkleinerung der Streuflüsse die Blaswindungen auf der ganzen Länge eines die Kammer umgreifenden Joches aufgebracht sind, oder bei denen zur Abschaltung hoher Stromstärken bei kleiner Spannung die Blasspule durch den einmal am Eisenkern vorbeigeführten Hauptleiter ersetzt ist. Die Hörner sämtlicher Ausführungen sind zur besseren Führung des Lichtbogens an der Oberfläche eben oder hohl gewölbt ausgeführt, sie stehen in einem möglichst großen Winkel, 180° oder mehr, zueinander geneigt, damit der Bogen rasch verlängert wird. Das bewegliche Schaltstück ist mit einem festen Horn in der Funkenkammer leitend verbunden, auf das der Lichtbogen abgeleitet wird. Die Funkenhörner sind gegen die Kammer gut abgedichtet.

Die Quelle teilt einige Versuchswerte in Form von Oszillogrammen und Zeitlupenaufnahmen mit. Es ergibt sich, daß die Schaltzeit ziemlich unabhängig vom Schaltstrom ist. Die reine Lichtbogenzeit beträgt bei 750 V und 27 000 A an einem 1000 A-Schütz 27 ms, bei 750 V und 10 000 A an einem 300 A-Schütz etwa 70 ... 80 ms. Die Zeitlupenbilder zeigen die auch aus den Oszillogrammen ersichtlichen Rückzündungen bei der hohen Belastung des Schalters.

Digitized by Google

Aus den Versuchen ergeben sich die günstigsten Werte für den Öffnungsweg der Schaltstücke, der sich bei Spannungen von 600 V bis 3000 V von 15 mm auf 37 mm ändert, die Öffnungsgeschwindigkeit, die mehr als 0,3 m/s betragen soll und die mittlere Blasfeldstärke im Kammerraum, die bei halbem Nennstrom und 1500 V 150 Gauß betragen soll, während für 600 V die Hälfte dieses Wertes als genügend angesehen wird. (L. G. Riley, The Electr. Journ. Bd. 25, S. 485 u. 553.) *Bsd.*

Betriebskontrolle von Erdschlußrelais. — E. Groß bringt für bestimmte Fälle beachtenswerte Prüfmethoden, die im Gegensatz zu den bereits veröffentlichten mittels Hilfschaltungen im Betriebe eine Kontrolle der Erdschlußrelais gestatten, ohne daß im Netz ein Erdschluß eingeleitet zu werden braucht. Bei den Hilfschaltungen wird entweder einem Vier- oder besser nach Abb. 8 einem Fünfschenkelwandler (Ableitungsdrossel, 3 Einphasenwandler in hochvoltseitiger Sternschaltung mit geerdetem Nullpunkt) die Nullpunktspannung e entnommen, die dann mit der tatsächlichen Nullpunktspannung bei sattem Erdschluß des Leiters R phasengleich ist und ein Drittel von dieser beträgt. Der Strom i für die Erdschlußrelais wird aus den Hilfschaltungen Abb. 9 a oder b erhalten, wobei erstere bei von der Station abfließender und letztere bei auf die Station zufließender Energie anzuwenden ist. Selbstverständlich kann bei einer der Schaltungen nach Abb. 9 auch die Spannung e sinngemäß zur Erprobung des Kontaktschlusses der Erdschlußrelais kommutiert werden. Die Relais müssen bei kompensierten Netzen auf das Produkt $e\,i\cos\varphi$ und sollen bei unkompensierten zweckmäßiger auf das Produkt $e\,i\sin\varphi$ ansprechen. Bei parallelen Leitungen einer Fernübertragung, die an beiden Enden an gleichen Sammelschienen liegen, kann zu Zeiten schwacher und symmetrischer Belastung durch einpolige Unterbrechungen auf einer Seite einer von diesen Leitungen der Relaisstrom erzeugt werden. Für parallele Leitungen vorbeschriebener Art mit Kabelringstromwandlern ist diese Hilfschaltung die einzige zur Gewinnung des Relaisstromes i. Voraussetzung für alle Hilfschaltungen ist jedoch, daß die primäre Energieflußrichtung genau bekannt ist. In vermaschten Netzen müssen daher bei der Kontrolle von Erdschlußrelais durch Abschaltungen eindeutige Verhältnisse geschaffen werden. — Die vom Verfasser gegebene Theorie für die Prüfmethoden ist wenig exakt. (E. Groß, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 1213.) *Dr. N.*

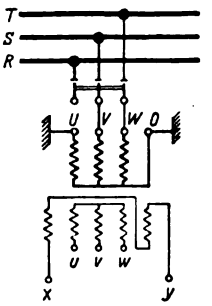


Abb. 8.

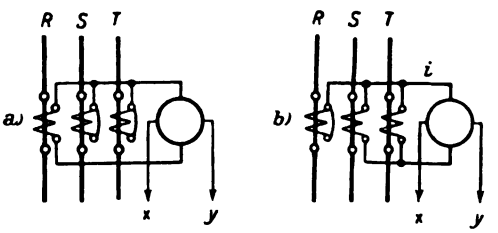


Abb. 9.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Elektrische Ringrohrübertragung. — Zur Fernübertragung der Zeigerstellungen von Druck- und Mengenmessern mit mechanischem Meßwerk benutzt die Siemens & Halske AG. neuerdings eine Ringrohranordnung, die zum Betriebe mittels Gleichstrom geeignet ist und den wesentlichen Vorteil hat, von äußeren Einflüssen unabhängig zu sein. Der charakteristische Bestandteil der Anordnung ist ein in sich zu einem Ring geschlossenes Glasrohr, das zur Hälfte mit Quecksilber, zur anderen Hälfte mit Wasserstoff gefüllt ist und in das eine das halbe Rohr einnehmende Widerstandspirale aus einer Platinlegierung eingeschmolzen ist. Dieses Ringrohr wird mit einer dreiarmigen Haltevorrichtung konzentrisch auf der Zeigerachse befestigt, deren Bewegungen fernübertragen werden sollen. Bei Bewegungen der Zeigerachse werden mehr oder weniger Windungen der Widerstandspirale durch das Quecksilber kurzgeschlossen (Abb. 10), und die hierdurch verursachten Widerstandsänderungen bewirken in einer Wheatstoneschen Brückenschaltung einen entsprechenden Ausschlag des Galvanometers. An Stelle der Brückenschaltung kann auch eine Kreuzspulschaltung angewandt werden, bei deren Benutzung man u. a. von der Spannung der benutzten Stromquelle weitgehend unabhängig wird. Die Verbindung des Ringrohrs mit der Zeigerachse erfolgt im allgemeinen mittels Zahnräder, deren Übersetzungsverhältnis im Verhältnis der maximalen Drehwinkel abgestimmt ist. Sind stoßweise Belastungen zu befürchten und werden diese nicht durch die Bauart der Betätigungsinstrumente abgefangen, wie es z. B. bei Flüssigkeitsmanometern der Fall ist, so setzt man zwischen das antreibende Zahnrad und das Ringrohr eine Federkupplung, die aus zwei am Zahnrad und am Lagerbock befestigten Federn besteht. Bei Gebern mit geringen Verstellkräften, z. B. bei Manometern für geringe Drücke, verzichtet man meistens auf Zahnradübersetzungen, kuppelt nur mittels Mitnehmer und führt den Geber von vornherein so aus, daß der Zeiger nur einen Ausschlag von 150° ausführt. Mittels der Ringrohrübertragung gelingt es auch, dem Geber- und Empfängerinstrument voneinander abweichende Skalencharakteristiken zu geben. Das geschieht durch entsprechende Gestaltung der Spiralenwicklung. Weiterhin läßt sich mittels der Ringrohrübertragung bei Vorhandensein der nötigen Verstellkräfte eine Anzeige vervielfachen, indem man mehrere Ringrohe auf eine Achse setzt und mit verschiedenen Anzeigeinstrumenten verbindet. Wichtige Anwendungsgebiete des Verfahrens sind z. B. Manometer aller Art, Zugmesser sowie Differenzdruck- und Zugmesser, u. zw. lassen sich Ringrohre sowohl an anzeigenden wie an schreibenden Instrumenten anbringen. Strömungs-(Mengen-)Messer werden hauptsächlich dann mit Ringrohrfernübertragung ausgerüstet, wenn man die Meßergebnisse zusammen mit anderen auf dem Registrierstreifen eines Mehrkurvenschreibers vereinigen will. (H. Lohmann u. C. Sieber, Siemens-Z. Bd. 8, S. 716.) *Jkl.*

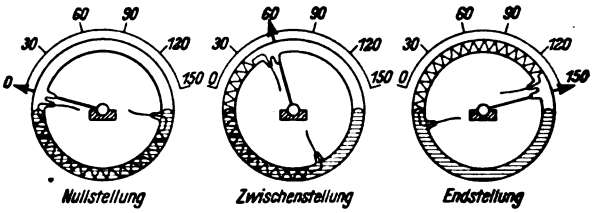


Abb. 10. Schematische Darstellung eines Ringrohres in charakteristischen Stellungen.

Bestimmung der Feuchtigkeit von Dampf durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit. — Die Methode, die Feuchtigkeit von Sattdampf zu bestimmen, d. h. den Anteil an flüssigem Wasser, der sich im Dampf befindet, beruht auf der Tatsache, daß die Wassermengen, die beim Verdampfen verspritzen und auf diese Weise in die Dampfleitung gelangen, die Leitfähigkeit des Speisewassers besitzen müssen, da sämtliche Verunreinigungen bei dem Verspritzen des Wassers ebenfalls in die Dampfleitung gelangen. Man kondensiert den Dampf in eigens dazu geschaffenen tragbaren Gefäßen und bestimmt dann die Leitfähigkeit des Kondensats mit einer der bekannten Wechselstrombrücken. Die Leitfähigkeit des Speisewassers wird ebenfalls, in entsprechender Verdünnung, bestimmt. Durch Festlegung der Leitfähigkeiten mehrerer Mischungen von Speisewasser mit destilliertem Wasser wird die Abhängigkeit der Leitfähigkeit von dem Anteil des verspritzten Wassers bei der Verdampfung im Dampf bestimmt. Es ist natürlich erforderlich, die Leitfähigkeit des reinen Kondensats ebenfalls zu berücksichtigen, falls man sehr geringe Feuchtigkeitsgehalte des Dampfes und entsprechend geringe Leitfähigkeitswerte feststellen will. Man kann damit rechnen, daß sich die Eichwerte für ein bestimmtes Kesselspeisewasser während 8 ... 10 h konstant halten, wobei jedoch auf die Temperatur der Probe bei der Messung besonders geachtet werden muß.

Die Methode wurde im Lakeside-Kraftwerk mit der sonst üblichen kalorimetrischen Feuchtigkeitsbestimmung verglichen. Es zeigte sich, daß die elektrische Methode wesentlich gleichmäßigere Werte für die Feuchtigkeit ergibt als die kalorimetrische. Es hat jedoch den Anschein, daß sich diese Konstanz auf Grund von Durchschnittsbildung ergab, während die kalorimetrische Methode deutliche Schwankungen der Feuchtigkeit mit schwankendem Dampfdruck aufwies. Kritisch sei bemerkt, daß die Me-

Digitized by Google

thode sich natürlich nicht auf Feuchtigkeitsbestimmung des Dampfes nach erfolgter Überhitzung, partieller Kondensation oder Zwischenüberhitzung anwenden läßt, da die Leitfähigkeit des Kondensats eindeutig durch die ursprüngliche, bei der ersten Verdampfung mitgenommene Wassermenge gegeben ist. Weiter ist zu beachten, daß die Messung durch manchmal beobachtbare Salzablagerungen in den Überhitzern gefälscht werden kann, daß man den Dampf daher nur direkt aus dem Verdampfungsraum entnehmen darf. (M. E. Fitze, Power Bd. 68, S. 484). *H. G.*

Beleuchtung.

Ein Modell zur Demonstration und zum Studium der Straßenbeleuchtung. — In der Mitgliederversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft vom 12. XII. 1929 führte H. Lingenfelser ein von ihm für das Osram-Lichthaus entworfenes Modell einer Straßenbeleuchtungsanlage vor. Versuchstraßen in natürlicher Größe, an denen die verschiedenen Arten der Straßenbeleuchtung demonstriert werden können, sind nur mit erheblichem Kostenaufwand herzustellen und zu unterhalten; bei ihrer Vorführung ist man außerdem von der Tageszeit und der Witterung abhängig. Diese Nachteile vermeidet man bei der Vorführung am Modell, das im kleinen die Verhältnisse der Wirklichkeit nachzuahmen gestattet.

Das vom Vortragenden gezeigte Modell (Abb. 11) gibt im Maßstab 1 : 25 eine Straße von 105 m Länge, 16 m Breite und 18 ... 20 m Gebäudehöhe wieder. Ein am Ende der Straße angebrachter Spiegel bewirkt eine scheinbare Verdoppelung der Straßenlänge auf 210 m. Die Breite des Fahrdammes beträgt 10 m, die der Gehwege je 3 m. Für die Erzielung einer wirklichkeitsgetreuen Nachbildung wurden folgende Gesichtspunkte beachtet: Die Häuser und die auf der Straße befindlichen Fahrzeuge sind in allen Einzelheiten plastisch ausgeführt, so daß eine natürliche Schattenbildung entsteht. Die Perspektive entspricht der normalen Augenhöhe eines auf der Straße stehenden Beobachters. Als Lichtquellen dienen Zwerglampen; die Beleuchtungskörper sind genau maßstäblich verkleinert, ihre Lichtverteilung stimmt mit derjenigen der Originale überein. Die Beleuchtungstärken wurden den in der Praxis vorhandenen entsprechend gewählt (s. Zahlentafel 1). Die Tagesbeleuchtung wird durch ein indirekt ausgeleuchtetes künstliches Himmelsgewölbe von hellblauer Farbe nachgeahmt. Die mittlere Horizontalbeleuchtung auf der Meßebene der Straße beträgt hierbei 160 Lux; außerdem lassen sich Dämmerungsbeleuchtungen von 10 bzw. 1 Lux einschalten.

Eine Übersicht über die möglichen Arten der künstlichen Beleuchtung gibt Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

Art	Aufhängehöhe m	Lampenabstand m	mittlere Horiz.-Beleuchtung Lux	Gleichmäßigkeit $E_{min} : E_{max}$
Gaslaternen	4,25	30/15 (versetzt)	3,6	1 : 51
elektrische Kandelaber mit Opalglasglocke . .	8	35 (gegenüber)	5,5	1 : 7
Freistrahler mit Klarglasglocke	5	30	3,4	1 : 92
Freistrahler mit offenem Opalglaszylinder . . .	8	35	8	1 : 15
Tiefstrahler	10	30	10	1 : 45
große Freistrahler mit offenem Opalglaszylinder	15	20	13	1 : 1,2
große Tiefstrahler	18	26	17	1 : 1,2

Die angegebenen Werte für die Beleuchtungstärken sind durch Messungen am Modell selbst ermittelt worden. Durch Ausschalten jeder zweiten Lampe der Reihe kann der Einfluß eines verdoppelten Lampenabstandes gezeigt werden. Die Aufhängung der Lampen erfolgt mit Ausnahme der beiden ersten Fälle an Überspannungen über der Straßenmitte. Die Straßenoberfläche ist auswechselbar und kann Pflaster bzw. Schotter, spiegelnden Asphalt oder Schnee wiedergeben. Zur weiteren Erhöhung des naturgetreuen Eindrucks können sowohl die auf der Straße befindlichen Fahrzeuge als auch die Schaufenster und ein Teil der Wohnungen beleuchtet werden. Das ganze Modell ist in einem langgestreckten Kasten untergebracht, in dessen vorderer Stirnwand sich ein waagerechter Sehschlitz für die Beobachtung befindet. Alle Beleuchtungsarten lassen sich mit Hilfe einer besonderen Schalttafel bequem und rasch hintereinander vorführen, wodurch der unmittelbare Vergleich der verschiedenen Wirkungen in besonders anschaulicher Weise möglich ist. Das im Osram-Lichthaus ausgestellte Modell kann nicht nur für Demonstrationszwecke, sondern auch für mes-

Abb. 11. Ansicht des Modells bei Tagesbeleuchtung.

sende Untersuchungen Verwendung finden. (H. Lingenfelser, Vortrag in d. Dt. Beleuchtungstechn. Ges. am 12. XII. 1929.) *Frh.*

Heizung. Öfen.

Elektrisches Einkochen[1]. — Alle tierischen und pflanzlichen Naturprodukte, gleichgültig welcher Art, enthalten Bakterien, die der Einwirkung von Hitze ausgesetzt werden müssen, um die ersteren monatelang, d. h. mindestens bis zur nächsten Ernte zu erhalten. Zum Einkochen sind

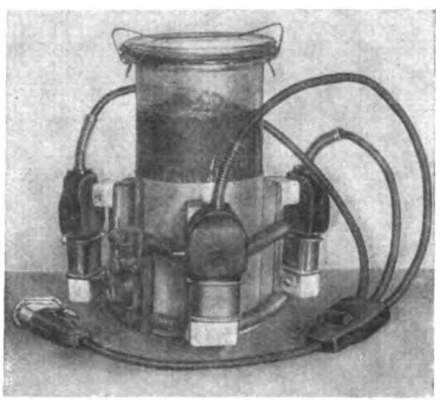


Abb. 12. Sterilisiergürtel mit regelbarer Heizleistung.

also in erster Linie hygienisch einwandfreie Gefäße erforderlich, die nach dem Sterilisieren keinen Luftzutritt gestatten. Metalle sind unbeliebt und zum Teil hierfür auch ungeeignet, da alle Naturprodukte Säure und Salze enthalten, die geeignet sind, die Metalle anzugreifen und so selbst wieder die Ursache zu Zersetzungsprozessen bilden, welche dem menschlichen Körper gefährlich werden können. Dieser Umstand führte daher dazu, die Einkochgefäße vorzugsweise aus Glas herzustellen. Abgesehen von qualitativen Unterschieden werden die Einkochgläser teils gepreßt und teils mundgeblasen. Gepreßte Gläser sind empfindlicher gegen Temperaturschwankungen als geblasene. Vor mehreren Jahren kamen sogenannte feuerfeste Gläser (Jenaer Gläser) auf den Markt, welche sich von den übrigen handelsüblichen Gläsern dadurch unterscheiden, daß man sie direkt dem Herdfeuer aussetzen kann, ohne Gefahr zu laufen, daß sie springen. Die Geburt dieses Glases war ein Versuch, die Hausfrau von dem bekannten umständlichen Einkochverfahren zu ent-

[1] Vgl. a. ETZ 1927, S. 207.

Digitized by Google

binden. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß dasjenige Verfahren, welches geeignet ist, die gewöhnlichen Gläser direkt beheizen zu können, ohne daß dieselben während des Einkochprozesses springen, einen Fortschritt und eine den Hausfrauen willkommene Erleichterung bedeuten würde.

Das nachstehend beschriebene vom Verfasser konstruierte Heiz- und Sterilisierband gestattet nun die direkte Einwirkung des in Wärme umgesetzten elektrischen Stromes auf die Gläser. Das ganze Problem lag darin, die notwendige und im Gegensatz zum Herdfeuer stets gleichbleibende Hitze auf den Gefäßumfang in gleichmäßiger Form überzuführen und zu verteilen, damit keine Spannung innerhalb der nicht immer gleichstarken Gefäßwandung auftreten und dieselbe zum Zerreißen bringen kann. Wie Abb. 12 zeigt, wird das gefüllte Glas zunächst mit einem Metallmantel umgeben und dieser durch den Heizgürtel fest an die Glaswand angepreßt. Er vermittelt also die Wärme, die ihm von drei gleichmäßig verteilten Stellen zugeführt wird. Die drei Heizkörper sind voneinander unabhängig und liegen parallel zur Stromquelle. Jeder einzelne Heizkörper besitzt jedoch einen Steckerschalter, so daß man die Gesamtleistung von 500 W und damit auch die Heizleistung stufenweise regeln kann. Sämtliche Heizelemente sind untereinander durch Spiralfedern verbunden, welche es gestatten, daß der Heizgürtel für mehrere Gefäße verschiedenen Durchmessers zu gebrauchen ist. An beiden Enden ist ein sogenannter Korsettverschluß angebracht, der ein zufälliges Öffnen verhindert. Zwei gegen Hitze isolierte Griffe machen es möglich, das Gerät nach Beendigung des Einkochvorganges und nachdem die Stromzuführung unterbrochen ist, auf das nächste Gefäß umzulegen. Abb. 13

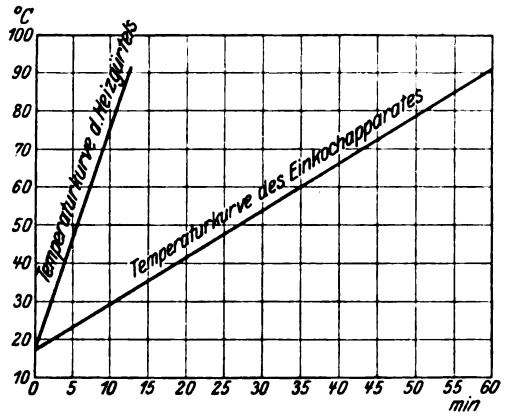


Abb. 13. Wirtschaftlichkeitskurve.

läßt die Wirtschaftlichkeit des elektrischen „Trockensterilisators" gegenüber dem bekannten Einkochapparat erkennen. Ein Einkochapparat wird mit 5 Stück Gläsern (Reichsgläser) mit je 1½ l Inhalt beschickt. Erforderlich waren zur Wärmevermittlung 10 l Wasser = 0,2 Pf, ferner 0,75 kg Holz = 2,7 Pf. Verbraucht wurden 6 Stück Briketts = 4,5 kg = 16,2 Pf. Die Betriebsunkosten sind demnach 16,2 + 2,7 + 0,2 = 19,1 Pf, bezogen auf ein Glas = 3,8 Pf, rd. 4 Pf. Der gesamte Einkochvorgang nahm 60 min in Anspruch. Die Endtemperatur betrug 90 °. Gleichzeitig wurde der Inhalt eines Glases elektrisch eingekocht, u. zw. war die Temperatur von 90 ° in 12 min erreicht, d. h. wir können in 1 h die gleiche Menge einkochen wie im Einkochkessel. Dabei besteht der Vorteil, daß das Kochgut infolge der relativ kurzen Einkochzeit nicht so stark ausgelaugt wird, denn im Einkochapparat ist dieselbe für jedes einzelne Glas die fünffach längere. Der Stromverbrauch, auf 5 Gläser bezogen, beträgt 500 Wh. Unter Zugrundelegung eines Leistungspreises von 10 Pf/kWh (Haushaltstarif) betragen die Betriebskosten für ein Glas rd. 1 Pf. Auf 100 Gläser bezogen, und das sollte der Bestand eines mittleren Haushalts sein, bringt der Sterilisiergürtel eine Ersparnis von 3 RM. Der unverkennbare Vorteil liegt nun nicht in erster Linie in dieser Ersparnis, sondern in der Einfachheit, Zeitersparnis und Sauberkeit, mit welcher sich das ganze Einkochverfahren vollzieht, und dieser Umstand ist es, welcher dasselbe am wirtschaftlichsten gestaltet. Abgesehen davon, daß eine Hausfrau schon rein gefühlsmäßig weiß, wann sie die Einkochzeit zu unterbrechen hat, kann auch ohnedem auf die Anwendung eines Thermometers verzichtet werden, denn im Gegensatz zu dem Einkochkessel kann der Einkochvorgang durch das Glasgefäß gut beobachtet werden. Ebenso gestattet ihr die Regelungsfähigkeit des Gerätes, die Einkochzeit den Erfordernissen entsprechend auszudehnen und das Kochgut während dieser Zeit auf einer konstanten Temperatur zu halten. Eine jedem Apparat beigegebene Tafel gibt hierüber Auskunft. Es ergeben sich auch noch andere Verwendungsmöglichkeiten. Man kann z. B. kleinere und mittlere Töpfe, wie solche im Haushalt zur Tee-, Milch- und Kaffeebereitung verwendet werden, damit beheizen. Der Apparat ist ein guter Ersatz für kleinere Heizplatten und Tauchsieder.

A. Käppele.

Elektrisch geheizte Öfen für die Warmbehandlung von Automobilteilen. — Bei der Oakland Motor Car Co., Pontiac (Mich.), geschieht die Warmbehandlung von Zahnrädern verschiedener Art, der hinteren Achsen und anderer Teile in 14 elektrisch geheizten Öfen von verschiedener Bauart zum Normalisieren, Kohlen, Härten und Anlassen. Auch sind drei elektrisch geheizte Zyanidtöpfe vorhanden. Die Hinterachsen wurden früher quer zum Ofen durchgestoßen, was den Nachteil hat, daß sie sich häufig übereinander schoben. In diesen Öfen gehen sie in der Längsrichtung in Rinnen über den Herd, wobei immer 4 Achsen in jeder 6. Rinne eingestoßen werden. Die Einrichtung für die Behandlung der Hinterachsen besteht aus einem 220 kW-Härteofen, einem Ablöschbehälter und einem 150 kW-Anlaßofen. In dieser Einrichtung können 900 kg Achsen stündlich behandelt werden. Die ausgestoßenen Achsen fallen über eine schräge Ebene ohne Berührung mit der Luft in einen Ölablöschbehälter, aus dem sie mittels einer endlosen Kette herausgehoben werden, abtropfen und in der Längsrichtung in den Anlaßofen eingesetzt werden. Die Temperatur im Härteofen wird auf 843 °, im Anlaßofen auf 593 ° gehalten.

Transmissionsräder werden in einem kontinuierlichen 310 kW-Ofen geglüht. Die Teile gehen durch den Ofen in Nickel-Chromschalen, die auf Rollen laufen. Jede Schale enthält ungefähr 110 kg. Der Glühkreislauf ist der folgende: Erwärmen auf 900 °, schnelles Abkühlen um 120 bis 200 °, Halten auf dieser Temperatur, bis das Abkühlen gleichmäßig ist und weiteres Abkühlen bis auf Ausstoßtemperatur. Stündlich werden 820 kg durchgesetzt.

Kegelräder, Ritzel, Differentialräder und verschiedene andere Teile werden nach dem Glühen und Bearbeiten in einem 300 kW-Doppelkammerofen nach Art des kontinuierlichen Gegenstrom-Rekuperatorsystems einsatzgehärtet, wobei die Abgase ständig in einer Richtung durch den Rekuperator gehen und die Verbrennungsluft im Gegenstrom ständig angewärmt wird. Die Ofentemperatur beträgt 910 ° und die Töpfe bleiben 10 h im Ofen. Der Durchsatz in 24 h ist 43 585 kg und die Tiefe der Oberflächenhärtung je nach Art des Teiles 1,14 ... 1,9 mm. Nach der Einsatzhärtung gehen die Teile noch zum Härten durch Rollherdöfen von 120 kW mit zwei übereinander liegenden Kammern. Die aus diesen Öfen ausgestoßenen Teile werden in Öl abgelöscht, und nach dem Waschen und Reinigen durch drehbare Drahtbürsten gelangen sie in Homo-Anlaßöfen, in denen sie ungefähr 1 h auf 150 ° gehalten werden.

Transmissionsräder und Teile dazu werden im elektrisch geheizten Ofen in Verbindung mit einem Zyanidbad gehärtet. Nach dem Bearbeiten gelangen sie in einen 100 kW-Ofen mit drehbarem Herd, um auf eine Temperatur von 815 ° erwärmt zu werden. Im Ofen bleiben die Teile 30 ... 60 min. Nach dem Durchgang durch diesen Ofen werden die Räder in einen 30 kW-Zyanidtopf gelegt, in dem sie 1 min bleiben, worauf Ablöschen in Öl erfolgt. Schließlich werden die Teile noch im obenerwähnten Homo-Ofen angelassen. Alle Registrierapparate und Schalter sind in einem besonderen Raum angebracht. Auch die Uhren zur Kontrolle der Öfen befinden sich an den Schalttafeln. (The Iron Age Bd. 123, S. 1627.) *Ill.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Straßenbahnstromabnehmer und Rundfunkstörung. — H. Kopp, Zürich, unterscheidet die durch die Antriebsmotoren und etwaige Isolationsfehler der Triebwagen und die durch Stromabnehmer verursachten Rundfunkstörungen. Von den ersteren Störungen wird gesagt, daß sie bei den meisten Betrieben den größeren Teil ausmachen und von besonderer Bedeutung seien, da sie während der ganzen Betriebszeit auftreten. Dieser Auffassung kann in dieser allgemeinen Form nicht zugestimmt werden, denn es gibt jedenfalls eine ganze Reihe Straßenbahnen, bei denen derartige Störungen überhaupt nicht auftreten und die nur unter Störungen durch den Stromabnehmer zu leiden haben bzw. sofort störungsfrei wur-

Digitized by Google

den, wenn das Schleifstück entsprechend geändert wurde. Die Störungen durch das Schleifstück führt der Verfasser im Einklang mit der allgemeinen Auffassung auf schlechten Kontakt zwischen Stromabnehmer und Fahrleitung und auf das Abschnellen des Bügels von der Fahrleitung zurück, wodurch Brandperlen und Riffeln an der Oberleitung und Brandperlen und Einkerbungen am Stromabnehmer entstehen. Als Heilmittel hiergegen wird die bereits von Eppen[1] empfohlene Ausführung der Stromabnehmer mit breiter Schleiffläche angegeben, wodurch eben der gute Kontakt hergestellt werden soll. Als Material wird hartes, polierfähiges Material empfohlen, um Einkerbungen in die Schleiffläche zu verhindern. Hierzu ist zu sagen, daß jedenfalls aus naheliegenden Gründen ein Schleifstück aus weichem Material (Aluminium) einem solchen aus hartem vorzuziehen wäre, wenn es gelingt, jenes auch so auszugestalten, daß es sich selbst unter der Einwirkung der Reibung des Fahrdrahts poliert, denn solange diese Politur reicht, wird die Abnutzung des Fahrdrahts wesentlich geringer sein als bei einem harten Schleifstück. Tritt aber bei dem harten Schleifstück, dessen Wandstärke wegen seines hohen spezifischen Gewichts nur klein gehalten wird, ein örtliches Durchscheuern ein, so wirkt es außerordentlich schädlich auf den Fahrdraht und nutzt diesen sehr schnell ab, während z. B. das Aluminiumschleifstück wegen seiner geringen Härte niemals eine solche Wirkung auf den Fahrdraht ausüben kann.

Aluminium, Zink und Kohle werden als für Schleifstücke ungeeignete Baustoffe bezeichnet. Dieser Ansicht wird man sich für Zink anschließen können. Kohlebügel aber haben sich in letzter Zeit sehr eingeführt und ergeben auch, wenn der Bügel gut anliegt und eine glatte Schleiffläche besitzt, keine Radiogeräusche. Wenn Kohleschleifstücke gelegentlich wieder durch andere ersetzt sind, so liegt das daran, daß durch die abgeschabten Kohleteilchen die Wagen verschmutzt werden, oder daß sie leicht ausbrechen, nicht aber daran, daß die Radiogeräusche bestehen bleiben. Diese verschwinden ja nach den Angaben des Verfassers bei gutem Kontakt unabhängig vom verwendeten Baustoff. Daß man auch bei Aluminiumbügeln störungsfreien Betrieb erzielen kann, zeigt das Beispiel der Straßenbahn in Waldenburg in Schles., bei der durch Verwendung eines breiten Aluminiumschleifstücks und durch besondere Abfederung desselben der spezifische Anpressungsdruck so eingestellt wird, daß sich keine Rillen im Schleifstück bilden und daß dies stets mit gleichmäßigem Druck anliegt[2].

Es wird dann ein neuer Großflächen-Stromabnehmer aus Spezialweichstahl beschrieben, welcher keine Radiostörungen aufweist. Dieser stellt sich unter der Einwirkung eines Gegengewichts so ein, daß seine volle Schleifbreite am Fahrdraht anliegt. Da nach dem Verfasser das Material des Stromabnehmers keine ausschlaggebende Rolle in bezug auf die Beseitigung der Radiostörungen ausübt, so müßte folgerichtig auch jeder andere Stromabnehmer, der z. B. aus Aluminium, Messing oder Kohle hergestellt ist, ebenso wirken wie der beschriebene, wenn nur auf die Eigenarten des verwendeten Materials gebührend Rücksicht genommen ist. Die Notwendigkeit, ein Gegengewicht anzuordnen, ist insofern ein Nachteil, als es das Gewicht und die Trägheit des Stromabnehmers erhöht und dadurch, besonders bei den alten einfachen Schleppbügeln in Lyraform, das Abklappen vom Fahrdraht und die Entstehung der von Eppen erwähnten Knackgeräusche[3] begünstigt. Die Masse der Schleppbügel in Lyraform muß so klein wie möglich gehalten sein, um den Ausschlagswinkel beim Abklappen des Bügels möglichst klein zu halten.

Es ist abzuwarten, wie sich die Verwendung des Weichstahlbügels auf die Abnutzung des Fahrdrahtes auswirkt, und es wäre jedenfalls interessant, wenn hierüber genaue Messungen veröffentlicht würden. (Schweiz. Radio-Zg. Bd. 5, S. 1.) *Wchm.*

Elektrisierung der Algerischen Bahnen. — Nachdem im französischen Marokko bereits im Jahre 1925 mit der Elektrisierung einiger Eisenbahnstrecken begonnen wurde und gegenwärtig 255 km (von einer Gesamtbahnlänge von 2612 km) elektrisch betrieben sind, hatte man Ende 1928 die Elektrisierung eines ersten Streckenteiles in Algerien beschlossen. Von den 4625 km der Gesamtlänge der algerischen, teilweise von der Staatsbahn, teilweise von der Paris-Lyon-Marseille-Gesellschaft betriebenen Strecken sind 2480 km normalspurig, 1480 km schmalspurige Bahnen mit 1067 mm Spurweite, 610 km solche mit 1000 mm Spurweite, der Rest kleinere Grubenbahnen. Aus den verhältnismäßig zahlreichen und einen ausgesprochenen tropischen Charakter aufweisenden Wasserkräften sollen künftig mehrere nicht nur wie bis jetzt zu Bewässerungszwecken, sondern auch zur Krafterzeugung ausgebaut werden. Im Ausbau befindet sich das Stauwerk Oued-Fodda von 90 m Höhe und 220 Mill m³ Stauvermögen. Ein besonderes thermisches Bahnkraftwerk wird künftig in Bone mit einer Leistung von 25 bis 30 000 kW von der Comp. du Bourbonnais (Lyon) erbaut.

Das erste Elektrisierungsprogramm umfaßt die die Phosphat- und Eisenerzgruben bedienende ostalgerische Strecke Bone—Tebessa (230 km), u. zw. wird mit der Elektrisierung des Mittelteiles Duvivier—Oued Keberit (90 km) begonnen (Abb. 14). Der Höhenunterschied

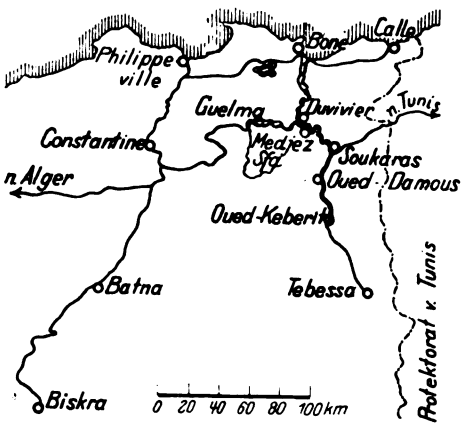


Abb. 14. Übersichtskarte der Eisenbahnstrecken in Ostalgerien.

zwischen Bone und Tebessa beträgt etwa 800 m. Der Strom wird in einer 90 kV-Freileitung von Bone den Umformerwerken in Soukaras, Medjez-Sfa und Oued-Damous zugeführt und hier auf etwa 5000 V herabtransformiert, um die Motorgeneratoren[1] zu speisen. Jeder Maschinensatz wird aus einem Drehstrommotor und zwei Gleichstromgeneratoren von 1500 V bestehen, welche in Reihe geschaltet die Betriebspannung von 3000 V ergeben werden. Für den Zugbetrieb (es kommen besonders Güterzüge in einer für den Stromrückgewinn günstigen Richtung vor) sind elektrische Lokomotiven, die jenen auf den Marokkostrecken verwendeten ähnlich gewählt werden sollen (Type B—B, Leistung 750 kW), sowie einige Triebwagen vorgesehen. Die Höhe der auf die algerische Regierung entfallenden Ausgaben erreicht 104 Mill Fr, wovon 56 Mill für die deutschen Reparationslieferungen bestimmt werden sollen. —*ak.*

Neue Triebwagen der Straßenbahn Mailand—Gallarate. — Die 40 km lange Straßenbahn Mailand—Gallarate, die hauptsächlich Arbeiter befördert und starken Spitzenverkehr aufweist, hat ihren im Jahre 1914 bei der Elektrisierung (Gleichstrom 750 V) beschafften Wagenbestand von 6 zweiachsigen Lokomotiven und 5 vierachsigen Triebwagen im Jahre 1923 um 2 und im Jahre 1926 um weitere 3 Triebwagen vermehrt, die, um an Bedienungsmannschaft zu sparen, zu den Zeiten verstärkten Verkehrs zu Zügen zusammengestellt werden, deren einzelne Wagen je nach Bedarf vermehrt oder vermindert werden und so stets voll ausgenutzt sind. Hierbei ergibt sich als Vorteil die Verwendungsmöglichkeit verhältnismäßig schwacher Motoren von 60 PS Stundenleistung bei 750 V und 660 U/min. Diese sind zu je zwei auf einem der beiden Drehgestelle des Triebwagens untergebracht, während das zweite antriebslos ist. Das Zuggewicht, das im Jahre 1914 im Mittel 34 t bis höchstens 41 t betrug, wurde dabei auf 50 t bis 70 t und mehr heraufgesetzt. Die tägliche Leistung eines Triebwagens stieg auf 300 km bei einer Reisegeschwindigkeit von 20 km/h. Die Triebwagen sind mit Rollenstromabnehmern ausgerüstet, und da der Wagenführer das Entgleisen einer zweiten Rolle nicht merken würde, so erfolgt die Stromabnahme nur durch die Rolle des ersten Triebwagens. Die Bedienung sämtlicher

[1] ETZ 1927, S. 99.
[2] ETZ 1929, S. 855.
[3] ETZ 1927, S. 97.

[1] ETZ 1930, S. 319.

Digitized by Google

Motoren des Zuges erfolgt vom ersten Triebwagen aus durch auf dem Dache der einzelnen Triebwagen angebrachte ferngesteuerte Schalter, die mit Hilfskontakten zum Ein- und Ausschalten der Widerstände versehen sind. Diese Schalter werden sämtlich von dem Führerschalter des führenden Triebwagens betätigt und können nur bei ausgeschaltetem Fahrschalter eingeschaltet werden. Der Arbeitschalter mit 12 Schaltelementen für Serien- und Parallelschaltung, letztere mit Feldschwächung, ist bequem zugänglich seitlich unter dem Wagenkastengestell angebracht. Er wird durch einen elektrisch betriebenen Druckluft-Hilfsapparat mit 2 Zylindern, einen für Einschaltung und einen für Nullstellung angetrieben, der vom Führerschalter bedient wird. Dieser besitzt nur einige Kontakte für Niederspannung. Normalerweise erfolgt die Regelung der Anfahrbeschleunigung der Wagen selbsttätig, indem der Anlaufstrom durch ein Relais eingestellt wird. Ist dieser auf einen bestimmten Wert heruntergegangen, so wird der Arbeitschalter auf die nächste Anfahrstufe geschaltet. Bei besonders schweren Zügen kann das Beschleunigungsrelais für den benötigten höheren Anlaufstrom vom Führerschalter aus durch Einschalten einer Hilfswicklung entsprechend eingestellt werden.

Der Schalter kann aber auch in der sonst üblichen Weise für nicht selbsttätigen Anlauf verwendet werden, wobei das Beschleunigungsrelais eingeschaltet bleibt, um ein unzulässiges Ansteigen des Anlaufstromes zu verhindern. Bei selbsttätigem Anlauf leuchtet, solange noch Widerstände eingeschaltet sind, eine Lampe beim Führer auf, um diesen eine unnötig lange Einschaltung der Widerstände verhindern zu lassen. Das Ausschalten des Arbeitsschalters erfolgt bei entsprechender Fahrkurbelstellung nicht stufenweise, sondern sofort bis auf die Nullstellung, von der aus alle weiteren Schaltungen erfolgen müssen. Der ferngesteuerte Schalter bleibt dabei eingeschaltet. Die Schaltvorgänge sind für alle Triebwagen, unabhängig von ihrer Anzahl im Zuge, die gleichen. Bei selbsttätiger Anfahrbeschleunigung arbeiten alle Motoren unabhängig voneinander, entsprechend der Stellung des betreffenden Beschleunigungsrelais.

Der Strom für die Schaltleitungen wird von einer 24 V-Batterie geliefert, die auch die Stirnwand-Reflektorlampen bedient. Der Kompressormotor, die Heizungs- und Beleuchtungseinrichtung erhalten ihren Strom von der Fahrleitung mit 750 V.

Die Anlage ist schon seit längerer Zeit im Betrieb und hat sich gut bewährt. (BBC-Mitt.-Baden Bd. 16, S. 133.) *Wchm.*

Bergbau und Hütte.

Fortschritte in Metallurgie und Betrieb des Hochfrequenzofens. — Ausgehend von dem Gesichtspunkte, daß der Hochfrequenzofen nur dann Aussicht auf Einführung in den Stahlwerksbetrieb hat, wenn sich entweder die Güte oder die Wirtschaftlichkeit des heutigen Elektrostahles steigern lassen, wird aus den Stromverbrauchszahlen verschiedener Hochfrequenz-Induktionsöfen geschlossen, daß sich der Stromverbrauch in einem größeren Induktionsofen nicht höher stellt als bei einem neuzeitlichen Lichtbogenofen. Es werden ferner die Ergebnisse der Schmelzungen, soweit sie in der Literatur bekannt geworden sind, besprochen und die Verwendungsmöglichkeiten des Hochfrequenzofens für die Herstellung von rotbruchfreiem Eisen, Stahlguß und Chromstahl beschrieben. (H. Neuhauss, St. u. E. Bd. 49, S. 689.) *V. E*

Schienenstoßverbindung für elektrische Grubenbahnen. — Auf der Schachtanlage Westerholt (Westf.) wird, wie O. Peter im Glückauf berichtet, seit dem Jahre 1922 die in Abb. 15 dargestellte Schienenstoßverbindung verwandt. Die Schienenenden *a* sind am Stoß *b* verlascht und die Laschen *c* so ausgebildet, daß sie den Schienenfuß bis auf einen schmalen unterhalb der Schienen befindlichen kleinen Zwischenraum vollständig umgreifen. Die Schwelle *f* ist mit einer Schulter *g* versehen, um die bei der Förderung auftretenden seitlichen Stöße aufzunehmen und die durch die Außenlappen *e* der Laschenteile getriebenen Befestigungsschrauben zu entlasten. Die Leitungsbrücke *h* wird in den Spalt unterhalb der Schiene gelegt und die ungedeckten Enden eng an den Schienenfuß und Steg umgebogen. Die an beiden Enden angelöteten Zapfen werden dann in die Löcher der beiden Schienenenden getrieben. Auf diese Weise wird eine gute Sicherung gegen Zerstörung durch entgleiste Förderwagen oder andere mechanische Einwirkungen erzielt.

Wenn sich auch diese Konstruktion gut bewährt haben soll, ist doch zu bemerken, daß die Schienenschweißung, sofern nicht wegen Schlagwettergefahr auf das Schweißverfahren verzichtet werden muß, mit Rücksicht auf die Verringerung der Streuströme und der Funken-

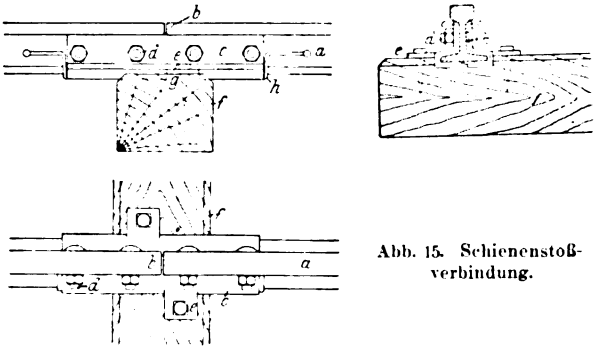


Abb. 15. Schienenstoßverbindung.

bildung am Stromabnehmer neuerdings der Laschung vorgezogen wird. (O. Peter, Glückauf Bd. 65, S. 1042.) *Ka.*

Elektrische Antriebe.

Wirtschaftlicher elektrischer Kreiselpumpenantrieb bei kleinem Regelbereich. — Wenn auch mit Drehstrommotoren angetriebene Pumpen in Wasserwerken weitestgehende Anwendung finden, herrscht doch über das Zusammenarbeiten der Pumpe und des Drehstrommotors bei Drehzahlregelung stellenweise Unklarheit. Am leichtesten lassen sich die Verhältnisse übersehen, wenn man von der Widerstandsregelung ausgeht. Es lassen sich einfache Kurventafeln aufzeichnen, denen die Regelverluste und die wichtigsten Betriebsdaten für Pumpe und Motor bei Widerstandsregelung entnommen werden können. Das einfachere Kurvenblatt bildet dasjenige des Kolbenpumpenantriebes, weil die von der Kolbenpumpe geförderte Wassermenge unabhängig von der Förderhöhe proportional der Drehzahl und ferner das Drehmoment unabhängig von der Liefermenge bzw. Drehzahl proportional der Förderhöhe ist. Es lassen sich daher in dem Kurvenblatt Liefermenge und Drehzahl der Pumpe auf der Abszissenachse und die Förderhöhe, das Pumpen- bzw. Motormoment, der Rotorstrom, die an der Motorwelle abgegebene Leistung und die Regelverluste in Richtung der Ordinatenachse auftragen.

Weniger einfach liegen die Verhältnisse bei Kreiselpumpen, für die sich einfache, allgemein gültige Beziehungen zwischen Liefermenge bzw. Förderhöhe und Drehzahl nicht aufstellen lassen, sofern die Regelung nicht längs einer Parabel erfolgt. Man bedient sich daher in der Praxis bei den Wirtschaftlichkeitsrechnungen zur Ermittlung des Kraftbedarfes der Pumpe bei verschiedenen Drehzahlen der bekannten *Q-H*-Kurven, die in Abb. 16 mit $H(n = 70\,\%)$ bis $H(n = 100\,\%)$ bezeichnet wird. Mit Hilfe der zugehörigen Leistungslinien N_e $(n = 70\,\%)$ bis $N_e(n = 100\,\%)$ und der bekannten Gleichung

$$N_v = N_e \left(\frac{n_1}{n} - 1 \right)$$

(worin N_v die Regelverluste, N_e den Kraftbedarf, n_1 die normale Drehzahl und n eine beliebige Drehzahl bedeuten) lassen sich die Verlustkurven N_v $(n = 70\,\%)$ bis $N_v(n = 95\,\%)$ berechnen, die es ermöglichen, die Verluste im Regelwiderstand für jeden beliebigen Betriebsfall zu ermitteln.

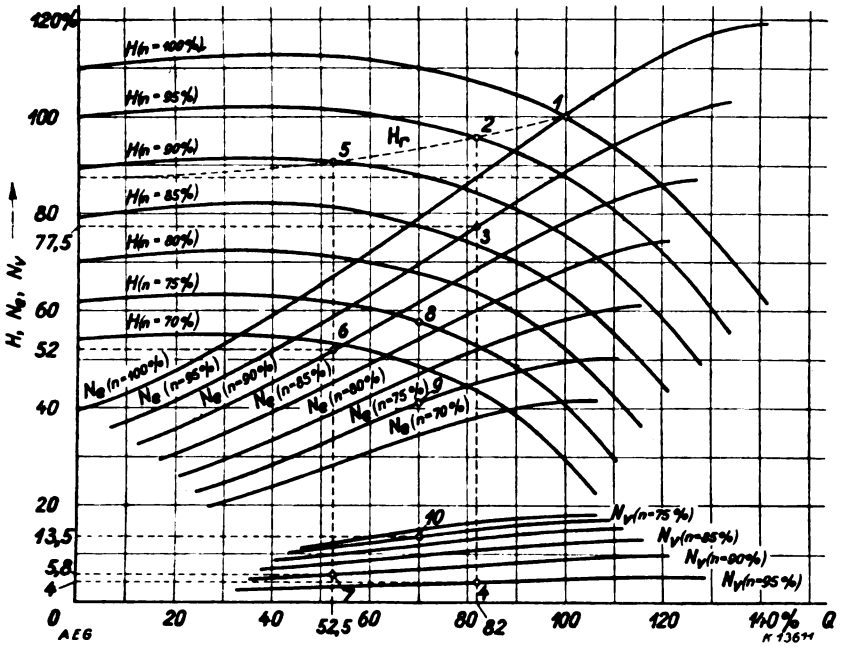
Beispiel. Soll bei gegebener Kennlinie H_r der Rohrleitung die Liefermenge der normalerweise in Punkt 1 arbeitenden Kreiselpumpe auf 82 % verringert werden, muß die Drehzahl um 5 % vermindert werden (Betriebspunkt 2). Der Leistungsbedarf ist dabei 77,5 % (Punkt 3) und der Widerstandsverlust 4 % (Punkt 4) der Motorleistung bei voller Drehzahl und Betrieb in Punkt 1.

Die mit Hilfe der Kurventafeln ermittelten Leistungen berücksichtigen die Motorverluste nicht. Die Leistung N_0 an den Motorklemmen ist aus der Summe des Kraftbedarfes an der Pumpenwelle und der Widerstandsverluste mit Hilfe der Gleichung $N_0 = \frac{N_e + N_v}{\eta_{mo}}$ zu errechnen, wobei für η_{mo} der Wirkungsgrad des Motors bei normaler Drehzahl bei der Leistung $N_e + N_v$ einzusetzen ist.

Für überschlägige Rechnungen sind die Ablesungen aus dem Kurvenblatt vollkommen ausreichend, und es kann daher das Kurvenblatt dazu benutzt werden, um für beliebige Betriebsfälle die Widerstandsregelung mit den sogenannten wirtschaftlichen Regelmethoden zu vergleichen. Eine solche Vergleichsrechnung ist in den AEG-

Digitized by Google

Mitteilungen für eine Motorleistung von 300 kW durchgeführt worden. Sie führt zu dem Ergebnis, daß die Widerstandsregelung bei Berücksichtigung der Anschaffungskosten für wirtschaftliche Regelsätze und des für

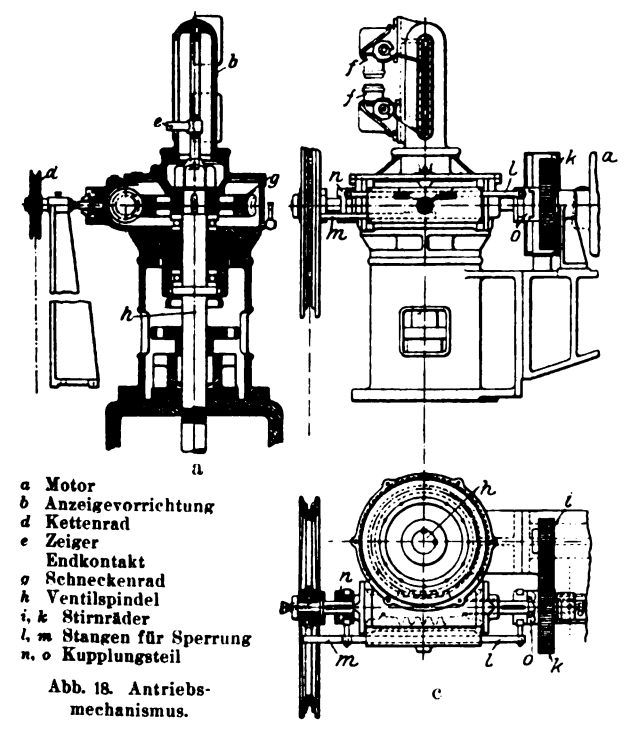


H Förderhöhe H_r Kennlinie der Rohrleitung
$H(n = 70\,\%)$ bis $H(n = 100\,\%)$ *Q-H*-Kurven der Kreiselpumpe bei der jeweiligen Drehzahl
N_e Nutzleistung an der Motorwelle
$N_e(n = 70\,\%)$ bis $N_e(n = 100\,\%)$ Nutzleistungskurven bei der jeweiligen Drehzahl
N_v im Regelwiderstand vernichtete Leistung
$N_v(n = 70\,\%)$ bis $N_v(n = 95\,\%)$ Verlustkurven bei der jeweiligen Drehzahl
Q Liefermenge

Abb. 16. Regelverluste einer durch Asynchronmotor mit Widerstandsregelung angetriebenen Kreiselpumpe für beliebige Förderhöhen und Liefermengen.

Wasserwerke meist in Betracht kommenden geringen Regelbereiches bei kleinen und mittleren Leistungen Vorteile bietet. Bei größeren Leistungen fällt der Vergleich mit der Widerstandsregelung mehr zugunsten der Regelsätze aus. (E. Hollfelder, AEG-Mitt. 1929, S. 276.) *Sb.*

Elektrisch angetriebenes Schleusenventil. — Zur Betätigung von Ventilen für Schleusenanlagen hat die englische Firma J. Blakeborough and Sons Ltd., Brighouse,

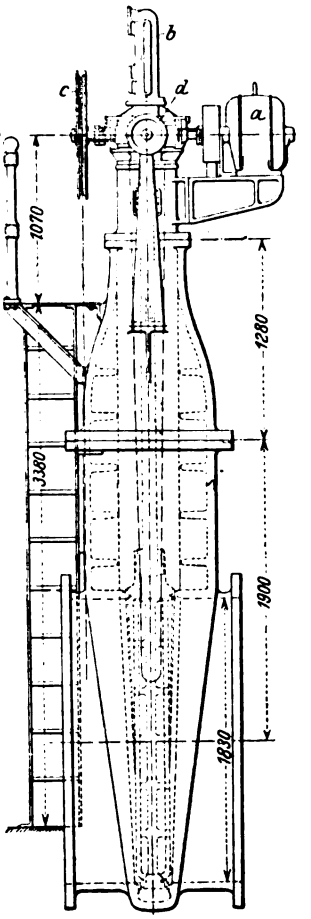


a

a Motor
b Anzeigevorrichtung
d Kettenrad
e Zeiger
Endkontakt
g Schneckenrad
h Ventilspindel
i, k Stirnräder
l, m Stangen für Sperrung
n, o Kupplungsteil

Abb. 18. Antriebsmechanismus.

einen elektrischen Antrieb ausgeführt, dessen allgemeine Anordnung aus Abb. 17 hervorgeht. Auf das Ventil ist oben ein Getriebekasten aufgesetzt, neben dem seitlich der Motor steht. Oberhalb des Getriebekastens befinden sich noch



a Motor *b* Anzeigevorrichtung *c, d* Kettenräder

Abb. 17. Elektrisch betriebenes Schleusenventil.

die Endschalter und eine Anzeigevorrichtung für die Ventilstellung. Der Motor treibt über ein Stirnräderpaar (Abb. 18 b u. c) und eine Schneckenübersetzung (Abb. 18 a u. c) die Ventilspindel an. Die Schnecke kann durch zwei Kupplungen entweder mit dem Motor oder mit einem Kettenrad gekuppelt werden. Das Letztere geschieht, falls Antrieb von Hand erforderlich wird. Die Schaltung der Kupplungen erfolgt durch eine Stange, die durch ein zweites kleineres Kettenrad verstellt wird. In Abb. 18 b u. c erkennt man, daß zur Sperrung des großen Kettenrades bei Motorbetrieb durch die Betätigung des kleinen Kettenrades gleichzeitig eine Stange in die Radspeichen geschoben wird. Die Motorkupplung ist als Reibungskupplung ausgeführt, um Sicherheit gegen Überlastung zu bieten. Die Kettenräder werden durch Kette von unten gedreht. (Engg. Bd. 127, S. 166.) *Ka.*

Fernmeldetechnik.

Das Verhalten kurzer Wellen in unmittelbarer Nähe des Senders. — Vier Sender bei Wien wurden mit Wellen zwischen 70 und 34,5 m bei 900 ... 20 W Röhrenleistung betrieben; in Entfernungen von 43 ... 7 km wurden in den Nachmittag- und Abendstunden Lautstärkebestimmungen vorgenommen. Dabei ergab sich, daß schon bei diesen geringen Entfernungen vom Sender ein Einfluß des veränderlichen Beleuchtungszustandes der Sonne vorhanden ist, u. zw. nahm mit der Nacht die Lautstärke ab. In Entfernungen über 1000 km wurden hingegen bei Nacht dieselben Sender lauter gehört als am Tage. Verschiedene Annahmen wurden gemacht, um dieses Verhalten mit der Hypothese einer starken Ionenkonzentration in der Heaviside-Schicht zu erklären; sie erwiesen sich jedoch als unzulänglich. (J. Fuchs, Jahrb. drahtl. Tel. Bd. 32, S. 170.) *Kb.*

Wickelkondensatoren. — Die Wickelkondensatoren haben in der Hochfrequenztechnik insbesondere in ihrer Anwendung für Rundfunkzwecke neuerdings eine ganz

Digitized by Google

besondere Bedeutung erlangt. Beim Betrieb von Rundfunkempfangsgeräten, vor allem aber auch von Kraftverstärkern, hat man aus zwingenden Gründen in letzter Zeit mehr und mehr den Batteriebetrieb verlassen und ist auf Netzanschluß übergegangen, um nicht nur die für die heutigen Endröhren erforderlichen hohen Anodenspannungen, sondern auch die erforderlichen kräftigen Strombeträge zur Verfügung zu haben, und um im weiten Frequenzbereich von möglichst 50 bis 10 000 Hz eine unverzerrte Verstärkung und Wiedergabe mit naturgetreuen Amplituden erzielen zu können. Die Benutzung von Netzanschluß ist an eine saubere Reinigung des gleichgerichteten Netzstromes gebunden, wozu im allgemeinen Kondensatorbatterien erheblicher Größen erforderlich sind. Ein weiteres wichtiges Anwendungsgebiet der Wickelkondensatoren in der Hochfrequenztechnik sind die Kraftverstärker Hier werden z. T. noch erheblich schärfere Anforderungen, insbesondere hinsichtlich des Isolationswiderstandes, gestellt. In den meisten Fällen reicht ein Isolationswiderstand von $10^8\,\Omega$ aus, indessen müssen für sehr hochwertige Anordnungen, beispielsweise für Verstärkung von Fernseh- und Fernkinodarbietungen, Kondensatoren mit einem Isolationswiderstand von mindestens $10^9\,\Omega$ eingesetzt werden. Die bisher billigste und zweckmäßigste Lösung der Aufgabe ist durch Wickelkondensatoren hochwertiger Qualität ermöglicht worden. An diese Kondensatoren werden sehr hohe Anforderungen gestellt, da sie einerseits dauernd, mindestens aber mehrere Stunden täglich die Belastung auszuhalten haben, anderseits recht erhebliche Spannungstöße auftreten können, welche das Dielektrikum der Kondensatoren hoch beanspruchen.

Während noch vor etwa zwei Jahren für Netzanschlußgeräte Kondensatoren mit Prüfspannungen von 500 bis 700 V für ausreichend erachtet wurden, werden heute auf Grund der gemachten Erfahrungen Prüfspannungen von 1000 V und darüber verlangt, wobei die Lage des Kondensators im Reinigungsystem eine ausschlaggebende Rolle spielt. Erfreulicherweise ist es der Spezialindustrie gelungen, nachdem Erfahrungen und Anforderung präzisiert werden konnten, Wickelkondensatoren herzustellen, welche auch bei schwierigeren Netzverhältnissen den billigerweise an sie zu stellenden Anforderungen Genüge leisten. Es wird auch bei diesen hochwertigen Fabrikaten nicht ganz zu vermeiden sein, daß gelegentlich einmal, insbesondere bei besonders ungünstiger Belastung, ein Kondensator durchschlägt, und es ist daher Sache des Konstrukteurs, die Formgebung des Netzanschlußteils so zu gestalten, daß eine möglichst leichte Auswechslung des Kondensators möglich ist.

Im übrigen ist es zweckmäßig, bei allen netzangeschlossenen Apparaturen nicht nur die Spannungstransformatoren primärseitig bzw. sekundärseitig etwa durch kleine Glühlämpchen oder besser noch durch Schmelzdrähte zu sichern, bei denen z. B. die Abschmelzstromstärke derart bemessen ist, daß die Sicherung in etwa 30 s bei dem 1,5fachen Nennstrom abschmilzt, sondern auch ähnliche Sicherungen für die besonders gefährdeten bzw. beanspruchten Kondensatoren zu verwenden, um Überlastungen, namentlich bei auftretenden Spannungspitzen, zu verhindern.

Die Fabrikation der Qualitäts-Wickelkondensatoren[1] stellt nicht nur an die verwendeten Materialien und Arbeitsmaschinen sehr hohe Anforderungen, sondern verlangt auch eine ständige Kontrolle während des Arbeitsvorganges. Das für die Herstellung der Kondensatoren benutzte Papierband, meist in einer Stärke von 0,009 ... 0,0012 mm, muß vollkommen homogen, säure- und feuchtigkeitsfrei sein. Das Papier darf weder Einschlüsse noch schwächere Stellen oder Löcher aufweisen. Meist werden für die Wicklung zwei übereinander gelegte Papierbänder verwendet, bei Kondensatoren für höhere Durchschlagspannungen sind indessen bis zu 6 Papierschichten üblich. Ähnliche hochgetriebene Anforderungen gelten für die Metallfolien, welche die Kondensatorbelege bilden und die aus Aluminium bzw. Zinn in einer Stärke von etwa 0,006 bis 0,008 mm in endlosen Rollen verwendet werden. Diese Folien müssen ebenso wie die Papierbänder eine hinreichende Zugfestigkeit und Dehnbarkeit aufweisen. Papierbänder und Metallfolien werden durch Spezialwickelmaschinen zu Kondensatorpaketen aufgewickelt. Diese Maschinen sind so ausgeklügelt, daß unzulässige Spannungen im Material ebenso vermieden werden wie Faltenbildungen u. dgl. Abhängig von dem jeweilig benutzten Papier, den Stärken der Folien usw. weiß man erfahrungsgemäß, wieviel Materal aufzuwickeln ist, um Kondensatorpakete bestimmter Kapazität zu erhalten. Es kommt hierbei im allgemeinen auf die Toleranzgrenzen nicht allzu wesentlich an, immerhin wird während des Arbeitsvorganges durch selbsttätige Vorrichtungen die aufgewickelte Kondensatorgröße laufend festgestellt.

Die Wicklung der Kondensatoren geschieht entweder als Induktivwickel, bei welchem die Bänder in Form einer fortlaufenden Spirale gewickelt werden und durch Beilegung von je einer Ableitungsfolie jedes Band elektrisch angezapft wird, oder in Form von nicht induktiven Wickeln, wobei die Bänder seitlich aus dem Wickel herausstehen. Die letztere Methode soll eine geringere Erwärmung der Kondensatoren im Betrieb ergeben. Hierbei wird meist Zinnfolie verwendet, um an den Seiten die herausstehenden Lappen verlöten zu können. Nach Fertigstellung der Wickel, welche in großen Serien stattfindet, werden diese im Vakuum getrocknet und hierdurch die letzten Feuchtigkeitsreste herausgebracht. Nach der Trocknung wird der Kondensator einem Imprägnierungsprozeß unterworfen, der wohl der wichtigste Teil der ganzen Herstellung ist. Erst wenn der Kondensatorblock soweit fertiggestellt ist und meßtechnisch den gestellten Anforderungen genügt, wird er mit einem Gehäuse versehen, vergossen und für den Versand fertiggestellt. Für Wickelkondensatoren, die in den Tropen Verwendung finden sollen, sind insbesondere bezüglich der Einkapselungsbecher besondere Maßnahmen erforderlich.

Nesper, Berlin.

Neue Bauweisen im Linienbau. R. Blain gibt eine kurze Übersicht über neuere Bauweisen im amerikanischen Linienbau. Er empfiehlt u. a. die Verwendung von:

1. Patentankern mit Flügeln usw. an Stelle von Ankern mit Stangenabschnitt als Fußpunkt;
2. besonderer Form des Ankerstabauges, um die Kausche entbehrlich zu machen;
3. auszuhakenden Steigeisen (Steigeisenhalter bleibt an Stange);
4. Halteklemmen für Luftkabel bei schräger Linienführung;
5. Tragringen für Luftkabel mit geringer Auflagefläche für Kabel, da bei breiten Auflageflächen Durchscheuern des Bleimantels durch Staub beobachtet wird;
6. Holzleisten mit Rille für Tragdraht und Kabel als Schutz gegen Beschädigung durch Bäume;
7. durch Stange gehenden Schraubenbolzen mit Auge als Abspannglied für Tragseil, dazu Unterlegscheibe mit Auge für Ankerbefestigung;
8. Halbrohren als Schutz für das an der Stange hochgeführte Kabel;
9. Unterlegeblechen für Tragseilabspannungen, um Einschneiden in die Stange zu verhindern;
10. einer weiteren Klemme zum Festklemmen des freien Endes in Tragseilabspannungen an Stelle des Verflechtens der Einzeldrähte mit dem Hauptseil;
11. einer neuen Art Bolzenbefestigung für amerikanische Querträger und deren Verstrebung;
12. Isolatorstützen aus Stahl statt Holzstützen;
13. Isolatoren aus Sondergläsern (z. B. Pyrex-Isolatoren), die größere Festigkeit und höhere Isolationswerte haben.

Ferner werden Mängel an Drop wire (isolierten Freileitungsdrähten) nachgewiesen und die für deren Beseitigung beschrittenen Wege gekennzeichnet. Die bisher üblichen „Nr. 14 duplex"-Drähte waren zu dick und ihre Isolation nicht wetterbeständig genug. Die Isolation der nunmehr verwendeten Nr. 17-Drähte ist besser, der Leiter dünner und die Verdrillung der beiden Adern durch parallele Anordnung unter gemeinsamer Beflechtung ersetzt. Letztere ermöglicht gleichmäßiges Spannen beider Drähte und vermeidet dadurch Störungen. Für die Befestigung an der Hauswand ist ein Knopf mit Schraubenbefestigung vorgesehen. Im weiteren wird die Einführung der Leitungen durch das Mauerwerk besprochen und die Verwendung von Hülsenverbindungen an Stelle der sonst üblichen Lötverbindungen empfohlen.

Für die Bauweise bei der Deutschen Reichspost bieten die Anregungen nichts Verwendbares. (R. Blain, Telephony Bd. 96, S. 14.) *Hrm.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Die erste selbsttätige Kesselregleranlage in Frankreich. — Die erste französische selbsttätige Kesselregleranlage des in Deutschland verbreitetsten Systems Roucka[1], wurde letzthin in dem Kraftwerk Chantenay

[1] Diese Kondensatoren werden z. B. von der Nürnberger Schraubenfabrik und Façondreherei, Nürnberg, hergestellt.

[1] ETZ 1928, S. 129.

Digitized by Google

(50 000 kW), das der Soc. d'Electricité in Nantes in Westfrankreich gehört, auf einem Babcock-Wilcox-Kessel von 635 m² Heizfläche aufgestellt. Sie besteht aus einem Brenngeschwindigkeitsregler, der nach dem jeweiligen Dampfbedarf die zwei Rauchgasklappen hinter dem Rauchgasvorwärmer steuert, einem Präzisions-Speisewasserregler einer Öldruckpumpe, die das Drucköl den Servomotoren liefert, und einem Dampf-Luft-Meß- und -Anzeigeapparat, nach dessen Angaben die Handregelung der Rostgeschwindigkeit erfolgt. Der Brenngeschwindigkeitsregler, sein Servomotor sowie die Öldruckpumpe sind aus der Abb. 19 ersichtlich. Die Angaben des Dampf-Luft-Messers

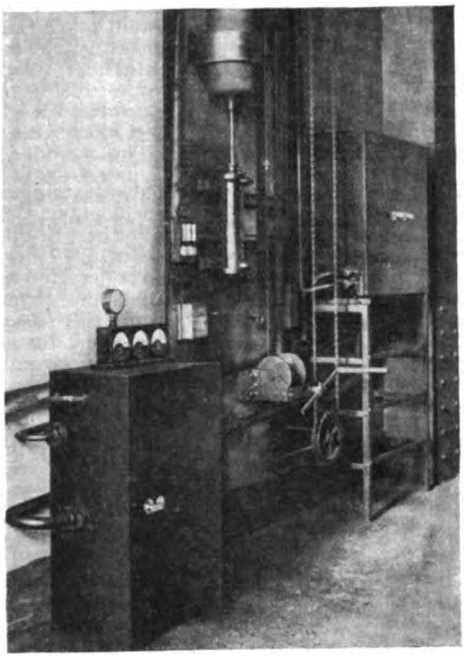


Abb. 19. Brenngeschwindigkeitsregler, sein Servomotor und Öldruckpumpe System Roucka im Kraftwerke Chantenay (Frankreich).

werden außerdem elektrisch auf einen im Kontrollbüro aufgestellten Registrierapparat übertragen. Die in ähnlichen Fällen immer so schwierigen Vergleichsversuche zwischen der Hand- und der selbsttätigen Regelung wurden hier in der Weise durchgeführt, daß der geregelte Kessel zusammen mit einem zweiten, ungeregelten Kessel derselben Größe von den übrigen Einheiten der Kesselbatterie isoliert wurden, um eine einzige Dampfturbine zu bespeisen. Die Belastung des Turbogenerators dieser Turbine wurde künstlich so geregelt, damit eine vorausbestimmte Belastungskurve während der ganzen Dauer jedes Verdampfungsversuchs (44 h) eingehalten wurde. Die Belastung der beiden Kessel war somit in beiden Fällen (Hand- und selbsttätige Regelung) nicht nur der Größe, sondern auch den Schwankungen nach identisch, und der Wirkungsgradunterschied, der hier etwa 4 % betrug, ergab einwandfrei die durch die selbsttätige Regelung erzielte Verbesserung. —*ak.*

Wirtschaftlichster Dampfdruck und Leistungsteigerung[1]. — Für die Senkung der Anlagekosten einer Kesselanlage, auf 1 t Dampf oder 1 kW bezogen, stehen in der Hauptsache zwei Wege zur Verfügung: Die Heizflächenzusammenfassung und die Leistungsteigerung. Jeder der beiden Wege ist in seiner wirtschaftlichen Auswirkung von Ebel unter Berücksichtigung der Wahl des Dampfdruckes getrennt untersucht worden. Bei gleichbleibender Leistung auf 1 m² Heizfläche sinken die Anlagekosten für 1 t Dampf mit zunehmender Kesselgröße wenigstens recht fühlbar bis etwa 1000 m² Heizfläche, während sie mit steigendem Dampfdruck ansteigen. Z. B. ist ein Kessel von 800 m² Heizfläche, bezogen auf die Dampfleistung, etwa 14 % billiger als zwei Kessel von je 400 m², und etwa 33 % billiger als vier Kessel von je 200 m².

Das wirtschaftliche Ideal bezüglich der Anlagekosten wäre also erreicht, wenn ohne jede Reserve die gesamte, notwendige Kesselheizfläche in einer Kesseleinheit vereinigt würde, da dann die geringsten Anlagekosten entstehen. Kann diese volle Heizflächenzusammenfassung in einer Einheit verwirklicht werden, so sind wesentliche Ersparnisse zu erwarten gegenüber dem bisherigen Zustand, doch übt die Dampfdrucksteigerung immer noch eine gewisse Verteuerung aus auf den Anlagenpreis für das kW. Sie nimmt allerdings mit steigender Anlagengröße ständig ab. Eine Kesselanlage mit Zubehör für 1000 kW kostet für 1 kW Netzleistung dann etwa 130 ... 180 RM, je nach dem Dampfdruck, für 2000 kW etwa 95 ... 120 RM und für 5000 kW nur noch 70 ... 80 RM für 1 erzeugtes kW Netzleistung. Da bei dieser Rechnung nur bisherige Heizflächenleistungen von 25 ... 35 kg zugrunde gelegt wurden, so beruht die errechnete Senkung der Anlagekosten lediglich auf der Zusammenballung der Heizfläche in eine einzige Kesseleinheit. Daß hierbei die größeren Anlagen auch den größten Vorteil erzielen, ist ohne weiteres erkenntlich. Um den Einfluß der Leistungsteigerung als solchen allein zu kennzeichnen, wurden die Anlagekosten derselben Kesselanlagen ermittelt, unter der Voraussetzung, daß 50... 70 kg Heizflächenleistung vorhanden sei, und daß eine entsprechende Verteuerung durch Verwendung einer Hochleistungsfeuerung, Vergrößerung von Überhitzer, Rauchgasvorwärmer, Speisepumpen usw. eintritt. Die Zusammenfassung der dann erforderlichen Heizflächen in eine einzige Kesseleinheit wurde auch hier wieder beibehalten. Die Anlagekosten der so errechneten Kesseleinheiten für 1000 ... 5000 kW gehen unter dem Einfluß der Leistungsteigerung um etwa 20 ... 45 % auf 1 t Dampf gegenüber der ersten Rechnung zurück. Der Rückgang selbst ist am stärksten bei geringeren Dampfdrücken. Bezogen auf 1 kWh stellt sich die Senkung der Anlagekosten der Kesselanlage je nach dem Dampfdruck bei 1000 kW Netzleistung auf 10 ... 20 %, während sie bei 5000 kW Netzleistung bereits 20 ... 35 % beträgt. Die geringeren Dampfdrücke haben dabei ganz offensichtlich den größten Vorteil von einer Leistungsteigerung in dem angedeuteten Ausmaß.

Addiert man nun beide Wirkungen, d. h sowohl der Heizflächenzusammenfassung wie auch der Leistungssteigerung, so sind Ersparnisse in den Anlagekosten der Kesselanlagen für 1 stündlich erzeugtes kW gegenüber den bisherigen Projekten zu erwarten von 25 ... 50 % bei Verwendung bisheriger Dampfdrücke, von etwa 20 ... 40 % in dem Bereich von 25 atü und von etwa 15 ... 30 % bei höheren Dampfdrücken. Die geringeren Ersparniswerte gelten dabei für kleinere Anlagen, und die größeren für höheren, stündlichen Kraftbedarf (5000 kW).

Da sich die Ersparnis auf die Kraftkosten um so mehr auswirken muß, je höher der Anteil des Kapitaldienstes am Gestehungspreis ist, so tritt hierdurch ein Ausgleich zugunsten kleinerer Anlagen und geringerer Jahresbenutzungstunden ein. Die Auswirkung der untersuchten Maßnahmen wird sich also bei einschichtigen Betrieben und kleineren Anlagen wirtschaftlich etwa in gleicher Höhe erwarten lassen wie in größeren Anlagen. Anderseits erscheint die wirtschaftliche Auswirkung selbst größer, als sie bisher durch eine Dampfdrucksteigerung allein erwartet wurde, und dürfte deshalb auch aus diesem Grunde einen gewissen wirtschaftlichen Ausgleich im Streite der Dampfdrücke herbeiführen. Die Frage ist nur: In welchem Ausmaß kann betrieblich die Heizflächenkonzentration und die Leistungsteigerung eingeführt werden? Den Maßstab hierfür wird die Betriebsicherheit solcher Hochleistungsanlagen liefern, welche allein die notwendige Reserve bestimmen wird. Dazu kommt bester Werkstoff, beste Bauart und Ausführung und ferner sichere Beherrschung der Speisewasserfragen. In dem Maße, wie die Lösung dieser Fragen von der Höhe des Dampfdruckes abhängt, wird in der Zukunft voraussichtlich derjenige Dampfdruck der wirtschaftlichste werden, welcher auf Grund von Betriebsicherheit das höchste Maß der Heizflächenzusammenfassung und Leistungsteigerung ermöglicht bei geringstem Bedarf an Reserve. (Ebel, Arch. Wärmewirtsch. Bd. 10, S. 285.)
Sb.

Verschiedenes.

Sommervorträge des Hauses der Technik in Essen. — Am 1. IV. werden die neuen Räume des Hauses der Technik in Essen eröffnet. Von den Vorträgen, die abends von 7 bis 9h in der Rathenaustraße (Eingang Kapuzinerstr. 8) stattfinden, seien genannt:

C. Weihe, Kulturaufgaben deutscher Technik (7. IV.).
F. Rötscher, Reibung und Schmierung im Maschinenbau (7. u. 8. V.).

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 428.

Digitized by Google

K. Baum, Neues aus dem Kokereibetrieb (12. u. 13. V.).
M. Kronenberg, Rationaliserung und Werkzeugmaschine in der Metallbearbeitung (21. V.).
H. Dannehl, Aufgaben in der elektrochemischen Technik (2. VI.).

Hörerkarten sind zu beziehen durch die Geschäftstelle des Hauses der Technik, Essen, Rathenaustraße, und durch die führenden Buchhandlungen der größeren Städte des rheinisch-westfälischen Industriegebiets; sie sind ferner an der Abendkasse jedes Vortrags zu haben. *of*

25jähriges Bestehen des Elektrotechnischen Vereins zu Breslau. — Die Geschichte der deutschen Elektrotechnik spiegelt sich wider in der Geschichte der deutschen elektrotechnischen Vereine und Gesellschaften und schließlich in der Geschichte des VDE.

Nachdem erst kürzlich der „Elektrotechnische Verein" sein 50jähriges Bestehen feiern konnte, dem im Jahre 1931 die Frankfurter Elektrotechnische Gesellschaft mit dem gleichen goldenen Jubiläum folgen wird, mehren sich jetzt von Jahr zu Jahr die Gelegenheiten, an den Marksteinen der einzelnen elektrotechnischen Vereine und Gesellschaften Rast zu halten, auf den zurückgelegten Weg einen Rückblick zu werfen, in der Gegenwart Umschau zu halten und Mut und Kraft zu schöpfen und zu sammeln für die bevorstehenden großen Aufgaben der Zukunft. In dieser Lage befand sich der „Elektrotechnische Verein zu Breslau", der zur Feier seines 25jährigen Bestehens am 8. und 9. III. d. J. eingeladen hatte.

Der Vorsitzende, Herr Magistratsoberbaurat Lasch, konnte am Sonnabend, dem 8. III., in der Hermann-Loge eine stattliche Zahl von Ehrengästen und Mitgliedern, darunter die Vertreter von Behörden, Instituten, Verwaltungen und Vereinen und als Vertreter des VDE Herrn Generalsekretär Schirp begrüßen. Von den auswärtigen Gründern war Herr Direktor Matthias, Bremen, erschienen. Herr Lasch gedachte in formvollendetem Vortrage der Hauptpunkte der Vereinsentwicklung, die trotz Fehlens einer bodenständigen Elektroindustrie eine gesunde und erfreuliche gewesen ist.

Nach einer Reihe von Begrüßungsansprachen der erschienenen Ehrengäste, unter denen Herr Generalsekretär Schirp die Grüße und Wünsche für weitere glückliche Entwicklung namens des VDE-Vorstandes und der zum VDE gehörenden Elektrotechnischen Vereine und Gesellschaften zum Ausdruck brachte, hielt der frühere Vorsitzende des VDE-Vorstandes, Herr Dr.-Ing. E. h. H. Voigt, Kassel, einen Vortrag über das Thema: „Aus den Anfangsgründen der Elektrotechnik". Der Verfasser von „Nachdenkliches und Heiteres aus den ersten Jahrzehnten der Elektrotechnik" gab in launiger Weise Erinnerungen aus der Praxis älterer Fachgenossen wieder, die vielfach einen vollen Lacherfolg erzielten, den damit verknüpften Personen aber zu damaliger Zeit auch bittere Stunden bereitet haben.

Den Abend beschloß ein durch gesangliche Darbietungen gewürzter Kommers.

Im großen Börsensaal zu Breslau folgte am Sonntag, dem 9. III. abends, ein Festessen mit anschließendem Ball. *Schp.*

Kongreß der Eisenbahn-Elektrotechniker in Chicago. — Ende vorigen Jahres fand in Chicago die 20. Jahresversammlung der Vereinigung elektrischer Bahningenieure statt, mit der die Tagung der Vereinigung der Hersteller elektrischen Bahnbedarfs verbunden war. Der Rundfunkverkehr in Zügen hat Fortschritte zu verzeichnen; das Interesse der Fahrgäste daran ist im Steigen begriffen, so daß es bereits das Fahrgastgeschäft beeinflußt, da Züge mit Rundfunkeinrichtungen bevorzugt werden. — In den Betriebslokomotivschuppen stellen sich die Kosten zur Erzeugung des Kaminzuges für die Dampflokomotiven durch elektrisch angetriebene Ventilatoren wesentlich billiger als durch ein Dampfgebläse. In der Aussprache über Werkzeuge mit elektrischem Antrieb wurde besonders solchen mit hoher Drehzahl Interesse entgegengebracht; es wurde festgestellt, daß diese Werkzeuge einen höheren Betriebswirkungsgrad haben, als er mit irgendeiner Form pneumatischer Werkzeuge erreicht werden könnte. — Zugbeleuchtung und Selbstfahrerausrüstung wurden besonders eingehend behandelt. Das neuzeitliche Verlangen nach großen Lichtmengen in der Wagenbeleuchtung, die erhöhten Anforderungen an Strom für Abkühlung, Wasserkühlung usw. traten in der Aussprache zu den Zahnradantrieben der Lichtdynamos in Erscheinung, zu denen fünf verschiedene Typen vorhanden sind, die sich durchweg im Betriebe bewähren. — Die Ausrüstung der Triebwagen ist noch in der Entwicklung. Man beschäftigt sich zunächst nur mit der Prüfung der Beleuchtung von Triebwagen und Anhänger, der Batteriekapazität, besonderer Methoden des Ladens der Batterien. Für Züge, die aus 4 oder 5 Wagen bestehen, erscheint die Entnahme des Stromes zum Laden der Akkumulatoren aus der Hauptbatterie nicht empfehlenswert; hier sei ein von einem Benzinmotor getriebener Hilfsgenerator am geeignetsten, die Energie zum Laden der Beleuchtungsbatterie und für andere Hilfsmaschinen wie Luftkompressoren usw. zu liefern. — In der Aussprache zur elektrischen Schweißung und Wärmebehandlung überwogen die Angaben zu guten Ergebnissen mit elektrischen Bolzenerhitzern, und es war ersichtlich, daß Mißerfolge auf unsachgemäße Behandlung der Apparate zurückzuführen sind. Die Erwärmung von Lokomotivradreifen nach der Induktionsmethode wird von einer Anzahl von Bahnen mit befriedigendem Ergebnis angewandt. — Aus dem Bericht der Beleuchtungskommission erregte noch besonderes Interesse die Angabe zu typischen Flutlichtinstallationen auf Bahnhöfen. (Railway Age Bd. 87, S. 1055.) *Pge*

Energiewirtschaft.

Strompreissenkung und Stromabsatzsteigerung. — E. S. Zuck von der United Gas Improvement Co., Philadelphia, Pa., hat bei vierzig amerikanischen Elektrizitätswerken Untersuchungen über den Einfluß einer Strompreissenkung auf den Stromabsatz durchgeführt und ist hierbei zu dem Ergebnis gekommen, daß eine Ermäßigung der Strompreise um 1 % eine Steigerung des Absatzes um 2 % mit sich bringt. Zugrunde gelegt sind die mittleren Strompreise und der jährliche Stromabsatz je angeschlossener Haushalt in den Jahren 1924 und 1928.

Zuck teilt die Werke entsprechend der in den fünf Jahren vorgenommenen Strompreissenkung in fünf Gruppen ein und erhält hierbei im Mittel folgende Zahlen:

Gruppe	Strompreissenkung %	Zunahme des Stromabsatzes %	Zunahme der Einnahmen %
1	6,66	24,82	16,27
2	12,03	27,84	12,24
3	16,93	34,68	11,49
4	22,10	44,84	9,75
5	28,07	60,43	17,74

Der Stromabsatz nimmt mit fallenden Strompreisen stetig zu, wie auch Abb. 20 zeigt, in der diese Zahlen graphisch dargestellt sind; dagegen ist die Steigerung der Einnahmen sehr unregelmäßig.

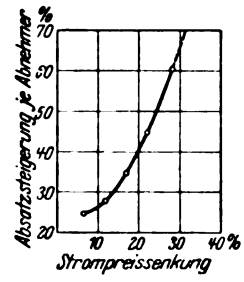


Abb. 20.

U. E. muß bei der Beurteilung dieser Zahlen die natürliche Entwicklung der Werke Berücksichtigung finden, da man sonst kein klares Bild gewinnen kann. Außerdem spielt erfahrungsgemäß nicht nur die absolute Höhe der Strompreises, sondern auch die Form der Tarife eine ausschlaggebende Rolle für die Entwicklung des Stromabsatzes. So kann häufig durch eine Änderung der Tarifform eine viel stärkere Steigerung des Stromabsatzes erreicht werden als lediglich durch eine Senkung der Strompreise. Es wäre interessant gewesen, wenn Zuck auch hierüber nähere Angaben gemacht hätte. (El. World Bd. 94, 1929, S. 415.) *Ni.*

Der 9. Jahresbericht der englischen Elektrizitätskommissare. — Dieser die Zeit vom 1. IV. 1928 bis 31. III. 1929 umfassende Band bringt neben einem Bericht über die Jahrestätigkeit der Kommissare eine eingehende Statistik der Elektrizitätsversorgung des Landes. Die 659 in Großbritannien konzessionierten Unternehmer besaßen zusammen 486 Kraftwerke und erzeugten etwa 9,5 Mrd kWh. Der Stromabsatz betrug 171 kWh je Kopf der Bevölkerung, ein Jahreszuwachs von 11 %. Der Brennstoffverbrauch ist hingegen nur um 3,7 % gewachsen. Der Durchschnittsjahreszuwachs der Elektrizitätserzeugung war in den letzten acht Jahren 13,8 %, und in dieser Zeit ist die je Brennstoffeinheit gewonnene elektrische Arbeit um 60 % gestiegen. Während des Berichtsjahres sind 27 Kraftwerke geschlossen worden und 21 neue in Betrieb gekommen.

Bis zum Jahresabschluß hatte das Zentralamt fünf Projekte in Angriff genommen, die zusammen 43 %

Digitized by Google

der Bodenfläche, 75 % der Bevölkerung und 80 % des Stromverbrauchs des Landes ausmachen. Sie umfassen das Gebiet von 450 konzessionierten Unternehmern. Aufträge im Wert von über 8 Mill £ wurden vom Zentralamt vergeben. Die von diesen Projekten erwartete Ersparnis beträgt für die ersten fünf Jahre etwa 12 Mill £.

Die Kommissare widmeten besondere Aufmerksamkeit der Entwicklung der Elektrizitätsversorgung in rein ländlichen Gebieten, und zur Förderung dieses Zwecks wurde die Erteilung von Konzessionen an Unternehmungen an die Bedingung geknüpft, daß innerhalb einer festgesetzten Frist das ganze konzessionierte Gebiet, einschließlich der dünnbevölkerten Teile, mit dem Ansatz zu einem Leitungsnetz versehen werde. Ähnliche Verpflichtungen sind den Elektrizitätsbezirken in den Teilen ihrer Gebiete auferlegt, wo keine Unternehmung Verteilungsrechte besitzt, so daß für die künftige Entwicklung der Stromversorgung in einem großen Teil des Landes gesorgt ist. Demzufolge waren Projekte für den Bau von Leitungsnetzen in rein ländlichen Gegenden Gegenstand von Verhandlungen mit den Kommissaren. Wenn solche auch in sehr dünnbevölkerten Gebieten mit weniger als etwa 50 Einwohnern je 1 km² noch schweben, so wurden doch konkrete Projekte für die Belieferung von etwa 9000 km² mit 0,46 Mill Einwohnern bei einem Kapitalaufwand von 1 Mill £ vorgelegt. Weitere Pläne waren noch in Arbeit. Immerhin bestanden 4482 ländliche Gemeinden in den Versorgungsgebieten von 230 Unternehmern, und von diesen Gemeinden konnten im März 1929 nur 1435 Elektrizität beziehen. Bemerkenswert ist, daß die Stadt Bedford zu Demonstrationszwecken die intensive Elektrisierung eines typisch ländlichen Gebiets in Angriff genommen und der Staat sich verpflichtet hat, etwaige Verluste bis zu 75 % bzw. einem Betrag von 8000 £ durch eine Anleihe zu decken.

Die Tätigkeit der Kommissare erstreckte sich weiter auf die Kontrolle der konzessionierten Unternehmer in bezug auf die Erweiterung bestehender Kraftwerke, den Bau neuer Werke und die Entwicklung der Leitungsnetze. Maßnahmen, die nur mit Bewilligung der Kommissare getroffen werden können, ferner auf die Festsetzung der Vorschriften, nach denen das Zentralamt die Erzeugungskosten elektrischer Arbeit ermitteln muß, auf Bestrebungen zur Normalisierung des Strompreises, die Normung der Verträge mit Grundbesitzern über den Bau der Freileitungen, die Neubearbeitung der behördlichen Vorschriften für elektrische Anlagen usw.

Es möge noch erwähnt sein, daß die Kosten der Kommission sich auf 47 000 £ beliefen, d. s. nur 13,1 Pf je 1000 verkaufte Kilowattstunden. R. O. Kapp.

Anschluß elektrischer Wärmeapparate für den Haushalt in der Schweiz 1929. — Wiederum hat eine Erhebung bei den bedeutendsten schweizerischen elektrothermischen Fabriken stattgefunden und hinsichtlich des Anschlusses von Wärmeapparaten folgendes Ergebnis gebracht:

Wärmeapparate	Gesamtanschluß Ende 1929		Zunahme gegen 1928	
	Zahl	Anschlußwert kW	Zahl	Anschlußwert kW
Kochherde und Rechauds	139 200	325 100	15 600	61 500
Schnellkocher, Tee- und Kaffeemaschinen . . .	188 700	79 530	12 700	5 300
Brotröster	37 400	14 910	2 100	990
Bügeleisen	646 000	268 800	43 000	18 700
Heizöfen	147 000	240 200	11 000	21 400
Strahler	111 100	73 400	17 600	12 400
Warmwasserspeicher . .	86 200	122 000	16 800	18 200
Backöfen	480	10 820	100	820
Koch- und Siedekessel .	750	4 410	140	760
Wärme- und Trockenschränke	6 800	6 230	120	560
Futterkocher	2 150	4 890	460	1 250
Verschiedene	51 850	69 810	4 380	3 420
Summe .	1 417 630	1 220 100	124 000	145 300

Nicht berücksichtigt sind vom Ausland eingeführte Vorrichtungen, wohl aber solche Apparate, die ältere ersetzt haben. A. Härry, der darüber berichtet, bemerkt, daß der Anschlußwert je Kochherd im Mittel von 3,5 kW in 1928 auf 4 kW in 1929 gestiegen sei und immer mehr elektrische Kochherde mit Backofen verwendet würden. Die Zunahme der Heißwasserspeicher habe sich gegen das Vorjahr verringert, weil die Ausbreitung der Fernwarmwasserversorgungen mit Kohlenheizung ganzer Baublöcke in den größeren Städten wachse. Man werde sich darum bemühen, das Heißwasser dieser Verbraucher wenigstens für die Sommermonate elektrisch herzustellen. (Bull. SEV Bd. 21, 1930, S. 178.)

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ

Der erste Beschluß des großen Senats des Reichspatentamts. — Durch Gesetz vom 1. II. 1926 ist, wie s. Z. hier berichtet wurde, beim Reichspatentamt der große Senat geschaffen worden, dessen Entscheidung eingeholt werden muß, wenn in einer grundsätzlichen Frage eine Beschwerdeabteilung von der Entscheidung einer anderen Beschwerdeabteilung abweichen will. Es sollte dadurch die Einheitlichkeit der Rechtsprechung des Patentamts gewahrt werden.

Das Gesetz wurde s. Z. mit einer unverständlichen Hast eingebracht, ohne vorher eine Äußerung der interessierten Kreise herbeizuführen. Infolgedessen enthielt es schwere Mängel, u. a. sieht es die Hinzuziehung der betroffenen Parteien nicht vor, wodurch eine alle Gesichtspunkte ausschöpfende Behandlung der Fragen nicht gewährleistet ist. Die Überstürzung, mit der das Gesetz s. Z. zustande gekommen ist, ließ annehmen, daß ein dringender Notstand vorlag. Um so überraschender ist es, daß erst jetzt, nach nahezu 4 Jahren, die erste Entscheidung des großen Senats veröffentlicht wird, dem von der Beschwerdeabteilung I folgende Frage vorgelegt worden war:

„Kann in dem Falle, daß eine Patentanmeldung im Laufe des Prüfungsverfahrens eine unzulässige Erweiterung oder Veränderung ihres Gegenstandes erfahren, die Prüfungstelle diese aber nicht als solche anerkannt, sonder die erweiterte oder veränderte Anmeldung bekanntgemacht hat und sich das Vorliegen einer unzulässigen Erweiterung oder Veränderung erst während des weiteren Verfahrens herausstellt, die Patentanmeldung in demselben Verfahren unter Festsetzung des Anmeldetages auf den Tag, an dem die Erweiterung oder Veränderung eingegangen ist, weiterbehandelt werden? Oder ist die unzulässige Erweiterung oder Veränderung wieder auszuscheiden und als besondere Anmeldung weiterzubehandeln, insbesondere auch von neuem bekanntzumachen?“

Der große Senat hat nach Prüfung seiner Zuständigkeit und nach Bejahung der Voraussetzungen des Gesetzes folgenden Beschluß gefaßt:

„Wenn sich erst nach der Bekanntmachung herausstellt, daß eine Patentanmeldung eine unzulässige Erweiterung oder Veränderung erfahren hat und in der erweiterten oder veränderten Gestalt bekanntgemacht worden ist, so darf das Verfahren nicht unter Festsetzung des Anmeldetages auf den Zeitpunkt der erstmaligen Offenbarung der Erweiterung oder Veränderung fortgesetzt werden. Die Erweiterung oder Veränderung ist vielmehr wieder auszuscheiden und zum Gegenstand einer besonderen abgezweigten Anmeldung zu machen, die in der Verfahrenslage weiterzubehandeln ist, in der sie sich in der Stammanmeldung befand, d. h. eine erneute Bekanntmachung findet nicht statt.“

Damit wird also eine frühere gegenteilige Entscheidung der Beschwerdeabteilung I vom 5. IX. 1925, die die entgegengesetzte Auffassung vertrat, abgelehnt. Aus den Gründen geht hervor, daß die Beteiligten Antrag auf Anhörung vor dem großen Senat gestellt haben, denn dieser hat den Antrag abgelehnt mit der Begründung, „weil das Gesetz die Hinzuziehung nicht vorsieht und seine Anrufung eine rein inneramtliche Angelegenheit darstellt“. Diese Begründung mag formell haltbar sein, höheren rechtlichen Gesichtspunkten entspricht sie aber nicht, denn beim Vorhandensein einer Lücke im Gesetz sollte man diese sinngemäß ausfüllen. Es lassen sich aber — abgesehen vielleicht von der vermehrten Arbeit für das Patentamt — keine Gründe angeben, warum man die Parteien von diesem Verfahren ausschließen soll, da ihre Mitwirkung unzweifelhaft dazu beitragen würde, alle Gesichtspunkte einer Frage zu erschöpfen.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld I, Berlin.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Preisausschreiben!

Das Kuratorium der Zusatzstiftung zu Zeitlers Studienhaus-Stiftung, Berlin, dem auch ein Vertreter des Elektrotechnischen Vereins angehört, hat aus den eingereichten Preisaufgaben zur Lösung wirtschaftlicher, wissenschaftlicher oder technischer Fragen folgende ausgewählt:

1. Die neuzeitliche Schweißtechnik verdrängt infolge ihrer wirtschaftlichen Überlegenheit andere Verbindungsarten (Nieten, Falzen, Schrauben usw.) immer mehr. Ihrem Eindringen in einige Zweige der industriellen Fertigung und des Bauwesens (Dampfkesselbau, Schiffbau, Stahlbau) stehen jedoch noch Hemmungen entgegen, die darauf zurückzuführen sind, daß ein zuverlässiges und handliches Gerät zur Prüfung der Arbeitsgüte fehlt. Die Schaffung eines werkstattgerechten, schnellarbeitenden Prüfungsgerätes für Schweißnähte, ohne sie zu zerstören, ist der springende Punkt der ganzen Entwicklung. Heute prüft man mittelbar dadurch, daß man den Arbeiter ein Vergleichstück anfertigen läßt und dieses untersucht. Das unmittelbar wirkende Röntgenprüfverfahren ist noch nicht reif für die Verwendung auf der Baustelle. Am aussichtsreichsten erscheint die Verwendung magnetischer Felder und elektrischer Induktionen zur Untersuchung der Schweißnähte. Es ist ein Prüfgerät zu entwickeln, das in der Hand des üblichen Abnahme-Ingenieurs schnell und zuverlässig Fehlstellen in der Schweißnaht anzeigt.

Als Preis für die beste Lösung dieser Aufgabe ist ein Betrag von **5000 RM** ausgesetzt worden.

2. Entwicklung eines ruhenden Frequenzumformers für 50/16⅔ Hz mit möglichst geringen Störwirkungen auf den Fernsprechbetrieb.

Begründung: Die Frequenzumformung zur Versorgung der Bahnnetze aus den Landesnetzen geschah bisher ausschließlich durch rotierende Umformer. Mit Rücksicht auf die zukünftige Vollbahn-Elektrisierung ist es wünschenswert, einen ruhenden Frequenzumformer zu entwickeln, der jedoch keine Störwirkungen auf den Fernsprechbetrieb ausüben darf.

Als Preis für die beste Lösung dieser zweiten Aufgabe ist ein Betrag von **3000 RM** ausgesetzt worden.

3. „Die Auswirkung der Fürsorgeerziehung als Vorbeugung oder Heilung von Asozialität."

Als Preis für die beste Lösung dieser Aufgabe ist ein Betrag von **1200 RM** ausgesetzt worden.

4. „Der Alkoholismus in der Nachkriegszeit in Deutschland und im Ausland, an klinischem und statistischem Material geprüft."

Als Preis für die beste Lösung der vierten Aufgabe ist ein Betrag von **1000 RM** ausgesetzt worden.

Die Lösungen dieser Preisaufgaben müssen in deutscher Sprache abgefaßt bis spätestens 1. April 1931 an das „Kuratorium der Zusatz-Stiftung zu Zeitlers Studienhaus-Stiftung" in Berlin O 27, Schicklerstraße 5 II eingesandt sein.

Die Einsendung unter einem Kennwort ist erwünscht. In solchem Falle ist die genaue Anschrift des Einsenders in einem geschlossenen Umschlage mit gleichem Kennwort beizufügen.

Gemäß den Bestimmungen des Bürgerlichen Gesetzbuches über „Auslobung, die eine Preisbewerbung zum Gegenstande hat" (§ 661 Abs. 4) wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß das Eigentum an der eingesandten Lösung als kostenlos auf die Stadt Berlin übertragen gelten soll.

Der Wettbewerb steht für Jedermann offen.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Freileitungen.

In dem neuen Wortlaut der

„Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V. S. F./1930"

ist in § 24 eine Tafel VI enthalten, in der sich bei einigen Omega- und $\frac{\Delta\omega}{\Delta\lambda}$-Werten auf Grund neuester Nachprüfungen geringfügige Verschiebungen ergeben.

Tafel VI der V. S. F./1930 ist daher, wie folgt, zu lesen:

Tafel VI.

λ	ω	Δω/Δλ	λ	ω	Δω/Δλ
		—			0,060
0	1,00	0,001	130	4,00	0,063
10	1,01	0,001	140	4,63	0,069
20	1,02	0,003	150	5,32	0,073
30	1,05	0,005	160	6,05	0,078
40	1,10	0,007	170	6,83	0,083
50	1,17	0,009	180	7,66	0,087
60	1,26	0,013	190	8,53	0,093
70	1,39	0,020	200	9,46	0,097
80	1,59	0,029	210	10,43	0,101
90	1,88	0,048	220	11,44	0,107
100	2,36	0,050	230	12,51	0,111
110	2,86	0,054	240	13,62	0,116
120	3,40	0,060	250	14,78	—

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betrifft: Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten.

Wir geben hiermit bekannt, daß die VDE-Prüfstelle ab 1. IV. 1930 auch VDE-Zeichenprüfungen an Hochfrequenz-Heilgeräten durchführen wird.

Nach günstigem Ausfall der Untersuchung kann den Antragstellern nach Erfüllung der in der Satzung der VDE-Prüfstelle festgelegten Bedingungen die Genehmigung zur Benutzung des gesetzlich geschützten Verbandszeichens (VDE-Zeichen) für Hochfrequenz-Heilgeräte erteilt werden.

Betr.: Streichung von Genehmigungen zur Führung des Verbandskennfadens für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen.

Die seinerzeit der Firma Kabelwerk G. m. b. H., Fröndenberg a. d. Ruhr, erteilte Genehmigung zur Benutzung des dem Verband Deutscher Elektrotechniker gesetzlich geschützten schwarz-roten Verbandskennfadens für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen ist zurückgezogen worden, da die Firma die Fabrikation eingestellt hat.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

Digitized by Google

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein zu Aachen. 2. IV. 1930, abds. 8 h, Hörsaal des Elektrot. Inst. der T. H.: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Schönborn, „Die Versorgung der Stadt Aachen mit Elektrizität".

Dresdner Elektrotechn. Verein. 27. III. 1930, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des Elektrot. Inst. der T. H.: Vortrag Dipl.-Ing. König, „Hochspannungsluftschalter".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Frankfurt a. M. 2. IV. 1930, abds. 8 h, Kunstgewerbeschule, Neue Mainzerstraße 47: Vortrag Obering. Blänsdorf, „Zunahme der Leistungen, Drücke, Temperaturen u. Spannungen der Dampf-Turbosätze".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

G. Montanus. — Am 1. IV. d. J. feiert Georg Montanus, Mitglied des Vorstandes des VDE und Ehrenvorsitzender des Reichsverbandes des deutschen Elektro-Installationsgewerbes, seinen 80. Geburtstag. Seine vielfachen Verdienste, besonders um den von ihm gegründeten Installateur-Verband, konnte die ETZ bereits früher in einer Lebensbeschreibung gebührend würdigen[1]. Wir haben dem nur hinzuzufügen, daß Herr Montanus auch heute noch in voller Rüstigkeit am Wirken des Reichsverbandes sowie des VDE tätigen und führenden Anteil nimmt.

Hochschulnachrichten. — Bei der Fakultät für Maschinenwesen der T. H. Aachen habilitierte sich Dr.-Ing. Eugen Flegler als Privatdozent für das Lehrgebiet „Starkstromtechnik".

Auszeichnungen. — Die T. H. Aachen hat dem Obering. Fritz Freytag der AEG, Berlin, in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um den Modellbau und die konstruktive Gestaltung im Gießereiwesen die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen.

Jubiläum. — Dipl.-Ing. Rudolf Bachrach, stellv. Mitglied des Vorstandes der Sachsenwerk Licht- und Kraft-AG., begeht am 1. IV. sein 25jähriges Dienstjubiläum bei dieser Firma. R. Bachrach ist am 5. III. 1877 geboren, studierte an der T. H. Hannover und legte 1900 die Diplomprüfung ab. Am 1. IV. 1905 trat er beim Sachsenwerk als Ingenieur in die Projekten- und Montageabteilung ein, wurde im Januar 1907 Oberingenieur und Leiter dieser Abteilung, im Januar 1909 zum Prokuristen, im Mai 1918 zum Titulardirektor und im Januar 1926 zum stellv. Vorstandsmitglied ernannt. Herr Bachrach vertritt seine Firma in Berlin und verwaltet von hier aus eine Reihe Ingenieurbüros seines Werkes. Er nimmt ferner in Berlin die Interessen des Sachsenwerks im Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie wahr und ist Mitglied des Vorstandes des Verbandes der Funkindustrie und des Hauses der Elektrotechnik.

LITERATUR.

Besprechungen.

Lehrbuch der Elektrodynamik. Von Prof. Dr. J. Frenkel. 1. Bd.: Allgem. Mechanik d. Elektrizität. Mit 39 Abb., X u. 365 S. in gr. 8°. 2. Bd.: Makroskopische Elektrodynamik der materiellen Körper. Mit 50 Abb., XII u. 505 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1926 u. 1928. Preis von Bd. 1 geh. 28,50 RM, geb. 29,70 RM, von Bd. 2 geh. 45 RM, geb. 46,20 RM.

Das Lehrbuch der Elektrodynamik von J. Frenkel ist im ganzen als dreibändiges Werk gedacht. Der erste Band umfaßt die allgemeinen Gesetze der Wechselwirkung und der Bewegung von elektrisch geladenen materiellen Teilchen (elektrischen Massenpunkten). Der zweite Band behandelt die elektromagnetischen und optischen Eigenschaften der materiellen Körper makroskopisch gesehen. Der dritte Band soll die mikroskopische Elektrodynamik der einfachsten materiellen Systeme, der Atome und Moleküle bringen.

Bei der Behandlung des Stoffes ist vom historischen Werdegang der Elektrizitätslehre ganz abgesehen. Sie wird ähnlich wie in der klassischen Mechanik als ein abgeschlossenes logisches System möglichst einfach und systematisch entwickelt. Diese Einstellung des Autors ist sehr zu begrüßen, denn sie ist zweifellos diejenige, die dem heutigen Stand der klassischen Elektrodynamik am besten gerecht wird.

Der erste Band zerfällt in drei Abschnitte. Der erste Abschnitt bringt die von der Zeit unabhängigen elektromagnetischen Wirkungen. Die Elektrostatik wird auf den Wirkungen einfachster neutraler Systeme, der Dipole, aufgebaut, die Magnetostatik auf Grund der Wirkungen idealisierter stationärer elektrischer Ströme. Im zweiten Abschnitt werden die gewonnenen Gesetze auf beliebige von der Zeit abhängige Wirkungen verallgemeinert (Maxwell-Lorentzsche Gleichungen, Strahlungsfelder von Oszillatoren, Grundzüge der elektromagnetischen Lichttheorie. Felder bewegter Punktladungen, Energie und Bewegungsgröße bei beliebigen Feldern, elektromagnetische Theorie der Masse, Strahlungsdämpfung, Translations- und Rotationsbewegung des räumlich ausgedehnten Elektrons). Der dritte Abschnitt behandelt die spezielle Relativitätstheorie, die heute aus einer vollkommenen Darstellung der Elektrodynamik nicht mehr wegzudenken ist, mit besonderer Betonung der Elektrodynamik und der Mechanik des Elektrons.

Der zweite Band zerfällt in zwei Abschnitte. Im ersten Abschnitt werden zunächst die Ergebnisse der Punktelektromechanik des ersten Bandes auf Systeme von sehr vielen elektrischen Ladungen angewendet (Mittelwertbildung), also auf die materiellen Körper, und es werden die Grundbegriffe zur Beschreibung ihres elektromagnetischen Verhaltens gebildet. (Differentialgleichungen des makroskopischen Feldes, Verhalten an Unstetigkeitsflächen, Polarisation, elektromagnetische Konstanten der Materie, Energien, mechanische Kräfte.) Mit Hilfe der relativistischen Elektrodynamik wurden die Ausdrücke und Gleichungen gleichzeitig für bewegte Körper angegeben. Bei sämtlichen Begriffen, besonders auch bei denen mit quadratischer Natur, wie Energie, Strahlung und mechanische Spannungen, wird die Einteilung in die den freien (Leitungs-) Elektronen und die den gebundenen (dielektrischen) Elektronen zugehörigen Anteile konsequent durchgeführt. Im dritten Kapitel dieses Abschnittes wird die „quasimikroskopische" Theorie der elektromagnetischen Eigenschaften der materiellen Körper entwickelt (z. B. elektrische und magnetische Suszeptibilität und Polarisation, optische Drehung, Dispersion, Absorption, Leitfähigkeit, elektrolytische Polarisation). Der zweite Abschnitt behandelt die allgemeinen Probleme der makroskopischen Theorie. Im ersten Kapitel die Fortpflanzung elektromagnetischer Schwingungen in unbegrenzten Körpern. (Ebene Wellen in isotropen, anisotropen und gyrotropen Körpern, nichtharmonische Schwingungsvorgänge, räumliche Wellengruppen, Wellenpakete, Wellen in quasi-homogenen Körpern, geometrische Optik und ihre Analogie zur Mechanik, Wellenoptik und Huyghens Elementarwellen, Streuung elektromagnetischer Wellen.) In diesem Kapitel sind auch die Grundbegriffe entwickelt, welche im III. Bande bei der Behandlung der Atomphysik nötig sind. Das zweite Kapitel behandelt die Fortpflanzung elektromagnetischer Schwingungen in begrenzten Körpern (Reflexion, Brechung, Drahtwellen, Oberflächenwellen, Eigenschwingungen allseitig begrenzter Körper, Beugung). Das letzte Kapitel dieses Abschnittes bringt als Spezialfall die Theorie der strahlungslosen (quasistationären) Erscheinungen in begrenzten Körpern. (Schwingungen linearen Leiter, Draht- und Kabelleitungen, Schwingungen in Systemen von linearen Leitern, Induktionsströme in körperlichen Leitern.) Am Schluß des Kapitels werden schließlich die Elektro-, Galvano- und Magnetostatik der ponderablen Körper behandelt und einige elementare Probleme gelöst.

Die benutzten mathematischen Hilfsmittel aus der Vektor- und Tensorrechnung sind in der Einleitung kurz entwickelt. Die Tensorgrößen werden zur relativistischen Darstellung der Gleichungen benötigt. Ein Anhang im zweiten Band behandelt speziell die Anwendung krummliniger Koordinaten und einige damit zu lösende statische und dynamische Probleme.

Wie diese kurze Übersicht zeigt, ist in den zwei Bänden ein außerordentlich großes Material verarbeitet. Wir haben in dem Frenkelschen Buch wohl die modernste und umfassendste Darstellung der Elektrodynamik von einem einheitlichen Standpunkt aus, die so weit getrieben ist, daß alle anschließenden Gebiete, in denen elektromagnetische Vorgänge auftreten, mit berücksichtigt sind. Man muß es als ein ganz ausgezeichnetes Werk bezeichnen, das durchaus originell konzipiert und knapp und klar geschrieben ist. Es ist allerdings kein Buch für Anfänger und infolge der nötigen Kürze der Darstellung, namentlich im ersten Band, nicht immer ganz leicht zu lesen. Wie der Autor selbst sagt, gleicht der erste Band dem etwas mühevollen eintönigen Anstieg auf den Gipfel eines Berges, während der zweite Band dem Abstieg auf der grünen und belebten Seite wieder ins Tal gleicht. Wer sich der Mühe des Studiums des ersten Bandes unterzieht, wird durch die reichhaltigen Anwendungen des zweiten reich belohnt werden. Dem theoretisch interessierten Elektrotechniker kann man es nur auf das Wärmste empfehlen. Schon durch

[1] ETZ 1925, S. 513.

Digitized by Google

die vielen geistvollen Bemerkungen und Kritiken wird er reiche Anregung finden. Auch für den Hochschulunterricht werden große Teile des Werkes sich ausgezeichnet verwerten lassen.

Man kann nur hoffen, daß der Verfasser auch bald den versprochenen dritten Band vorlegt.

Druck und Ausstattung des Werkes sind ausgezeichnet. Schumann.

Selektivschutzeinrichtungen für Hochspannungsanlagen mit Anleitung zu ihrer Projektierung. Von Obering. M. Walter. Mit 77 Abb., VI u. 128 S. in 8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1929. Preis geh. 7 RM.

Obering. Walter hat seinem vor etwa einem Jahr im Rom-Verlag erschienenen Büchlein „Projektierung von Selektivschutzanlagen nach dem Impedanzprinzip" nunmehr das vorliegende ausführliche Buch folgen lassen und damit dem seinerzeit geäußerten Wunsch nach vertiefter Behandlung einzelner Fragen weitgehend Rechnung getragen. Es wird hier zunächst besonderer Wert auf die Behandlung von Schutzeinrichtungen nach dem Distanzprinzip gelegt, u. zw. werden nicht nur die Relais selbst, sondern auch die dazugehörigen Meßwandler und die übrigen notwendigen zusätzlichen Einrichtungen besprochen. Alle wichtigeren bisher entwickelten Systeme werden dabei wenigstens kurz dargestellt, so das Distanzrelais der AEG, das Relais der Firma Dr. Paul Meyer, die Distanzrelais von BBC und S & H, und es fehlen auch nicht Hinweise auf noch weniger bekannte Systeme, wie beispielsweise das Minimal-Impedanzrelais der Firma Oerlikon. Weiten Raum nimmt die Besprechung aller mit der Projektierung zusammenhängenden Fragen ein, und es zeigt sich gerade hier besonders deutlich, daß das Buch auf Grund von Spezialerfahrungen entstanden ist, wie sie auf diesem Gebiete im gleichen Ausmaße nur selten anzutreffen sein werden. Dem praktisch tätigen Elektroingenieur sowie dem Studierenden kann dieses Buch wärmstens empfohlen werden. Gauster.

Die wissenschaftlichen Grundlagen der Preisbildung für die elektrische Arbeit. (Sammlung Vieweg, Tagesfragen aus den Gebieten d. Naturwissensch. u. d. Technik, H. 100.) Von Dr. W. Kummer. Mit 18 Abb. i. Text u. 52 S. in 8°. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn AG., Braunschweig 1929. Preis geh. 4 RM.

Das anerkennenswerte Ziel, daß der Verfasser sich zur Aufgabe gestellt hat, ist, die wissenschaftliche Grundlage der Preisbildung für die elektrische Arbeit zu klären und damit die Möglichkeit einer Vereinheitlichung des Tarifwesens zu schaffen. Der Weg, den er dazu einschlägt, ist in hohem Maße geistreich und originell, aber dies dürfte auch der Hauptfehler der Arbeit sein, die sich von allen hergebrachten Methoden grundsätzlich unterscheidet. Da sie erhebliche mathematische Anforderungen stellt, wird sie trotz ihres zahlenmäßig recht guten Ergebnisses und trotzdem sie den herrschenden Anschauungen durchaus entspricht, vorerst wenig praktische Bedeutung gewinnen. Besonders wohl aus dem Grunde, weil jegliche Beispiele mit praktischen Zahlenwerten fehlen und der Verfasser auch keine Literaturangaben gemacht hat, die es dem Leser ermöglichen würden, tiefer in die Materie einzudringen.

Zunächst behandelt Kummer die Betriebsverhältnisse beim einzelnen Stromverbraucher (Verbrauchsgerät), der jeweils durch seinen Arbeitsverbrauch, seine Spitze und Benutzungsdauer charakterisiert ist. Zur Berechnung des Belastungsausgleichs gleichartiger Verbraucher bedient er sich des Theorems von Bernoulli, das er durch die Formeln von Poisson ersetzt. Die Grenzwerte dieser Funktion findet er einmal aus dem Theorem von Bernoulli (nicht, wie man aus der Reihenfolge annehmen könnte, aus der Poissonschen Gleichung mit der Stirlingschen Formel), anderseits aus den physikalischen Eigenschaften der Netze. Der Quotient dieser beiden Grenzwerte ergibt das Schwankungsverhältnis (reziproker Belastungsfaktor), einen Begriff, den der Verfasser, aber nicht ganz konsequent, auch auf die mögliche Verbrauchszeit abstellt.

Zur Berechnung des physikalischen Grenzwertes — ein Begriff, der physikalisch und praktisch noch mehr zu klären wäre — führt Kummer die Stirlingsche Gleichung ein, auf Grund deren er dann weiterrechnet. Leider ist die Entwicklung der folgenden „strengen Gleichung" nicht gegeben, besonders nicht die folgenden Werte dieser Ableitung. So erweckt diese Angabe die irrtümliche Vorstellung, daß man einfach mit dieser strengen Gleichung weiterrechnen kann, während sie in Wirklichkeit nur der Anfang einer Reihe ist. Da diese mathematischen Grundlagen nicht allgemein bekannt sind, hat der Verfasser dann die Ergebnisse seiner Rechnungen in Kurven aufgetragen, so daß man aus den Abnehmerzahlen und ihren Benutzungsdauern die Benutzungsdauer im Wert ohne weiteres abgreifen kann.

Nach einigen Ausführungen über die einzelnen Verbrauchergruppen wendet sich Kummer dem Belastungsausgleich gemischter Verbrauchergruppen zu. Die von ihm vorgeschlagene Lösung der Homogenisierung auf Mittelwerte kann nicht restlos befriedigen, sofern nicht praktische Zahlen vorliegen, welche die Genauigkeit dieses Verfahrens nachweisen.

Im zweiten Hauptteil des Buches werden die tatsächlichen Kosten der elektrischen Arbeit besprochen, u. zw. sowohl für Wärme- als auch für Wasserkraftwerke. Hier gibt der Verfasser auch praktische Zahlen, doch ist der Kapitaldienst wohl mehr für schweizerische Verhältnisse berechnet. Die von ihm aufgestellten Kostengleichungen entsprechen den üblichen Unterteilungen in feste und veränderliche Kosten mit einem Zuschnitt auf die im ersten Teil seines Buches gebrachten Formeln. In diesem Teil der Arbeit behandelt er dann noch die Arbeitskosten bei anormalem Leistungsfaktor, entsprechend der Nisselschen Arbeit.

Im dritten Abschnitt behandelt der Verfasser mehr die Gestehungskosten der einzelnen Gruppen. Er bildet zunächst Einheitspreise unter der Voraussetzung, daß gleiche Abnehmer vorhanden wären. Die Beibehaltung dieser Annahme, auch wenn dies nicht zutrifft, wird zwar begründet, doch kann ihr nicht so ohne weiteres zugestimmt werden. Hier müßten Beispiele aus der Praxis die Arbeit ergänzen. Ebenso scheint es bedenklich, Abnehmer mit gleicher Benutzungsdauer mit gleichen Kosten zu belasten und somit keine Rücksicht auf die Lage ihrer Abnahmekurve zur Gesamtkurve zu nehmen.

Sehr gut sind die Darlegungen des Verfassers über die Verluste und die Kosten der einzelnen Verteilungsstufen. Auch seine Begründungen der einzelnen Tarifarten aus seinen Gleichungen sind lesenswert. Doch kommt auch Kummer letzten Endes zu dem Ergebnis, daß er — trotzdem er Tarif- und Meßinstrumentvereinfachungen propagiert — zur Durchführung des Grundgebührentarifs eines Zählers mit Höchstverbrauchsanzeiger bedarf, jedoch will er den Grundgebührentarif für Kleinabnehmer nur in besonderen Fällen anwenden.

Alles in allem also ein originelles und lesenswertes Buch, das auf einer beachtlichen Höhe steht, beim Leser aber auch erhebliche mathematische Kenntnisse voraussetzt und deshalb dem Wirtschaftler nicht die zum Verständnis nötigen Grundlagen vermitteln dürfte, um die vom Verfasser gewonnenen Ergebnisse praktisch anwenden zu können. R. Schneider, Darmstadt.

Schnittgeschwindigkeitswerte, Vorschübe und Bohrzeiten mit Schnellstahlbohrer. Von G. Schanovski u. L. Strach. Schiebetafel 8 × 26 cm. Verlag Franz Winkler „Im Buchladen", Linz a. D. 1929. Preis 1,20 RM.

Der Rechenschieber besteht aus einem Mantel und einer Zunge, beide aus Papier. Nach dem Einstellen der Zunge auf den gewünschten Bohrerdurchmesser kann man in den im Mantel befindlichen Ausschnitten die zugehörige Drehzahl für einen bestimmten Werkstoff und die erforderliche Schnittzeit für 10 mm Bohrtiefe ablesen. Die Bestimmung der Daten ist einfach und leicht. Ein Nachteil ist, daß die Zeit in Sekunden und nicht in Minuten abzulesen ist, da allgemein in der Kalkulation mit Minuten gerechnet wird. (Siehe Refa-Mappen[1].)

Von einem Rechenschieber muß man natürlich verlangen können, daß er stimmt. Das ist bei diesem Schieber leider nicht der Fall. Zur Errechnung der Schnittzeit für 10 mm Bohrlochtiefe wurden zu letzterer noch die Bohrerspitzenlänge als Anschnitt zugeschlagen. Bei einem Bohrerdurchmesser von 50 mm beträgt derselbe 16 mm. Es wurde die Zeit mit einer Schnittiefe von 10 + 16 mm = 26 mm bei 10 mm Bohrlochtiefe errechnet. Will man den Rechenschieber in der Praxis benutzen und ist ein Loch von 60 mm Tiefe zu bohren, so wird man den abgelesenen Zeitwert des Rechenschiebers für 10 mm Bohrlochtiefe mit 6 multiplizieren. Hierdurch erhält man eine Schnittiefe, die um 5 × Bohreranschnitt zu groß ist, in diesem Fall 156 mm statt 76 mm und demnach eine um 100 % längere Schnittzeit, wie sie in Wirklichkeit ist.

Ferner sind die Zeitwerte des Schiebers 10mal höher als die Rechnung nach der Formel ergibt. Anscheinend ist

[1] Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung. Druck der Mappen im Beuth-Verlag, Berlin.

Digitized by Google

den Herausgebern das Komma um 1 Stelle zu weit nach rechts ausgeglitten. Z. B. ist die Zeit für das Bohren mit 12 mm-Bohrer bei 10 mm Lochtiefe und 3,75 mm Bohreranschnitt nicht 120 s, sondern 12 s, denn t_s in Sek. ist gleich $\frac{L}{n\,s}$ 60. Da nach dem Rechenschieber $n = 585$ U/min bei $v = 22$ m/min und s rd. 0,12 mm/U ist, so wäre

$$t_s = \frac{10 + 3{,}8}{585 \,.\, 0{,}12} \,.\, 60 = \frac{13{,}8 \,.\, 60}{585 \,.\, 0{,}12} = 11{,}8 \text{ rd. } 12 \text{ s}$$

und nicht 120 s. Die Zeit von 120 s = 2 min für 10 mm Bohrtiefe bei 12 mm Bohrerdurchmesser wäre ungeheuer lang.

Nach Richtigstellung dieser und noch einiger anderer Mängel dürfte der Schieber für den Kalkulator und Meister infolge seiner übersichtlichen Ausführung ein gutes Hilfsmittel sein. E. Rauscher.

Lehrbuch der Metallkunde des Eisens und der Nichteisenmetalle. Von Prof. Dr. phil. F. Sauerwald. Mit 399 Textabb., XVI u. 462 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 29 RM.

Ein prachtvolles Buch. Außerordentlich reichhaltig und anregend, klar disponiert, durchdacht und wissenschaftlich verläßlich. Mit außerordentlichem Geschick hat der Verfasser aus der Fülle des neuzeitlichen Materials das Beste und Wesentliche herangezogen. Wenn man das ungeheure Anschwellen der metallkundlichen Literatur in den letzten Jahren berücksichtigt, ist dies allein schon eine hervorragende Leistung. Dieses herangezogene Material ist mit großer Sachkunde kritisch bearbeitet und zu einem einheitlichen Werke verbunden, und dieses Werk wiederum nach Aufbau und Gliederung klar und meisterhaft durchgeführt.

Der 1. Teil behandelt die allgemeine Metallkunde, und zwar Aufbau und Veränderungen des metallischen kristallinen Zustandes an sich, die Konstitution der reimetallischen und halbmetallischen Legierungen und die allgemeinen Gesichtspunkte des Gießens, der Wärmebehandlung und Formgebung im festen Zustand, der Stoffverbindung und Trennung, und der Oberflächenbehandlung.

Der 2. Teil ist zu mehr als zwei Dritteln dem Eisen und Stahl, zum kleineren Drittel den Nichteisenmetallen gewidmet. Dadurch kommen die letzteren manchmal verhältnismäßig etwas zu kurz.

Daß der Beurteiler von seinem subjektiven Standpunkt als Metallfachmann mit manchen Einzelheiten des Inhalts und der Darbietungsformen nicht ganz einverstanden ist, kann den außerordentlichen objektiven Wert des Werkes nicht beeinträchtigen. Das Buch wird zweifellos in Kürze eine große Anhängerschaft gewinnen und bedeutet einen großen Erfolg des Verfassers, der sich damit unter seinen engeren Fachgenossen in allererste Linie stellt.

Guertler, Berlin-Dahlem.

Die Wiederbelebung. Eine zusammenfassende Darstellung ihrer Theorie u. Praxis. Von Prof. Dr. O. Bruns u. Dr. K. Thiel. Mit 26 Abb. i. Text u. 109 S. in 4°. Verlag von Urban & Schwarzenberg, Berlin u. Wien 1930. Preis geh. 9 RM.

Die beiden Autoren haben es verstanden, mit großem Geschick, wissenschaftlicher Gründlichkeit und überzeugender Klarheit die Probleme der Wiederbelebung nicht nur für den Arzt, sondern auch für diejenigen, die sich mit der Organisation und Aufsicht des Rettungswesens befassen, darzustellen. Neben den physiologischen Tatsachen, deren Kenntnisse für die Wiederbelebung notwendig sind, werden auch die klinischen und pharmakologischen Probleme erörtert, um die verschiedenen Methoden der Wiederbelebung genügend verstehen und auch den Vor- und Nachteil jeder Methode richtig bewerten zu können. In einem speziellen Teil wird auf die verschiedenen Unglücksfälle und Vergiftungen eingegangen; die Wiederbelebung wird den verschiedenen Formen des Unfalls, der den Scheintod bedingt hat, angepaßt. Zum Schluß wird in einem Merkblatt in knapper Form noch einmal alles Wissenswerte für die Praxis der Wiederbelebung zusammengefaßt. Schilf, Berlin.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Elektroproduktion der Welt. — Das von der Dresdner Bank in 3. Auflage herausgegebene Werk „Die wirtschaftlichen Kräfte der Welt" (Berlin 1930) bringt über die Entwicklung der elektrotechnischen Produktion in den wichtigsten Ländern folgende Übersicht:

Länder	Produktion in Mill RM 1925	1927
Deutsches Reich[1]	2100,0	2700,0
Großbritannien und Irland[1]	1400,0	1700,0
Frankreich[1]	450,0	650,0
Rußland[2]	168,3	308,9
Italien[1]	150,0	165,0
Holland	86,1	94,6
Schweden	99,2	131,8
Dänemark	44,3[3])	43,7
Finnland	6,8	9,5[3])
V. S. Amerika	6506,0	6877,0
Kanada	252,7	329,9
Japan	380,3	465,0[3])
Südafrikanische Union[4]	4,7	6,0
Australien und Neuseeland	29,4	50,3

[1] geschätzt — [2] Wirtschaftsjahre endend 30. IX. — [3] 1926 — [4] 1924/25 und 1925/26.

Abgesehen von der erheblichen Produktionssteigerung in Deutschland und Frankreich, über die leider mangels statistischer Unterlagen nur Schätzungen vorliegen, ist in Europa das Wachstum der schwedischen wie auch der russischen Elektroindustrie besonders hervorzuheben. Diese Wertziffern können allerdings wegen der großen Mannigfaltigkeit der elektrotechnischen Fabrikation und der beträchtlichen Preisunterschiede nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden. A. Fr.

Aus der Geschäftswelt. — In einer a.o. G.V. der Siemens & Halske AG. hat der Vorsitzende, Dr. C. F. v. Siemens die Aktionäre eingehend über die bekannte Ausgabe von Debentures aufgeklärt. Er wies zur Begründung auf die gewaltige Ausdehnung der Fabrikationsgebiete durch Rundfunk, Tonfilm und die Entwicklung des automatischen Signalwesens hin. Außerdem müsse neuerdings das Privatgeschäft mehr und mehr gepflegt und stark in Form des Vermietungsgeschäfts betrieben werden. Ferner habe sich das Anlagengeschäft geändert, das Absatzgebiet für die reinen Fabrikationsunternehmungen verengert. Für die gesamte Zukunft des deutschen Fernsprechwesens sei es von entscheidender Bedeutung, ob es gelinge, den auf ein Weltmonopol gerichteten Bestrebungen der ausländischen Konkurrenz, wozu insbesondere der Aufkauf einerseits von Konzessionen für Telephonanlagen in ganzen Ländern oder großen Teilen solcher, anderseits von Fabrikationsstätten diene, erfolgreich entgegenzutreten. Alles das erfordere bedeutende, jeweils sofort verfügbare Mittel.

Der elektrotechnische Spezialhandel Deutschlands im Jahr 1929[1]. — Für das abgelaufene Jahr hat das Statistische Reichsamt den Spezialhandel nach der Gruppeneinteilung des internationalen Warenverzeichnisses in einem besonderen Ergänzungsheft zu seinen Monatlichen Nachweisen[2] dargestellt, dem wir nachstehende Angaben für 90 Länder bzw. Gebiete entnehmen (M = elektrische Maschinen einschl. Teile, E = elektrotechnische Erzeugnisse). Der geringfügige Außenhandel über Helgoland und die badischen Zollausschlüsse (das Gebiet im Eismeer usw. scheidet ganz aus) ist fortgelassen. Auf nicht ermittelte Länder entfällt als nennenswert ein Export von 27 153 dz elektrotechnische Erzeugnisse im Wert von 2,235 Mill RM. Verglichen mit dem Vorjahr ist insgesamt die Maschineneinfuhr um 12 327 dz (23 %) und 3,707 Mill RM (24 %) zurückgegangen, der Import elektrotechnischer Erzeugnisse aber um 1420 dz (3 %) bzw. 8,904 Mill RM (29 %) gestiegen. Die Ausfuhr weist für beide Gruppen gegen 1928 eine Zunahme auf, u. zw. bei Maschinen um 22 850 dz (7 %) bzw. 7,075 Mill RM (8 %) und bei den elektrotechnischen Erzeugnissen um 159 314 dz (14 %) bzw. 83,126 Mill RM (21 %).

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 448, 1388.
[2] Verlag von Reimar Hobbing, Berlin SW 61. Preis 5 RM.

VDE-Vorschriftenbuch 17. Aufl. 1930
erschienen. Zu beziehen durch Verlag des VDE, Berlin W57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

Länder		Einfuhr aus Mengen dz	Einfuhr aus Werte 1000 RM	Ausfuhr nach Mengen dz	Ausfuhr nach Werte 1000 RM
Insgesamt	M	41 761	11 554	356 616	97 751
	E	53 196	39 278	1 276 914	481 139
Europa:					
Albanien	M	—	—	27	17
	E	—	—	24	29
Belgien, Luxemburg	M	559	214	12 722	3 771
	E	6 517	1 110	33 197	14 494
Brit. Mittelmeer	M	—	—	61	21
	E	—	—	302	118
Bulgarien	M	6	5	2 429	597
	E	6	7	4 144	1 514
Dänemark	M	301	112	2 361	921
	E	619	490	33 297	14 689
Danzig	M	93	40	2 404	658
	E	63	70	6 828	3 178
Estland	M	—	—	547	153
	E	9	12	3 871	1 331
Finnland	M	30	11	4 372	1 070
	E	997	191	36 491	10 063
Frankreich	M	554	228	20 765	6 245
	E	800	714	97 580	33 176
Griechenland	M	32	15	4 250	867
	E	49	22	9 626	2 467
Großbritannien	M	1 288	616	4 989	2 211
	E	3 006	2 257	110 317	36 758
Irisch. Freistaat	M	—	—	22 009	3 523
	E	22	6	18 403	3 938
Italien	M	776	498	9 866	4 867
	E	632	581	26 174	29 742
Jugoslawien	M	24	14	4 466	1 280
	E	30	26	8 863	4 959
Lettland	M	59	19	3 146	601
	E	23	34	9 402	2 623
Litauen, Memel	M	29	10	1 566	378
	E	15	17	5 326	1 717
Niederlande	M	6 469	2 017	25 855	6 710
	E	9 307	13 184	224 089	54 231
Norwegen	M	67	32	18 842	3 543
	E	199	194	22 296	8 987
Österreich	M	1 501	550	12 099	4 711
	E	3 493	4 107	27 872	20 106
Polen	M	803	243	13 316	3 679
	E	224	190	28 097	14 981
Portugal	M	12	3	1 622	579
	E	5	3	10 245	2 449
Rumänien	M	6	3	6 175	1 631
	E	192	62	24 413	11 537
Saargebiet	M	14 355	2 882	6 176	1 542
	E	1 815	433	18 898	6 255
Schweden	M	521	226	9 191	2 877
	E	1 147	923	65 934	25 928
Schweiz	M	9 422	1 598	4 791	2 102
	E	4 220	3 329	24 594	15 405
Spanien	M	53	11	15 366	3 882
	E	46	44	19 952	10 137
Tschechoslowakei	M	1 038	392	10 910	4 719
	E	983	900	19 981	21 285
Ungarn	M	92	40	1 686	1 036
	E	2 064	2 659	9 007	7 371
UdSSR	M	376	137	22 431	6 617
	E	166	35	25 069	17 855
Afrika:					
Abessinien	M	—	—	7	3
	E	—	—	4	1
Ägypten	M	2	1	1 914	389
	E	48	36	10 365	2 009
Algerien	M	—	—	152	34
	E	—	—	141	119
Belg. Kongo	M	—	—	94	35
	E	—	—	62	48
Brit. Ostafrika	M	—	—	71	26
	E	—	—	164	70
Brit. Südafrika	M	1	1	3 282	808
	E	13	12	11 418	3 698
Brit. Westafrika	M	2	1	—	—
	E	1	2	133	88
Franz. Marokko	M	—	—	135	30
	E	—	—	303	271
Franz. Westafrika	M	—	—	274	61
	E	—	—	40	13
Kanarische Inseln	M	14	4	687	157
	E	—	—	1 570	443
Liberia	M	—	—	—	—
	E	—	—	26	4
Madagaskar	M	—	—	227	64
	E	—	—	96	45
Mandat D. Kamerun	M	—	—	58	18
	E	—	—	313	65
Mandat D. Ostafrika	M	—	—	185	65
	E	—	—	154	64
Mandat D. Südwest	M	—	—	352	96
	E	—	—	609	260
Mandat D. Togo	M	—	—	—	—
	E	—	—	15	7
Portug. Ostafrika	M	—	—	218	43
	E	1	1	779	161
Portug. Westafrika	M	—	—	75	28
	E	—	—	167	68
Tunis	M	—	—	29	7
	E	—	—	74	35

Länder		Einfuhr aus Mengen dz	Einfuhr aus Werte 1000 RM	Ausfuhr nach Mengen dz	Ausfuhr nach Werte 1000 RM
Amerika:					
Argentinien	M	83	18	21 890	5 264
	E	6 815	479	101 472	23 362
Bolivien	M	—	—	1 534	302
	E	—	—	379	199
Brasilien	M	26	6	14 471	3 380
	E	32	31	18 567	7 738
Brit. Amerika	M	—	—	9	2
	E	—	—	129	56
Chile	M	72	19	6 521	1 569
	E	11	8	11 637	4 147
Domin. Republik	M	—	—	366	63
	E	1	1	130	69
Ekuador	M	—	—	187	46
	E	—	—	219	141
Guatemala	M	—	—	1 115	292
	E	1	1	1 488	581
Haiti	M	—	—	5	2
	E	—	—	21	13
Honduras	M	—	—	23	10
	E	—	—	91	54
Kanada	M	—	—	78	59
	E	17	11	1 798	696
Kolumbien	M	—	—	3 682	913
	E	5	8	3 934	2 006
Kostarika	M	—	—	1 217	221
	E	567	57	1 121	393
Kuba	M	30	7	260	58
	E	—	—	1 103	652
Mexiko	M	88	8	2 718	645
	E	42	13	5 448	1 356
Nikaragua	M	—	—	72	25
	E	—	—	105	71
Panama	M	—	—	269	61
	E	—	—	335	85
Paraguay	M	—	—	62	15
	E	5	1	359	122
Peru	M	11	2	607	144
	E	2	1	1 622	551
Salvador	M	2	1	119	35
	E	—	—	217	140
Uruguay	M	29	8	868	212
	E	3	4	11 159	1 903
Venezuela	M	—	—	846	173
	E	—	—	942	530
V. S. Amerika	M	2 882	1 546	1 246	839
	E	8 688	6 858	13 486	10 323
Übriges Amerika	M	—	—	486	93
	E	—	—	4 342	649
Asien:					
Brit. Indien	M	1	1	4 311	1 359
	E	33	25	17 002	4 827
Brit. Malaya	M	—	—	300	67
	E	6	2	714	338
Ceylon	M	—	—	76	33
	E	—	—	482	147
China	M	3	1	7 478	1 803
	E	22	31	6 709	5 319
Franz. Indien	M	—	—	16	5
	E	—	—	44	18
Japan	M	18	3	16 054	3 146
	E	23	25	26 626	9 269
Mandat Palästina	M	1	1	319	94
	E	1	1	1 079	322
Niederl. Indien	M	8	3	12 041	2 778
	E	23	18	43 746	9 574
Persien	M	—	—	133	49
	E	—	—	521	188
Philippinen	M	—	—	602	154
	E	0	1	361	313
Siam	M	—	—	198	64
	E	—	—	2 395	838
Türkei	M	18	3	2 883	659
	E	26	29	10 353	2 686
Übriges Asien	M	—	—	391	112
	E	—	—	916	299
Australien und Polynesien:					
Austral. Bund	M	4	4	941	320
	E	20	11	7 064	3 583
Mandat D. Südsee	M	—	—	—	—
	E	—	—	8	6
Neuseeland	M	—	—	18	12
	E	2	2	800	483
Samoa	M	—	—	—	—
	E	—	—	—	—
Übriges Australien	M	—	—	—	—
	E	—	—	14	7

Berichtigungen.

Wie uns die Herausgeberin des Neumeyer-Hilfsbuchs für Kabel und Leitungen mit Bezug auf die Besprechung auf S. 414 der ETZ 1930 mitteilt, ist der uns von ihr angegebene Preis von 7,50 RM nicht zutreffend. Das Buch kostet vielmehr geb. 10 RM.

In der ETZ 1930, S. 446, ist bei einem kleinen Teil der Auflage unter Hochschulnachrichten durch ein Versehen der Setzerei hinter der 6. Zeile folgende Zeile herausgefallen:

Günther Schulze, wurde zum ord. Prof. für Elektro-

Abschluß des Heftes: 22. März 1930

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Ein neuer Fernzeiger.

Mitteilung der AEG.

Zwei Aufgabengruppen fordern in der Praxis immer wieder eine einfache Lösung, die Übertragung sich oft wiederholender Kommandos und das Anzeigen der jeweiligen Stellung irgendeines Apparates. Die erste Aufgabengruppe ist so allgemein, daß sie fast in jedem Betrieb gestellt wird und daher kaum der Veranschaulichung durch besondere Beispiele bedarf. Als Aufgaben der zweiten Gruppe seien nur genannt: in Zentralenanlagen die Übermittlung der Stellungen von Regelwiderständen, Induktionsreglern, Stufen- und Zellenschaltern u. dgl. nach einer Zentralstelle, in Industrieanlagen das Anzeigen der Stellungen von Kranauslegern, Dreh- oder Klappbrücken, Schleusen und Schützen, Förderanlagen, Ventilen u. a. m., sowie die Übertragung von Wasserständen, Maschinendrehzahlen usw., schließlich auf Schiffen das Kenntlichmachen der Ruderstellung. Die Reihe dieser Beispiele, die beliebig erweitert werden kann, soll lediglich einen Überblick über dieses vielseitige Aufgabengebiet geben.

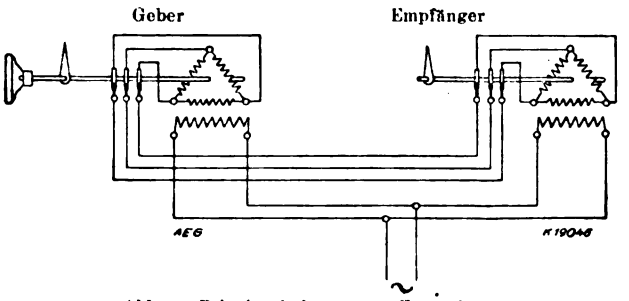
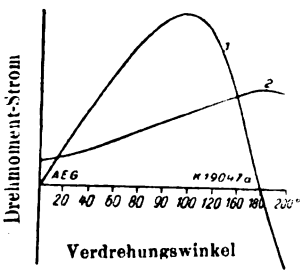


Abb. 1. Prinzipschaltung zum Fernzeiger.

Bisher war eine größere Anzahl von Signalleitungen nötig, wenn infolge der zu überbrückenden Entfernung eine elektrische Übertragung benutzt werden mußte. Die Lösung der skizzierten Aufgaben wird vereinfacht bei Verwendung des nachstehend beschriebenen neuen Fernzeigers. Der Vorteil dieses Gerätes besteht darin, daß die Zahl der Verbindungsleitungen auf drei verringert ist, wodurch sich die Installation äußerst einfach gestaltet. Für die Kommando-Übermittlung bei Tonfilmaufnahmen, Rundfunkübertragungen u. dgl. ist es auch von Bedeutung, daß die Einrichtung vollkommen geräuschlos arbeitet.

Der Aufbau des neuen Fernzeigers*) beruht auf dem Prinzip der Selbstsynchronisierung. Die beiden Motoren, von denen der eine in den Geber, der andere in den Empfängerapparat eingebaut ist, haben je eine im Dreieck geschaltete Rotorwicklung und einen durch Einphasen-Wechselstrom erregten Stator. Wichtig ist, daß der Erregerstrom für beide Apparate, Geber und Empfänger, dem gleichen Netz entnommen werden kann, was sich durch den Anschluß an ein bestehendes Lichtnetz leicht ermöglichen läßt. Bei dieser Schaltung bildet sich im Eisen des Stators und Rotors jeder Maschine zunächst zwar ein magnetisches Feld aus, jedoch kein Drehmoment zwischen Stator und Rotor. Das Rotorfeld wird somit in jeder Stellung des Rotors im Gleichgewicht zum Statorfelde sein. Sind jedoch Geber und Empfänger miteinander verbunden, wie in Abb. 1 gezeigt, so wird bei der Drehung des Rotors der Gebermaschine ein Drehmoment im Rotor des Empfängers erzeugt, wodurch der letztgenannte die gleiche Winkeldrehung ausführen muß wie der erste Rotor, worauf sich die induzierten Spannungen aufheben und der Ruhezustand wieder hergestellt ist. In dieser Ruhestellung werden für die Magnetisierung nur geringe Watt verbraucht. Die Abhängigkeit der Stromaufnahme und des Drehmomentes vom Verdrehungswinkel der Rotoren gegen einander sind in Abb. 2 dargestellt.



1 = Drehmoment,
2 = Strom.

Abb. 2. Abhängigkeit des Drehmomentes und der Stromabnahme vom Verdrehungswinkel.

Die praktische Ausführung des Apparates zeigt Abb. 3. Bei der Gebermaschine ist die Motorachse nach vorn herausgeführt und zur Kommandoübertragung mit einem Handgriff versehen; sie kann jedoch auch mit dem Apparat gekuppelt werden, dessen Stellung übertragen werden soll. Auf dieser Achse ist, ebenso wie auf der Achse des Empfängers ein Zeiger befestigt, der sich vor einer Skalenscheibe bewegt, die in 12 Felder eingeteilt ist. In diese Felder werden die zu übertragenden Befehle auf beiden Skalenscheiben gleichlautend eingetragen. Wird der Zeiger des Gebers auf eines dieser Kommandos eingestellt, so weist der Empfängerzeiger stets auf das gleiche Kommando seiner Skala. Um eine Kontrolle für die richtige Übermittlung zu erhalten, kann der Geber mit einer Quittungseinrichtung, einem zweiten Motor versehen werden, der dann einen zweiten Zeiger bewegt (Abb. 4). Die beiden Zeiger stehen dann wie die Zeiger einer Uhr vor der gleichen Skala und müssen, wenn die Übermittlung richtig erfolgt ist, zur Deckung kommen.

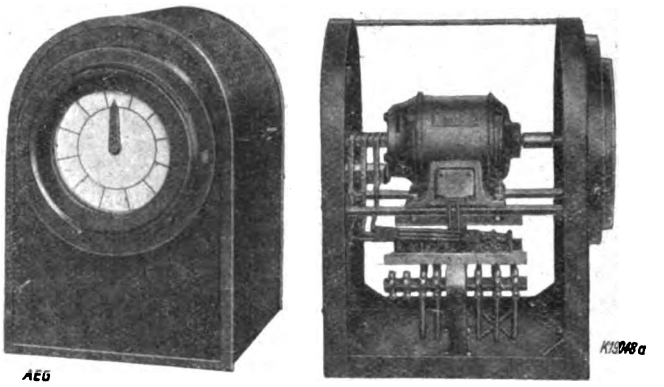


Abb. 3. Fernzeiger als Empfänger.

Die Apparate können an der Wand befestigt, in eine Schalttafel eingebaut oder auf ein Stativ gesetzt werden. Eine in manchen Fällen nicht zu umgehende Schrägstellung der Achse beeinflußt die Genauigkeit nicht.

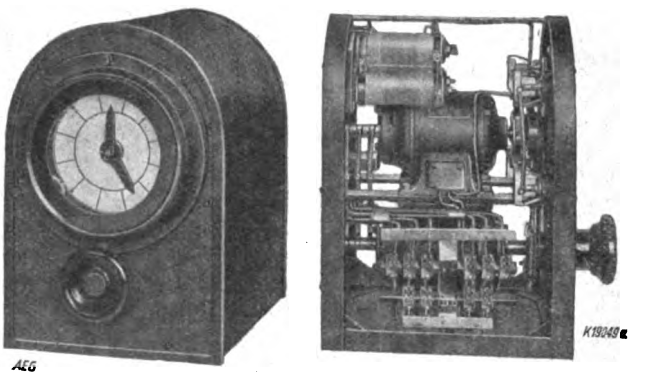


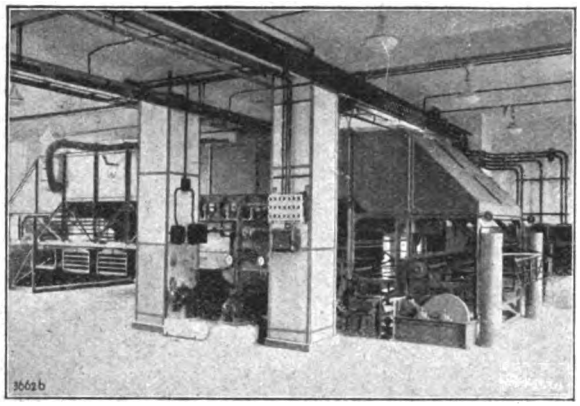
Abb. 4. Fernzeiger als kombinierter Geber und Empfänger.

Soll die Übermittlung eines Kommandos angemeldet werden, so kann bei dem mit Quittungseinrichtung verbundenen Gerät eine Beleuchtung der Skalenscheibe eingebaut werden, die in Tätigkeit tritt, sobald ein Kommando gegeben wird, und erlischt, wenn beide Zeiger übereinander stehen. An Stelle des optischen Signals kann naturgemäß auch ein akustisches treten.

*) S. Druckschrift Sa/V 366.

Digitized by Google

Schilde



Schneller trocknen

bedeutet

Zeit-, Platz- und Kapitalersparnis.

In den

Schilde-Trocknern

für

lackierte Telefongehäuse und -hörer, Anlasserkästen, Kleinteile, Zählergehäuse und -tafeln, Motore, Radio- und Lautsprecherkästen, Beleuchtungskörper, Staubsaugerteile, Installationsrohre usw. usw.

wird die Trockenzeit durch zweckmäßige und wirksame Umluftführung auf Bruchteile der seither üblichen herabgesetzt.

Die Trocknung erfolgt garantiert staubfrei und die Lackschicht wird durch und durch absolut hart, ohne spröde zu werden.

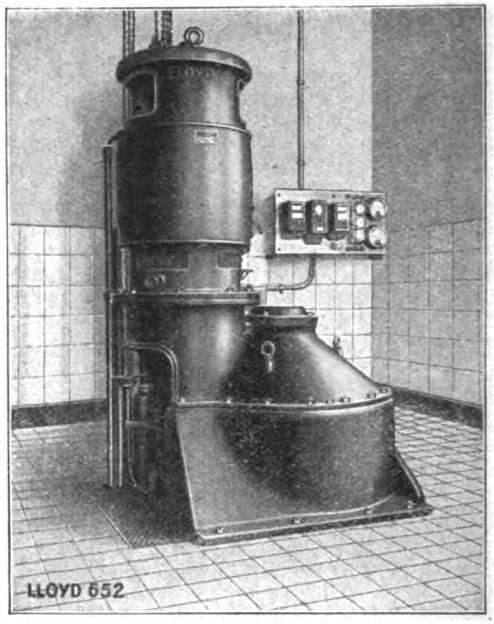
Große Trockenräume sind nicht mehr nötig, außerdem sparen Sie neben Zeit erheblich an Betriebskosten und Bedienung.

Verlangen Sie unsere Drucksache E. T. 695 die wir Ihnen gern kostenlos zusenden.

BENNO SCHILDE MASCHINENBAU-A.G. HERSFELD H.-N.

5620

LLOYD SPEZIAL-MOTOREN



Drehstrom-Vertikalmotor 70 PS, 380 Volt, 1000 UpM zum Antrieb eines Schraubenschauflers

LLOYD DYNAMOWERKE

AKTIENGESELLSCHAFT

BREMEN.

WEILO

TRANSFORMATOREN

für jeden Verwendungszweck

Kurze Lieferzeiten!

H. Weiland, Berlin SO 36

Reichenberger Straße 79-80

Digitized by Google

Engineering Library

APR 24 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Das Kraftwerk West in Berlin. Von M. Rehmer. 485.

Der Expansionsschalter (Hochleistungschalter ohne Öl). Von F. Kesselring. 499

Probleme und Perspektiven der englischen Elektroindustrie. Von A. Friedrich. 508

Rundschau:

Aufzeichn. schneller Schwingungen. 510
Urola-Bahn Zumárraga-Zumaya (Spanien). 511
Kraftwirkungen der Transformatoren-Kurzschlußströme. 512
Neue Schalt. für Wendepol-Einankerumf. 512
Experimentalstudien am Korona-Voltmeter. 512
Landeplatz- und Flugstreckenbeleuchtung. 513
Die Ankodose. 513
Abraumförderbrücke m. Gleichstrombetr. 513
Das italien. Fernsprechkabelnetz. 514
Kampf gegen Rundfunkstörungen. 514
Über Kontaktwiderstände. 515
Berechn. der Anfangspann. zw. kantigen Elektroden in Luft. 515
Messung von Ausschaltüberspann. mit dem Kathodenoszillogr. 515
Schutz der Stationsausrüst. bei Hochspannungsleit. 515
Selbsttät. Kesselregelung auf el. Wege. 516
25 Jahre Höh. Maschinen-Bauschule Magdeburg. 517
Mess. psych. Erregungszustände. 517
Bericht des Vereins zur Überwach. d. Kraftwirtsch. d. Ruhrzechen 1928/29. 517
Prüfwagen mit Einricht. zur Untersuch. verlegter Fahrschienen auf Risse und Fehlerstellen vom laufenden Wagen aus. 517
Energiewirtschaft. 518

Vereinsnachrichten. 519. **Bekanntmachung des VDE.** 521.

Sitzungskalender. 522

Persönliches. K. Hager, C. Zell, E. Sieg. 522

Literatur. W. Rogowski, H. Geiger und K. Scheel, M. Ahlburg. 522

Geschäftl. Mitteilungen. 524

Bezugsquellenverzeichnis. 524

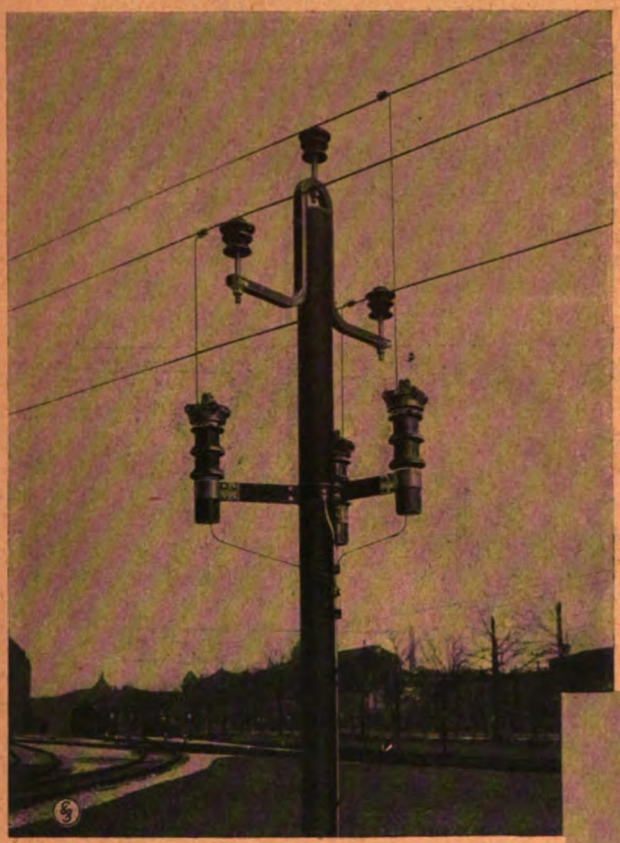
14. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9
(485-524) 3. APRIL 1930

VDE-Vorschriftenbuch 17. Auflage (1930) ist erschienen
Zu beziehen durch Verlag des »VDE«, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68

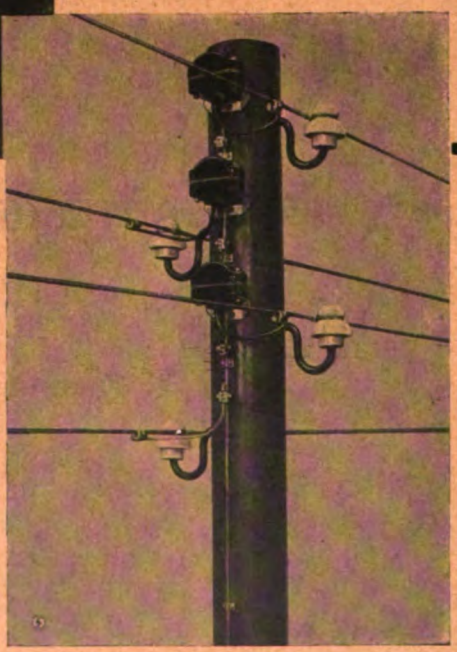
Digitized by Google

Kathodenfall-Ableiter

Überspannungs-Schutzgerät für Wechselstromnetze



für Hochspannungs-Anlagen bis 15 kV



für Niederspannungs-Anlagen

SIEMENS-SCHUCKERT

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 3. April 1930 | Heft 14

Das Kraftwerk West der Berliner Städtische Elektrizitätswerke Akt. Ges.*

Von Dr.-Ing. E. h. **M. Rehmer**, Mitglied des Vorstandes der Berliner Städtische Elektrizitätswerke Akt. Ges.

Übersicht. Der Aufsatz berichtet einleitend über den zu erwartenden Zuwachs des Berliner Stromverbrauchs und über die hieraus folgenden Richtlinien für den Bau des neuen Kraftwerks West. Seine installierte Leistung beträgt 228 000 kW, aufgelöst in 6 Hauptmaschinen von je 34 000 kW und 2 Hausturbinensätze von je 12 000 kW. Das Kesselhaus umfaßt 8 Teilkammer-Großkessel von je 2400 m² Heizfläche. Folgende Einzelheiten der Werksplanung sind bemerkenswert: Unterschubfeuerung für alle Kessel; Ausbildung des Kohlenlagers als Bunkerhaus für Bahn- und Schiffstransport; vertikale Kühlwasserpumpen; elektrische Eigenbedarfsanlage.

1. Planungsgrundlagen.

Vor etwa zwei Jahren konnte ich anläßlich der Veröffentlichung über das Großkraftwerk Klingenberg[1] einen kurzen Hinweis auf die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft Berlins geben, die sich seit 1923 durch ungewöhnlich starke Belastungs- und Verbrauchszunahme auszeichnet. Ich wiederhole an dieser Stelle die seinerzeit gebrachte und nun bis zum Jahre 1929 ergänzte Darstellung, weil aus ihr der Umfang für die jährlichen Neuinstallationen der reichshauptstädtischen Elektrizitätsversorgung zu entnehmen ist. Die Abb. 2 zeigt den Verlauf einzelner Tageshöchstlasten. Aus den für städtische Versorgungsgebiete typischen Belastungsformen fällt nur die Höchstbelastungskurve des Jahres 1923 heraus, dem Jahre der größten Not Deutschlands. Die Kurve für 1923 hat den Charakter einer reinen Industriestromversorgung. Von 1924 ab jedoch wird die Belastungssteigerung immer empfindlicher. In einer fortgesetzten Linie läßt die Abb. 3 das Steigungsmaß besonders gut erkennen. Ebenso geht aus Zahlentafel 1 hervor, daß die Stromspitze jährlich um etwa 22 % von 142 000 kW im Jahre 1923 auf 487 600 kW im Jahre 1929 gestiegen ist. In der gleichen Zeit wuchs die jährliche Gesamterzeugung der Berliner Werke von 533 Mill kWh auf rd. 1,548 Mrd kWh an. Die höchste Tageserzeugung wuchs um das 3,42fache.

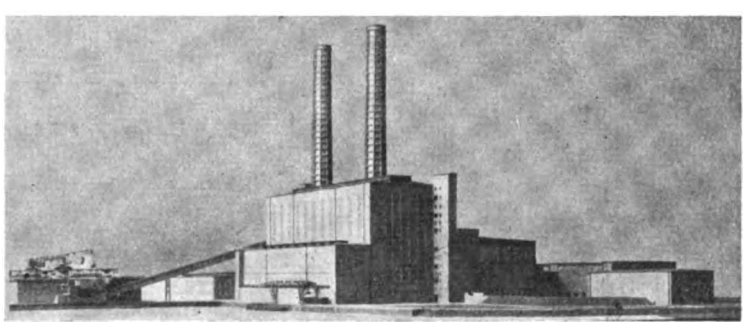


Abb. 1. Kraftwerk West, Hafenseite.

Zahlentafel 1†.

Jahr	Jahreshöchstlast 10^3 kW	Jahreserzeugung 10^9 kWh	höchste Tageserzeugung 10^6 kWh
1923	142,0	0,533	1,779
1924	208,5	0,604	2,646
1925	258,0	0,813	3,144
1926	299,5	0,872	3,946
1927	356,4	1,108	4,888
1928	452,9	1,816	5,879
1929	487,6	1,548	6,078

† Die Zahlen enthalten die Erzeugung der BEWAG-Kraftwerke sowie den Strombezug von den Elektro-Werken, dem Märkischen E.-W. und dem früheren Kreiskraftwerk Spandau.

Einer Erhöhung der Strombelastung auf den 3,45fachen Wert innerhalb der letzten sechs Jahre steht allerdings nur eine Zunahme der Jahreserzeugung um das 2,9fache gegenüber. Zukünftig aber muß im Berliner Netz mit einer Belastungsvermehrung gerechnet werden, die zwischen dem Linienverlauf *a* (Abb. 3) und der eine 15prozentige jährliche Zunahme andeutenden Kurve *c* liegt. Dies scheint der natürlichen Sättigung beim heutigen Wachstum Berlins zu entsprechen. Der normale Konsumzuwachs wird jährliche Belastungsvermehrungen von 40 000 ... 60 000 kW bringen.

Bei Berücksichtigung der Versorgungssicherheit entstand demnach die Aufgabe, die Primärleistung unserer Anlagen soweit zu erhöhen, daß im Jahre 1932 rd. 720 000 kW zur Verfügung stehen. Die hierzu notwendigen Erweiterungs- und Neubauten ließen sich dem Umfang nach aus dem für 1932 gezeichneten Belastungsdiagramm (Abb. 4) bestimmen: Von den 720 000 kW Belastung sollen leisten:

Großkraftwerk Klingenberg rd.	180 000 kW
Fernstrom	100 000 „
Kraftwerk Charlottenburg	40 000 „
alte Kraftwerke, elektrische u. Dampfbatterien	260 000 „
mithin durch Neubauten aufzubringen . . .	140 000 kW
Sa. . . .	720 000 kW*[2].

In eingehenden Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, die sich u. a. auf die verschiedenen Möglichkeiten der Spitzendeckung erstreckten, kam man schließlich zu dem Ergebnis, daß die technisch wirtschaftlichste Lösung, 140 000 kW Leistung bereitzustellen, durch einen Kraftwerksneubau im Westen des Absatzgebietes gegeben ist. Gleichzeitig wird damit ein weiterer Punkt des Gesamtprogramms unserer Planungsarbeiten, die sich auf den Zeitraum der nächsten zehn Jahre erstrecken, verwirklicht. Es läuft darauf hinaus, für die Berliner Stromversorgung bis zum Jahre 1940 vier Hauptpunkte zu schaffen; zwei davon werden durch die beiden Großkraftwerke Klingenberg und West gebildet. Beide Ortskraftwerke sind mittels eines 100- oder 200 kV-Kabelrings zwecks Lastenausgleichs gekuppelt[3]. Dieser Ausgleichsring berührt auf seiner nördlichen und südlichen Linie je ein großes Abspannwerk, von denen ebenso wie von den Kraftwerken die Speisung des 30 kV-Verteilungsnetzes

* Erweiterte Wiedergabe eines im Elektrotechnischen Verein am 10. XII. 1929 gehaltenen Vortrages.

[1] VDI-Z. 1927, S. 1829. — ETZ 1926, S. 1249.

[2] Der in Zeiten starken Frostes, bei Gewittern usw. häufigere Fernstromausfall bedingt für die Reichshauptstadt größere Reserven in den Ortskraftwerken.

[3] Elektrizitätswirtsch. Bd. 29, S. 1 u. 36.

Digitized by Google

erfolgt. Die älteren Kraftwerke liefern in diesen Ausgleichsring hinein. Ebenso sollen etwaige auswärts erzeugte Strommengen in den beiden zuletzt erwähnten Hauptversorgungstellen Aufnahme finden.

Bei vorsichtiger Schätzung der Gesamterzeugung lassen sich für 1932 folgende Belastungsfaktoren auf Grund der in Abb. 5 dargestellten Benutzungsdauerlinien ermitteln:

Gesamtnetz	$\eta_b = 0{,}33$
Klingenberg	$\eta_b = 0{,}64$
Westwerk	$\eta_b = 0{,}245$.

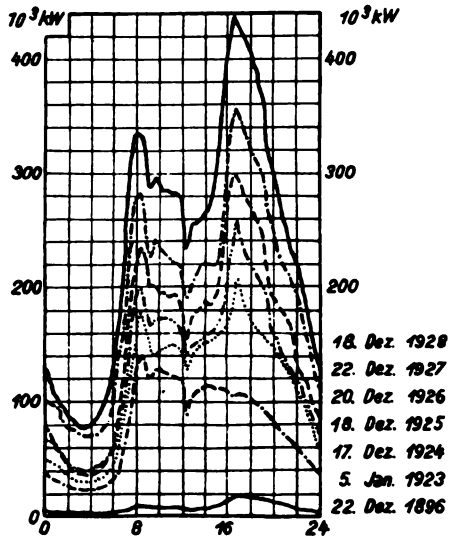


Abb. 2. Belastungsverlauf der Berliner Städt. Elektrizitätswerke an den Tagen des Maximums der Jahre 1896 und 1923 ... 1928.

Im Gegensatz zu dem Grundlastwerk Klingenberg wird also das neue Kraftwerk West vorläufig ein Elektrizitätswerk mit geringer Benutzungszeit sein. Es verdient vielleicht die Bezeichnung „Tages-Grundlastwerk". Immerhin sollte nicht vergessen werden, daß es eine ganze Reihe deutscher Werke gibt, deren Belastungsfaktor kaum höher

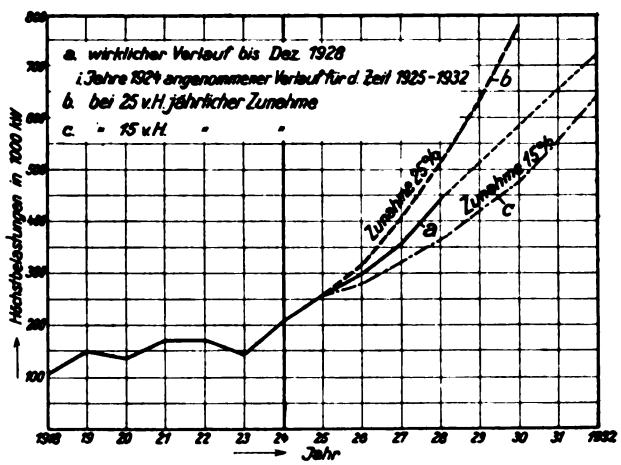


Abb. 3. Höchstbelastungen der Berliner Städt. Elektrizitätswerke.

ist. Dieser Belastungsart entsprechen auch die in Abb. 6 dargestellten Tageslastlinien. In der Zeit zwischen 22 h und 7 h 30 m ist die Belastung gleich Null. In bezug auf die tägliche Benutzungszeit darf deshalb vom Spitzencharakter des Werkes gesprochen werden. Im Sommer läuft es zur Stromerzeugung nur an etwa 9 h und erst in den Wintermonaten wird die Belastungsdauer günstiger.

Ich erwähnte vorhin die ausgiebigen Studien über die Bekämpfung der unwirtschaftlichen Spitzenlast, die neben dem Westwerksbau auch die Einführung von Ruthsspeichern vorsahen. Inzwischen hat die BEWAG im November 1929 die größte Dampfspeicheranlage der Welt im Kraftwerk Charlottenburg in Betrieb gesetzt. 16 stehende Speicher für einen Druckbereich von 13/0,5 atü und zwei Speicherturbinen (Fabrikat SSW—Röder) von je 20 000 kW wurden installiert. Gerade im Hinblick auf die Belastungslinien des Westwerkes sind die in Abb. 7 dargestellten Tagesbelastungen der Ruthsspeicherbatterie interessant. Das

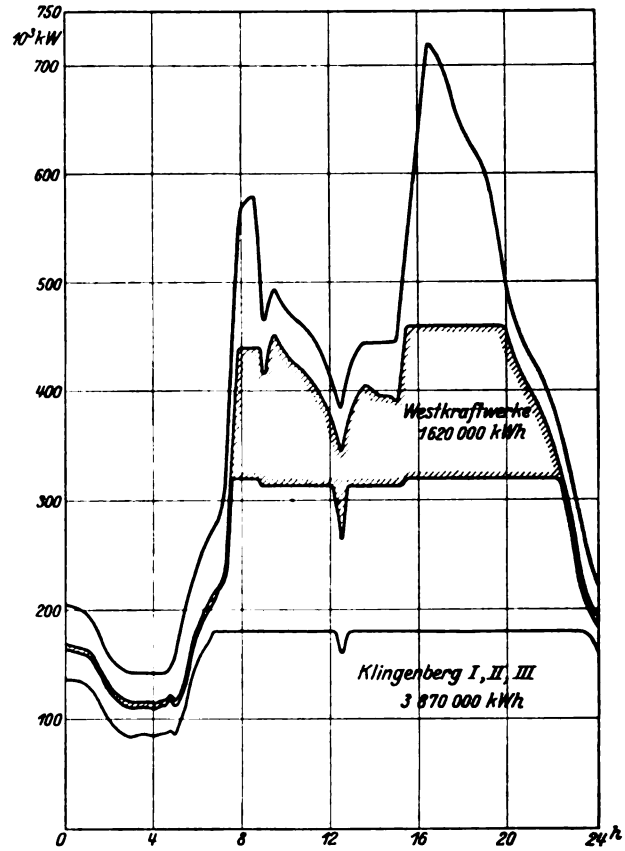


Abb. 4. Belastungsverlauf des maximalen Tages 1932.

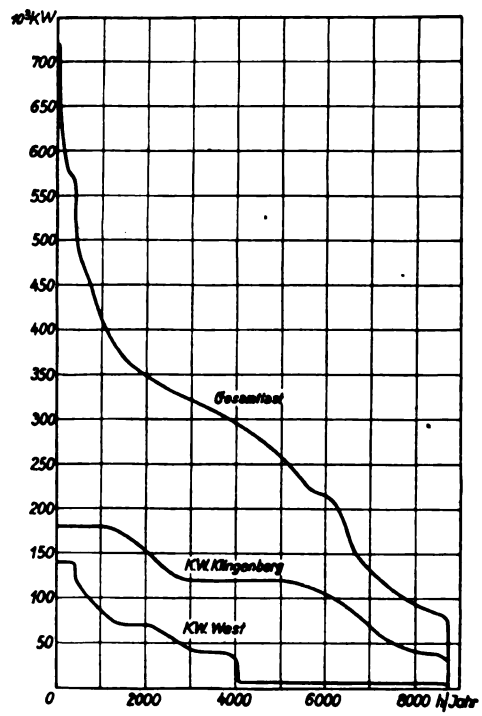


Abb. 5. Benutzungsdauerlinien 1932.

Speicherwerk wird vom Lastverteiler jeden Morgen und Abend zur Deckung der Spitze mit herangezogen. In den Zwischenzeiten wird die Batterie wieder aufgeladen, so daß zum mindesten während der Tageszeit der große

Digitized by Google

Vorteil einer Momentanreserve besteht. Hiervon ist am 15. XI. 1929 um 9 h 40 m vormittags Gebrauch gemacht worden, als durch Störung in einem anderen Kraftwerk

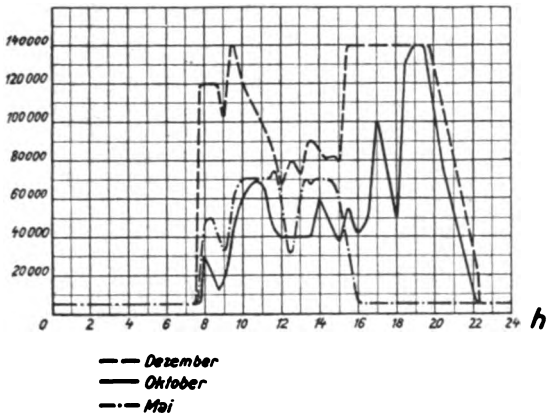


Abb. 6. Kraftwerk West, Tagesbelastungs-Kurven 1932.

eine Last von rd. 10 000 kW plötzlich aufgebracht werden mußte.

Will man das Westwerk und die Dampfspeicheranlage als zwei grundsätzliche Lösungen der Spitzenlasterzeugung betrachten, so könnten sie etwa folgendermaßen charakterisiert werden: Die geometrische Gestalt der Belastungslinie weist bei der Speicheranlage die spitzwinklige Dreieckform mit 1 ... 3stündiger Zeitbasis auf. Trotz solcher der Anlage zugrunde liegenden Rechnungsbasis ist der Lastverteiler aber in der Lage, die Speicherturbinen unter verlängerter Zeitbasis trapezförmig arbeiten zu lassen. Damit ist natürlich eine Herabsetzung der Spitzenhöhe verbunden und die Belastungslinie ähnelt der

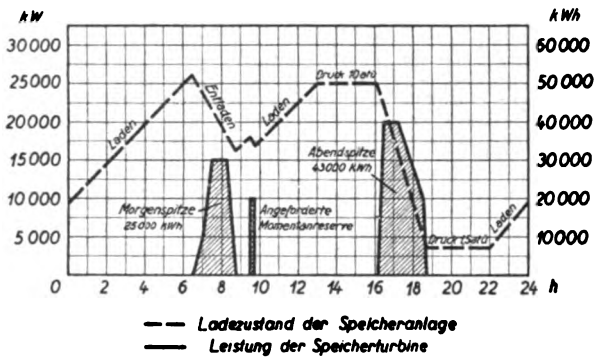


Abb. 7. Kraftwerk Charlottenburg, Speicherturbinen-Einsatz am 15. XI. 1929.

des Westwerkes. Spitzenwerke vom Westwerkscharakter können große Arbeitsmengen bei schroffem Lastanstieg, Ruthsspeicheranlagen kurzfristige große Leistungen[4] aufbringen. Zusätzlich hat das Speicherwerk die bei Stromlieferung so sehr erwünschte Eigenschaft der Momentanreserve, da es auch außerhalb des regelmäßigen Morgen- und Abendspitzenbetriebes in kurzer Zeit lieferbereit wird. Zu diesem Zweck muß die Speicherturbine allerdings ständig leer mitlaufen.

Die Netzhöchstleistung des Kraftwerkes West soll 1932 140 000 kW sein. Mit Einrechnung einer genügenden Reserve und unter Berücksichtigung der nicht völlig vorausschaubaren Entwicklung wurde die endgültige Werksleistung zu rd. 200 000 kW bestimmt. Ich lege an dieser Stelle auf nochmalige Hervorhebung des Umstandes Wert, daß die im folgenden beschriebenen Werkseinzelheiten sich auf ein Elektrizitätswerk mit einem Belastungsfaktor von rd. 24 % beziehen. Der tragende Gedanke für alle Planungsarbeit war deshalb die Einschränkung der Anlagekosten[5].

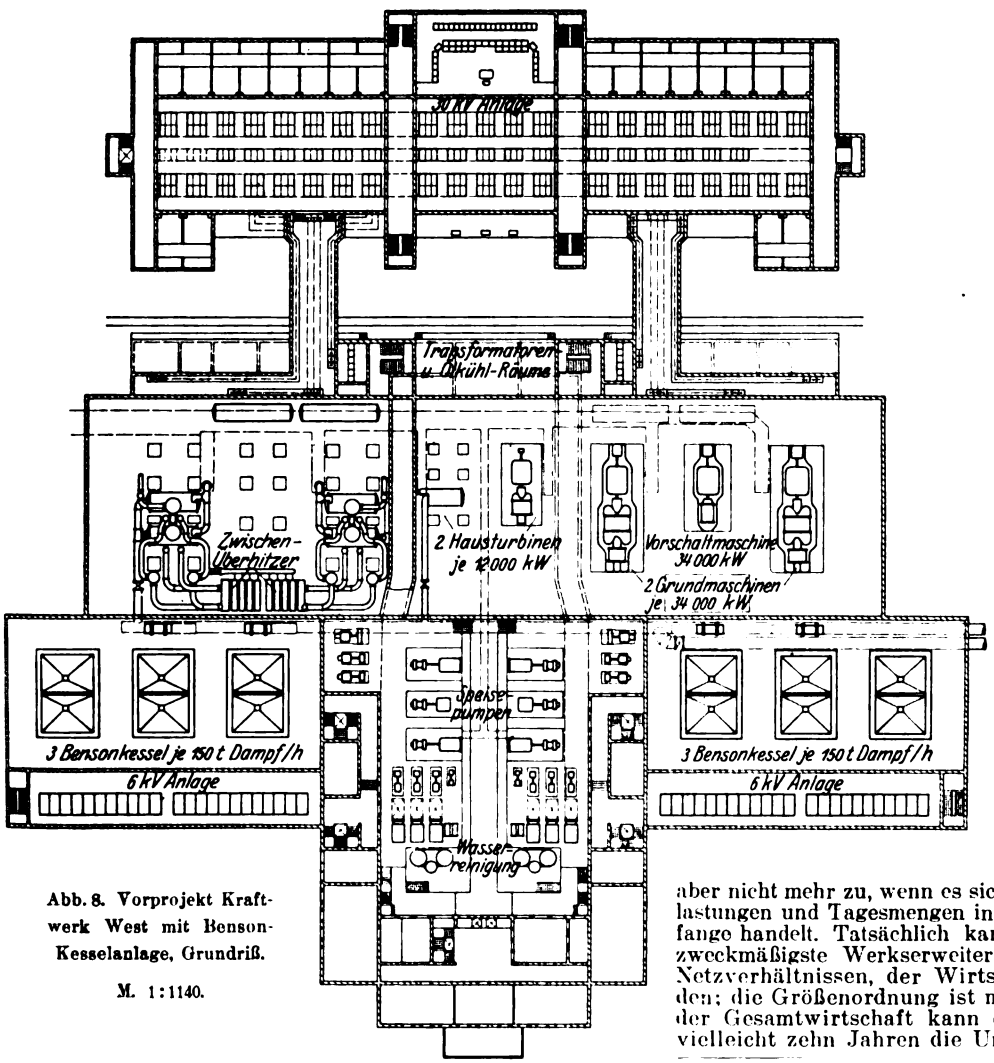


Abb. 8. Vorprojekt Kraftwerk West mit Benson-Kesselanlage, Grundriß.

M. 1:1140.

Die landläufige Anschauung diktiert mit gewisser Berechtigung die Spitzendeckung immer den alten Kraftwerken zu, also Werken, deren an sich hohe Betriebskosten durch stark gesenkte Kapitalkosten ausgeglichen werden. Diese Überlegung trifft aber nicht mehr zu, wenn es sich um die Aufbringung von Belastungen und Tagesmengen in dem vorhin geschilderten Umfange handelt. Tatsächlich kann die Entscheidung über die zweckmäßigste Werkserweiterung nur unter den jeweiligen Netzverhältnissen, der Wirtschaftslage usw. gefällt werden; die Größenordnung ist maßgebend. Die Entwicklung der Gesamtwirtschaft kann es mit sich bringen, daß in vielleicht zehn Jahren die Untersuchungen über die dann

[4] Das Kraftwerk Charlottenburg hat rd. 50 000 kW Frischdampf-Turbinenleistung. Die ihm angegliederte Ruthsspeicheranlage leistet ebenfalls 40 000 ... 50 000 kW. Die Bezeichnung „große Leistungen" ist daher mit Rücksicht auf das eigentliche Kraftwerk zu verstehen, dem die Speicheranlage ohne Kesselhauserweiterung angegliedert wurde.

[5] Der Einfluß des Belastungsfaktors in Verbindung mit dem Ausnutzungs- und Betriebszeitfaktor auf den Wärmeverbrauch wird hier nicht behandelt.

Digitized by Google

zweckmäßigste Werkserweiterung ein anderes Ergebnis zeitigen.

2. Dampfdruck und Temperatur.

Das Werk arbeitet mit einem für die heutige Dampftechnik relativ niedrigen Dampfeintrittsdruck. Hierzu führten folgende Überlegungen. Als bestimmende Faktoren bei der Dampfdruckwahl sollten immer:

1. die mögliche Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durch Höchstdruckverfahren,
2. Materialeigenschaft und Betriebsicherheit,
3. Feuchtigkeitsgehalt der letzten Turbinenstufe

Berücksichtigung finden. Zum ersten Punkt wurde sehr eingehend die Verwendung des Benson-Verfahrens geprüft. Das Benson-Verfahren mit der Dampferzeugung bei kritischem Druck ist von den Siemens-Schuckertwerken inzwischen zu einer Form durchgebildet worden, die seine Verwendung im Großkraftwerksbetrieb durchaus aussichtsreich erscheinen läßt (Abb. 8 u. 9). Die SSW selbst, denen wir als unserem beratenden Ingenieur die Projektierung des Werkes übertragen haben, kamen mit uns zu folgendem Schluß:

Es wird zukünftig möglich sein, Werke von der Größe des Westwerks mit dem Benson-Höchstdruckverfahren hochwirtschaftlich zu betreiben. Erfahrungsgemäß stellt sich aber in jedem dieser neuen Verfahren bei Größenordnungen, wie sie hier in Frage kommen, eine Reihe von Schwierigkeiten in den ersten Jahren ein, so daß mit nachteiligen Auswirkungen auf die Betriebssicherheit gerechnet werden muß.

Lediglich vom Standpunkt der unbedingten Betriebsicherheit des Werkes schied daher ein Höchstdruckverfahren für das Westwerk aus. Außerdem konnten wir uns zu einer Zwischenüberhitzung im Spitzenkraftwerk nicht entschließen, die bei jedem 35 atü übersteigenden Druck unumgänglich wird.

Vor knapp zwei Jahren, dem Beginn unserer Projektierungsarbeiten, war man auf Grund der Materialkenntnisse so weit, daß man eine Betriebs-

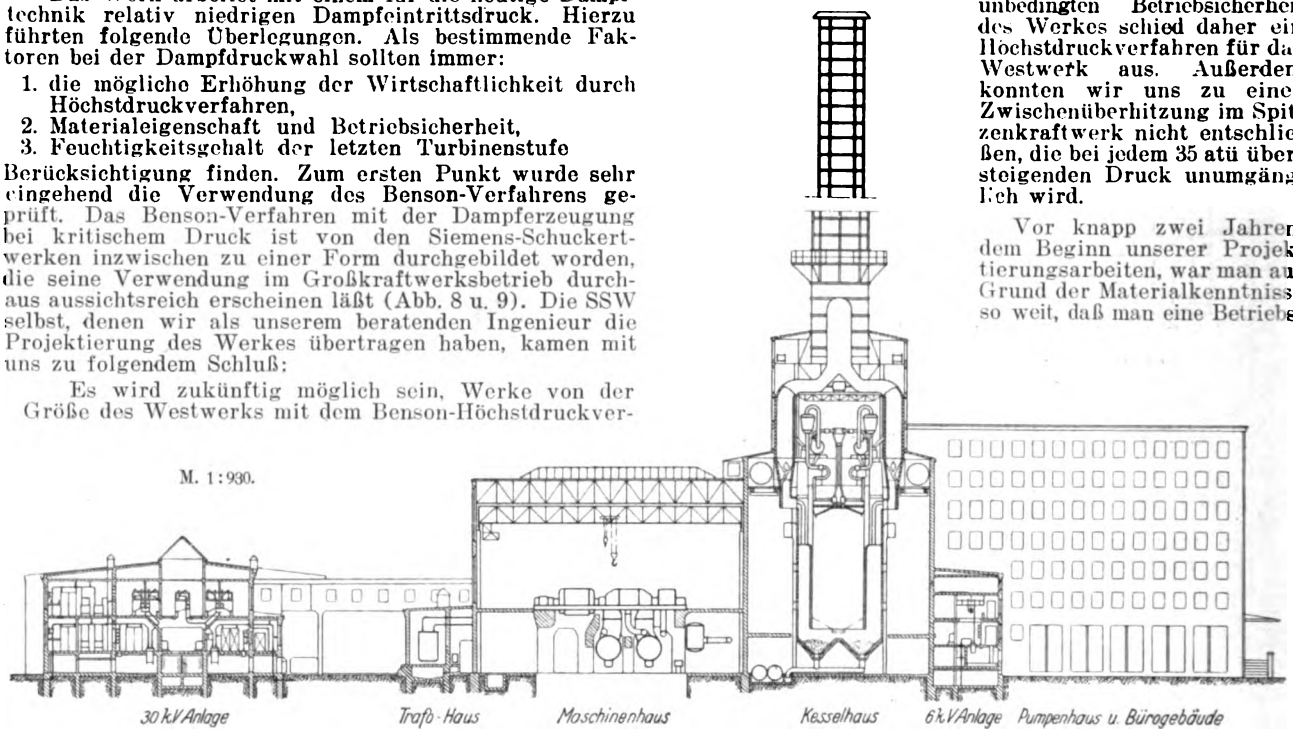


Abb. 9. Vorprojekt Kraftwerk West mit Benson-Kesselanlage, Querschnitt.

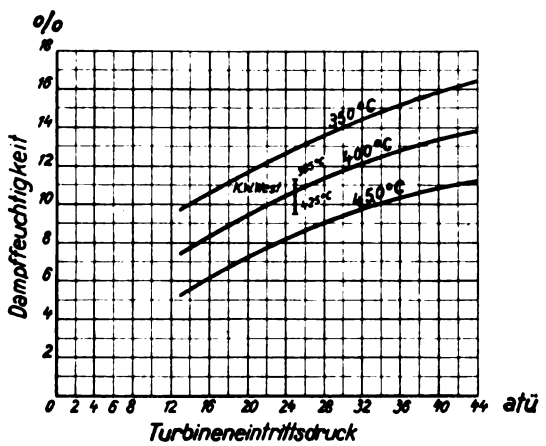


Abb. 10. Dampffeuchtigkeit im Abdampfstutzen.

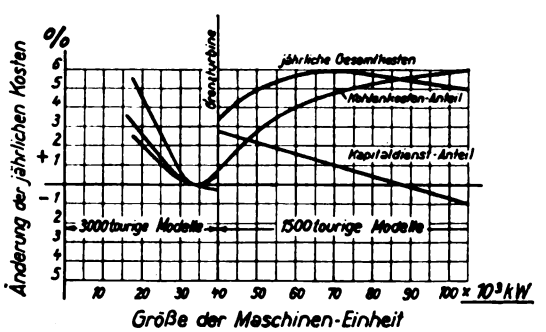


Abb. 11. Untersuchung der wirtschaftlichsten Turbinengröße.

Dauertemperatur von 430 ° als annehmbar bezeichnen konnte. Die mit starkem Lastwechsel unvermeidlichen Temperaturschwankungen ließen eine Grenztemperatur von 425 ° im vorliegenden Fall als ratsam erscheinen. Mit solcher Begrenzung der Temperatur und dem vorhin erwähnten Umstand, daß Höchstdruckverfahren ausscheiden, bleibt für die Dampfdruckwahl nur noch die Rücksicht auf die Dampffeuchtigkeit übrig. Trägt man die Feuchtigkeitsgehalte einer neuzeitlichen Turbine mit einem Wirkungsgrad am Radumfang von 84,5 % in Abhängigkeit von Druck und Temperatur auf (Abb. 10), so läßt sich der zulässige Frischdampfdruck für eine vorgeschriebene Feuchtigkeit im Abdampf ohne weiteres ablesen. Erfahrungsgemäß ist der Feuchtigkeitsgehalt von rd. 10 % mit Rücksicht auf die Schaufelabnutzung gerade noch zulässig. Dieser Bedingung entspricht der gewählte Dampfeintrittsdruck von 25 atü. Bei den für das Westwerk zugelassenen Grenztemperaturen, die in Abb. 10 verzeichnet sind, schwankt der Feuchtigkeitsgehalt zwischen 9,5 und 11,3 %; im Mittel wird mit 10 % gerechnet.

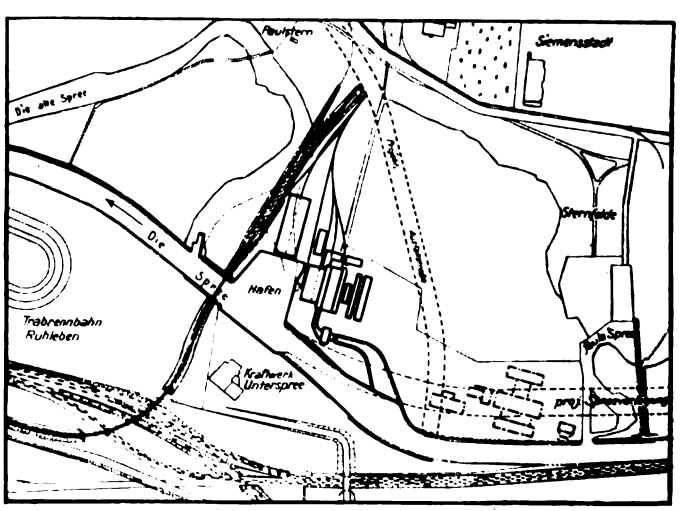


Abb. 12. Geländeplan.

Digitized by Google

Dem Dampfeintrittsdruck an den Turbinen von 25 atü entspricht ein Druck in der Hauptdampfleitung von 28 atü und ein Kesselkonzessionsdruck von 32 atü. Die zulässigen Schwankungen der Dampfeintrittstemperatur an den Turbinen bewegen sich zwischen 385 ° und 425 °.

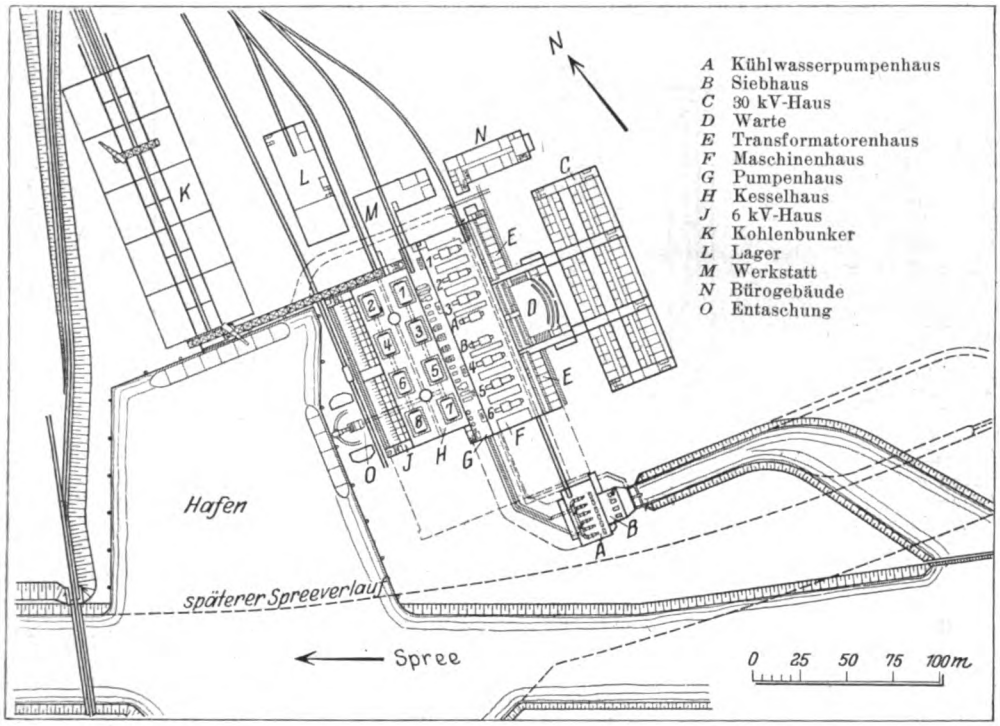


Abb. 13. Lageplan.

3. Turbinen- und Kesselgrößen.

Es bestand die Möglichkeit, eine Aufteilung der 200 000 kW Werksleistung folgenderart vorzunehmen:

2	Maschinen	zu je	100 000 kW
4	„	„ „	50 000 „
6	„	„ „	34 000 „
8	„	„ „	25 000 „
10	„	„ „	20 000 „ .

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, die sich auf Kapitaldienst, Wärmeverbrauch und Bedienungskosten erstreckten, ließen als günstigste Lösung von den vier Typen die 34 000 kW-Grenzleistungsturbine erscheinen (Abb. 11*6). Die jährlichen Gesamtkosten steigen mit kleineren und größeren Maschinensätzen stark an. Bei den kleineren Leistungen ist dies durch steigenden Kapitalanteil und schlechteren Wirkungsgrad begründet. Die 50 000- und 100 000-kW-Maschinen haben zwar mit steigender Größe geringere Kapitalkosten je Kilowatt, jedoch werden bei dem Belastungscharakter des Werkes dauernd Teillasten der Einzelsätze notwendig, die zur Erhöhung der laufenden Kosten beitragen. Besonders stark wirkt sich der Übergang von den Modellen mit 1500 zu denen mit 3000 U/min aus.

Die 34 000 kW-Turbine ist außerdem noch eine Einheit, die sich den Betriebsverhältnissen des neuen Werkes mit täglich mehrmaligem An- und Abstellen besser anpaßt. Die Anfahrzeiten sind kürzer. Bei der hier gewählten Bauart sind auch keine schädlichen Wärmebeanspruchungen zu befürchten. Es werden aufgestellt:

6 Hauptturbinen zu je 34 000 kW,

2 Hausturbinen zu je 12 000 kW (für den Eigenbedarf des Werkes bestimmt).

Letzten Endes war bei der Wahl der Turbinengröße auch noch Rücksicht auf die Kesselgröße im Zusammenhang mit der Erregung erforderlich. Die Absicht, für jede Turbine einen Kessel einzubauen, konnte verwirklicht werden. Das Werk erhält 8 Teilkammerkessel von je 2400 m² Heizfläche und je 150 t/h Dampfleistung.

Mit dieser Unterteilung der Kessel- und Maschinenleistungen ließ sich ferner der Vorteil paralleler Kessel- und Maschinenhäuser von fast gleicher Länge verbinden. Kurze Dampfwege und größere Schaltungsmöglichkeiten waren damit erreicht.

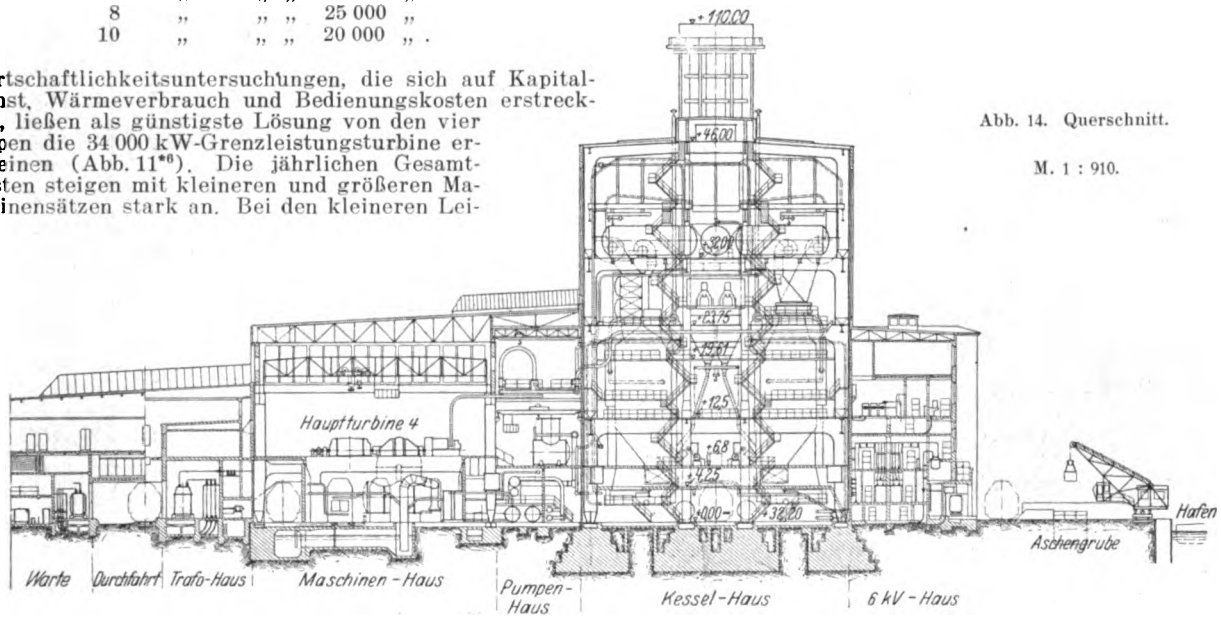


Abb. 14. Querschnitt.

M. 1 : 910.

4. Gesamtanordnung.

Das Werk steht auf stadteigenem Gelände im Westen Berlins zwischen Siemensstadt und Spandau direkt an der Spree. In der Abb. 12 ist punktiert eine Werkslage angedeutet, die als erster Standort ausgesucht war und einen kurzen Hinweis verdient. Bei ziemlich vorgeschrittenem

*6 Abb. 11 verzeichnet die jetzige Grenzleistung von 40 000 kW für Modelle mit 3000 U/min. Im Jahre 1927 betrug die Grenzleistung noch 34 000 kW.

Digitized by Google

Projektstadium stellte sich während der Verhandlungen mit den Behörden heraus, daß man in kommenden Jahren eine Verlegung des Spreebettes und den Bau einer dem Westen Berlins zugedachten neuen Ausfallstraße vornehmen will. Beide neuen Wege gingen mitten durch das Kraftwerk, dessen Standort geändert werden mußte. Als günstigste Lösung ergab sich schließlich die in der Abbildung voll ausgezogene Werkslage. Das Grundstück hat dreieckige Form, ist im Süden durch die Spree, rechts von dem späteren Hauptverkehrsweg und links von den Stichgleisen der Hamburger Eisenbahnstrecke begrenzt. Die dreieckige Geländeform war neben dem allgemeinen Ziel der übersichtlichen und geradlinigen Transportwege für die Anordnung der einzelnen Werksgebäude mitbestimmend. Bahn- und Wasseranschluß sind vorhanden. Ein größerer künstlich geschaffener Hafen sorgt für eine bequeme Abstell- und Wendemöglichkeit der Kähne, die bis zu 1000 t Ladeinhalt haben können (Abb. 13). Von den Hauptstichgleisen führen direkte Abzweiggleise ohne Drehscheiben in die einzelnen Häuser des Kraftwerkes. Die Achsen des Kohlenlagers, 6 kV-, Kessel-, Pumpen-, Turbinen-, Transformatoren-, 30 kV- und Lagergebäudes laufen nahezu parallel. Senkrecht dazu stehen Werkstatt- und Verwaltungsgebäude. Die Verbindung zwischen Maschinen- und 30 kV-Haus wird durch das Gebäude mit der elektrischen Warte geschaffen. Der Kühlwasserentnahme dient ein zentrales Einlaufbauwerk, der Kühlwasserabfluß geht in den Hafen.

Zahlentafel 2. Grundflächen und Rauminhalte der Werksanlagen.

Bautell	bebaute Grundfläche m²	umbauter Raum m³
6 kV-Haus	1 375	27 265
Kesselhaus	3 161	138 813
Pumpenhaus	1 300	30 593
Maschinenhaus	3 250	76 000
Trafo-Anbauten	692	7 280
Warte	1 430	20 366
30 kV-Gebäude	3 875	50 208
Verwaltungsgebäude	840	14 632
Lagergebäude	1 430	15 300
Werkstatt	1 137	12 150
Einlaufbauwerk	963	15 404
Kühlwasserkanal I und II	1 784	7 188
Strahlwasserkanal	513	1 301
Summe	21 750	416 500
ges. Kraftwerksgrundstück	277 642 m²	

Zahlentafel 2 gibt eine Zusammenstellung der Grundflächen und Rauminhalte aller Kraftwerksgebäude wieder. Von den 277 642 m² des gesamten Kraftwerksgeländes sind 19 453 m² mit Baulichkeiten belegt. Der Rest entfällt auf Wasserflächen, Kohlenlager, Gleisanlagen und Freigelände mit Wegen.

Zahlentafel 3. Ausbaumaße der Großkraftwerke Klingenberg und West.

	Dim.	Klingenberg		West
eingesetzte Leistung	kW	270 000	240 000*	228 000
Gesamtanlage				
Leistung je m² bebauter Fläche	kW/m²	12,25	10,9	11,72
je m³ umbauten Raumes**	kW/m³	0,506	0,45	0,558
Turbinen- und Vorwärmanlage				
Leistung je m² bebauter Fläche	kW/m²	51,6	45,9	50,2
je m³ umbauten Raumes	kW/m³	2,01	1,78	2,14
30 kV-Schaltanlage†				
Leistung je m² bebauter Fläche	kVA/m²	81,7	—	66,3
je m³ umbauten Raumes	kVA/m³	40,5	—	51,3
Kesselhaus				
Kesselheizfläche je m² bebauter Fläche††	m²/m²	3,12	—	6,07
je m³ umbauten Raumes††	m²/m³	0,1095	—	0,138
Leistung je m² Kesselheizfläche	kW/m²	9,62	8,55	11,88

* 240 000 kW entspricht der Dauerleistung.
** Unter „bebauter Fläche" und „umbauter Raum" sind nur mit Dächern versehene Gebäude eingesetzt.
† Ohne Transformatoren.
†† Einschließlich Kohlenmahlanlage für Klingenberg.

Das Kohlenlager ist als Hochbunker mit Umfassungsmauern über dem Geländeniveau ausgebildet. Im Kesselhause stehen zwei Reihen zu je vier Kesseln, welche ihre

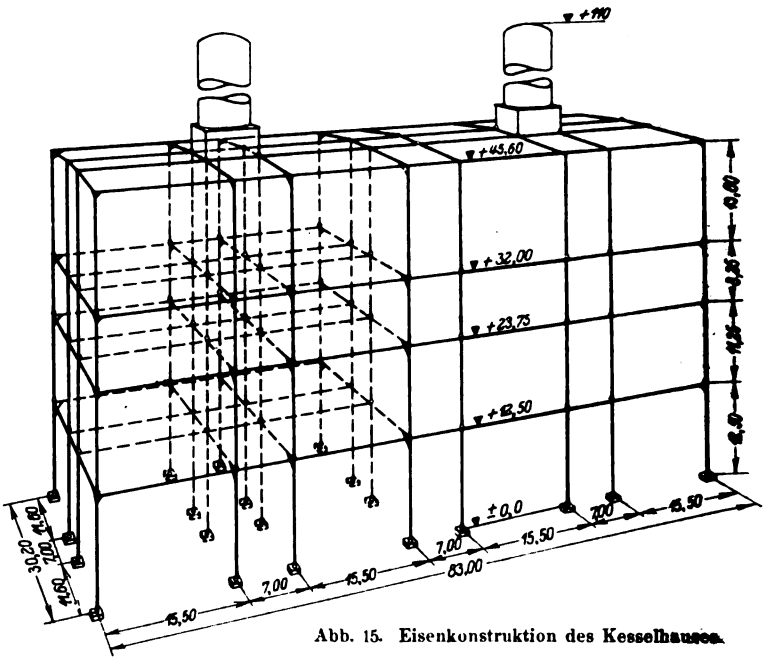


Abb. 15. Eisenkonstruktion des Kesselhauses.

Abgase in zwei Schornsteine abgeben. Die sechs Haupt- und zwei Hausturbinen stehen quer zur Maschinenhausachse. Auf den beiden Längsseiten des Turbinenhauses sind nach dem Kesselhaus zu die Pumpen- und Vorwärmanlage, auf der anderen Seite die Transformatorenräume

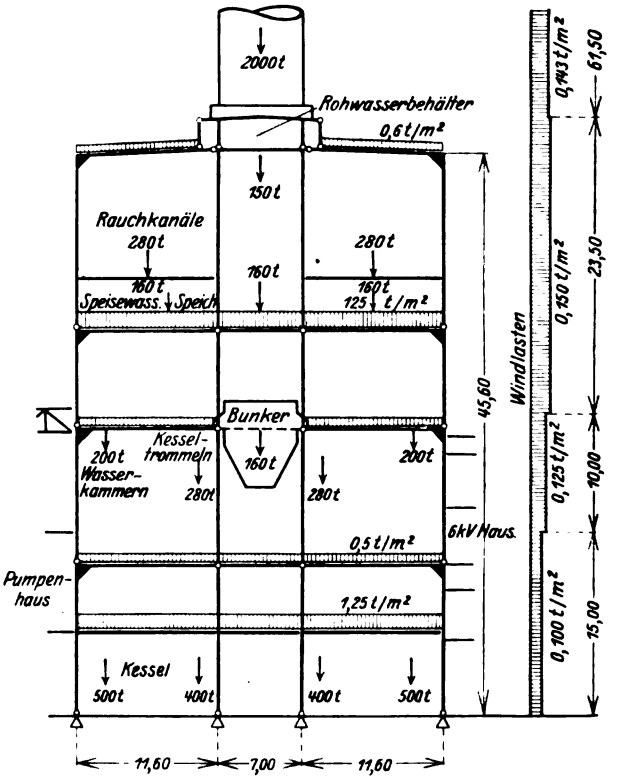


Abb. 16. Belastungsschema des Kesselhauses.

und die elektrische Warte angeordnet. In der Höhe von 6,8 m läuft mit geringen Stufenunterschieden ein Hauptbedienungsflur durch alle Häuser (s. Abb. 14). Durch Vergleich einiger Ausbaumaße der beiden Großkraftwerke Klingenberg und West wird ein Eindruck der außerordentlich gedrängten Bauweise des letztgenannten Werkes vermittelt (vgl. Zahlentafel 3).

Digitized by Google

Im Kesselhaus West konnte z. B. die doppelte Heizfläche je Quadratmeter Grundfläche errichtet werden. Neben der durch den Werkscharakter gebotenen technischen Auslegung wird dieser Zahlenunterschied auch durch die Entwicklung der Technik in den letzten vier Jahren begründet.

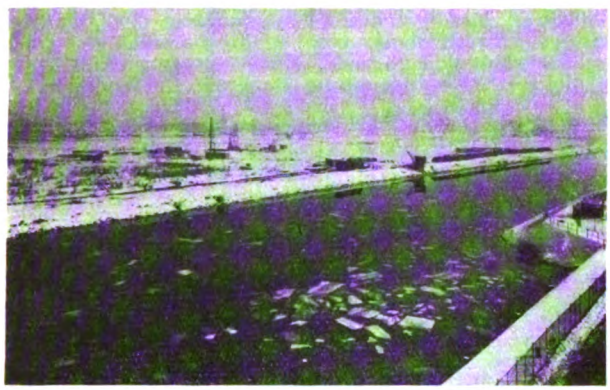


Abb. 17. Baustelle im Februar 1929.

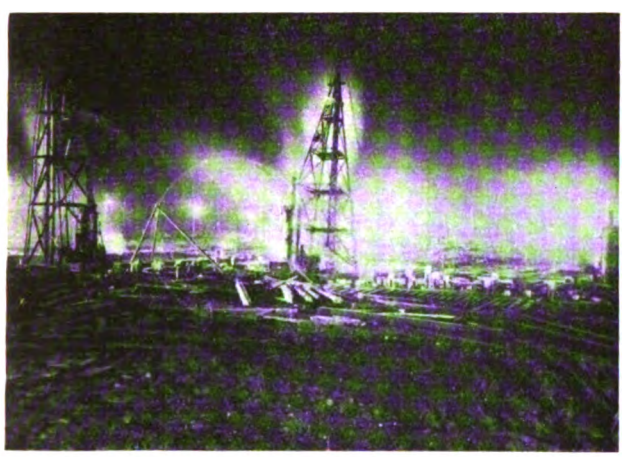


Abb. 18. Maschinenhausfundierung; Rammen der Fundamentpfähle.

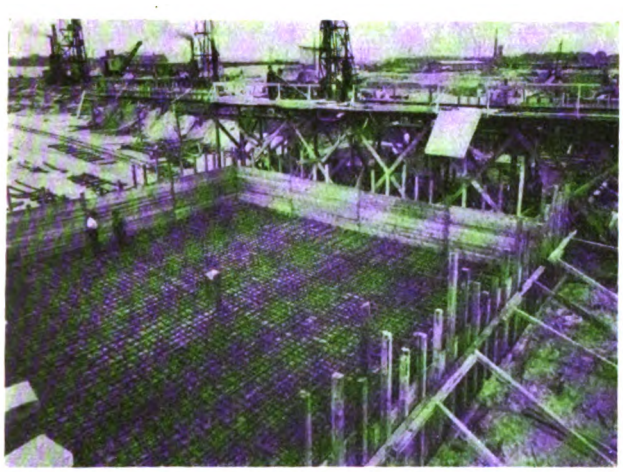


Abb. 19. Kesselhausfundierung.

5. Bauten.

Mit Rücksicht auf die Bodenbeschaffenheit des Geländes haben das Kesselhaus und das 6 kV-Schalthaus Tiefundierung erhalten, das 30 kV-, Lager- und Bürogebäude Flachfundierung, die Warte und das Maschinenhaus Pfahlgründung. Die Entschlüsse zu diesen Fundierungsarten waren teils mit Rücksicht auf die Verwendung der Gebäude, teils auf Grund der Probebohrungen gefallen. 292 Bohrungen mit Tiefen von 14 ... 30 m und 6 Tiefbohrungen bis zu 50,2 m vermittelten einen Überblick über die Bodenbeschaffenheit. Aus ihnen ließ sich entnehmen, daß entgegen den ersten Befürchtungen, umfangreiches Sumpfgelände vorzufinden[7], die Verschiedenheit im Boden ohne

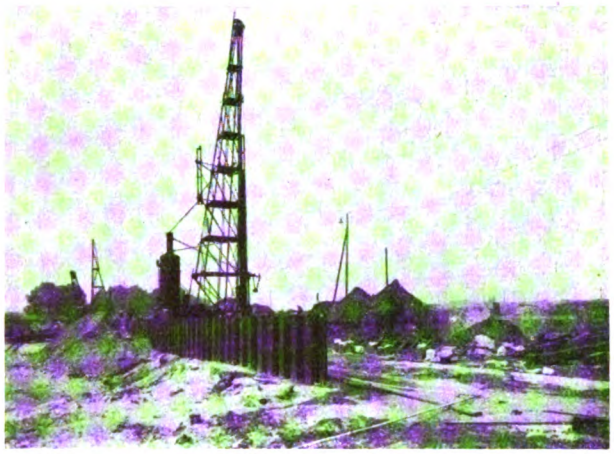


Abb. 20. Rammen der Hafenspundwand.

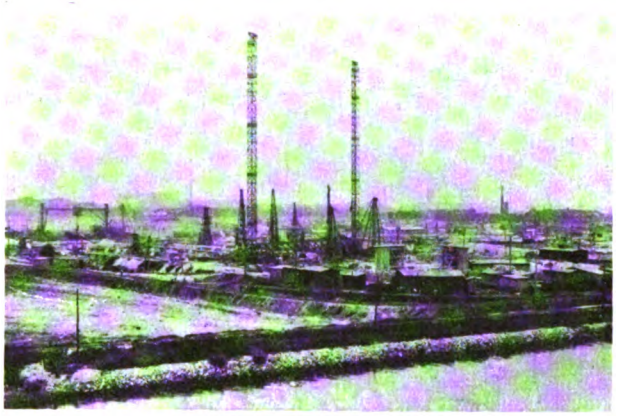


Abb. 21. Aufstellung des Montagekrans.

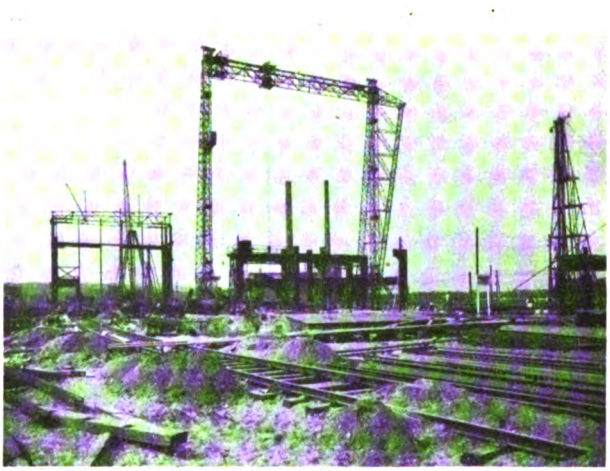


Abb. 22. Juli 1929, Beginn der Eisenmontage.

weiteres durch Fundierungsmaßnahmen ausgeglichen werden konnte. Sowohl auf der östlichen als auch westlichen Seite des Geländes reicht der tragfähige Baugrund bis auf rd. + 26,0 bzw. + 28,0 über NN, im mittleren Teil (auf der Stelle des 30 kV-Hauses) stellte man allerdings erhebliche Auskolkungen fest. Der Baugrund geht bis auf rd. + 8,0 über NN herunter. Da die Geländeoberfläche dieses Gebietes

[7] Das Kraftwerksgrundstück wird teilweise von dem Gebiet der alten und faulen Spree (jetzt zugeschüttete Verzweigungsarme der Spree selbst) durchkreuzt.

Digitized by Google

auf rd. + 29 ... 30 über NN lag, eine endgültige Niveauhöhe von + 32 aber aus verschiedenen Gründen notwendig wurde, erreichten sowohl Erdbewegungsarbeiten als auch Fundierungen einen immerhin erträglichen Umfang. Im Grundwasser stellte man bei den Prüfungsbohrungen teilweise aggressiv den Beton angreifende Beimengungen fest.

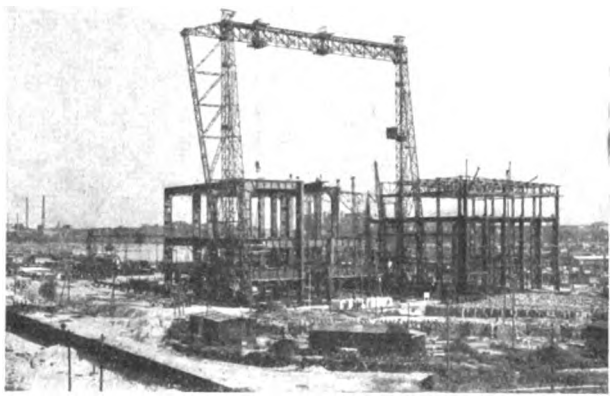


Abb. 23. Bauzustand August 1929.

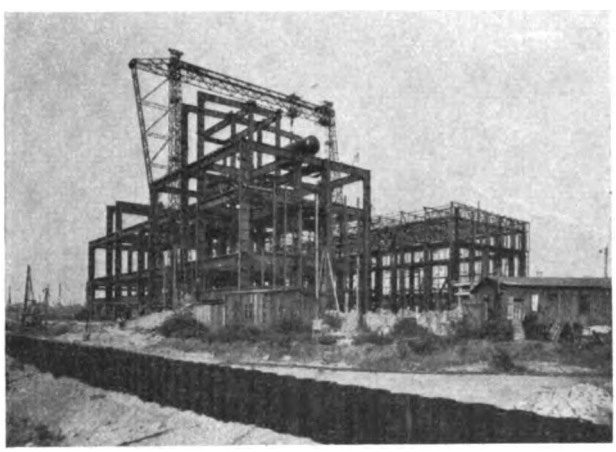


Abb. 24. September 1929, Einbau der Speisewasser Hochbehälter.

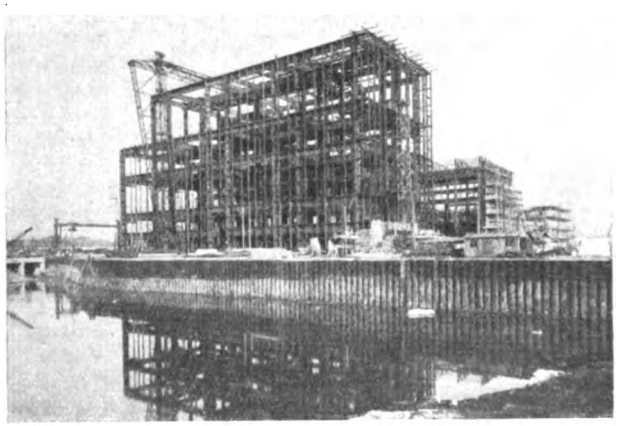


Abb. 25. Oktober 1929, Beginn der Ausmauerung.

Zur Prüfung der Tragfähigkeit dienten Proberammungen und direkte Baugrundbelastungen. Auch Versuche mit verschiedenen Pfahlarten benutzte man hierzu. Als wirtschaftlichste Pfahlgründungsart entsprang jedoch der einfache Betonpfahl, für den eine Belastung von 40 t je Pfahl als zulässig erklärt wurde. Immerhin ergaben beispielsweise die Proberammungen für einen achteckigen Pfahl von 39 cm Dmr. des eingeschriebenen Kreises eine Grenztragfähigkeit von 100 t. Mit Zustimmung der Baupolizeibehörde konnte dann jedoch auf Grund der günstigen Rammergebnisse die zulässige Belastung des Pfahles auf 44 t erhöht werden. Trotz der engen Pfahlabstände brauchte der Pfahldurchmesser nicht verringert zu werden. Vorsorglich sind auch Proberammungen mit Pfählen von 30 cm Dmr. und 25 t Tragfähigkeit durchgeführt worden. Alle Pfähle sind soweit in den Boden getrieben worden, daß ihre Spitzen rd. 2 m in den guten Baugrund hineinreichen. Die Prüfung der Baugrundbelastung durch Pfeiler von 1 m² Fläche ergab eine Grenztragfähigkeit von 4 kg/cm². Daraus entsprang im Einverständnis mit den zuständigen Behörden die Vorschrift für

Abb. 26. Bauzustand November 1929.

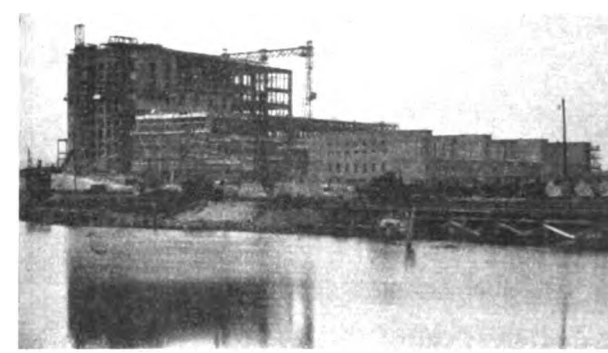


Abb. 27. Bauzustand Dezember 1929.

Abb. 28. Bauzustand Januar 1930.

Flachfundierungen, eine Belastung von 1,5 kg/cm² nicht zu überschreiten. Auch Prüfungen mit dem Wolfholzschen Bodenprüfapparat bestätigten die Resultate der Pfeilerbelastungsmessungen. Größere Aushubarbeiten veranlaßte bei den Gebäuden nur das Kesselhaus, das ursprünglich Pfahlfundierung erhalten sollte. Mit Rücksicht auf die Bautermine war aber eine Tieffundierung letzten Endes zweckmäßiger, die gesamte Fläche des Kesselhauses ist dafür bis zum tragfähigen Baugrund herunter ausgehoben worden (Ordinate + 27,00).

Digitized by Google

Die Fundamentierung der Gesamtanlage erforderte rd. 48 600 m³ Kies, 12 000 t Zement, 1500 t Rundeisen für Pfähle und Fundamente. Insgesamt sind rd. 2600 Pfähle, im Mittel von 7,5 m Länge (Gesamtlänge rd. 20 km), gerammt worden. Für den Antransport der Baumaterialien diente ein provisorischer Gleisanschluß, der sich vom Nebenanschluß der SSW auf der Motardstraße facherartig zu allen Baustellen hinzieht, sowie eine Kahnentladestelle an der Spree.

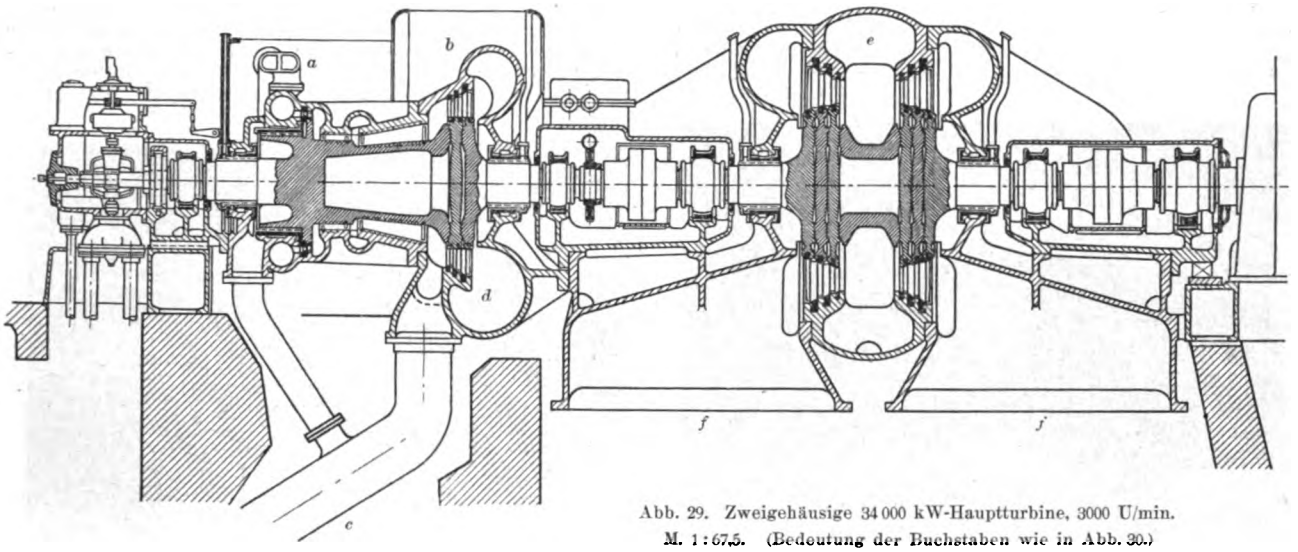


Abb. 29. Zweigehäusige 34 000 kW-Hauptturbine, 3000 U/min.
M. 1:67,5. (Bedeutung der Buchstaben wie in Abb. 30.)

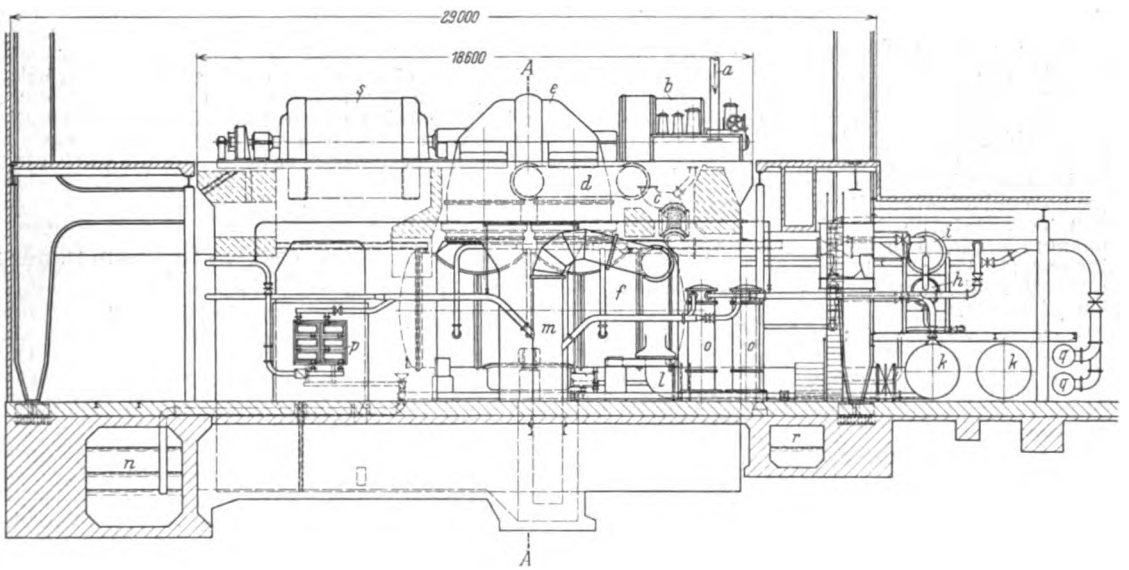


Abb. 30 a.

- a Frischdampfleitung
- b HD. Teil
- c Entnahmedampfleitung
- d Verbindungsleitung zwischen HD.- u. ND.-Teil
- e ND.-Teil
- f Kondensator
- g Kondensatpumpe
- h Kondensatkühler
- i ND.-Vorwärmer
- k Kühlwasserzufluß-Leitungen
- l Kühlwassereintritt in den Kondensator
- m Kühlwasseraustritts-Leitung
- n Kühlwasserabfluß-Kanal
- o Ölkühler
- p Luftkühler
- q Strahlwasserzufluß-Leitungen
- r Strahlwasserabfluß-Kanal
- s Generator

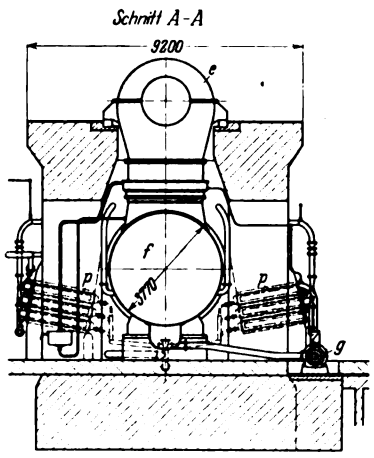


Abb. 30 b.

Abb. 30 a u. b. Einbau der Hauptturbine.

Das 30 kV- und das Kühlwassereinlauf-Gebäude sind vollständig, das 6 kV-Haus teilweise in massivem Mauerwerk ausgeführt. Alle übrigen Gebäude wurden als Eisenskelettbauten durchgebildet. Die gesamten Eisenkonstruktionen (Abb. 15) sind als biegungsfeste Rahmen ausgeführt, so daß Diagonalen für die Aufnahme von Zugkräften nicht notwendig werden. Die Fachwerkkonstruktionen für das Außenmauerwerk liegen außerhalb der Rahmen und sind mit diesen starr verbunden. Abb. 16 zeigt das Belastungsschema des Kesselhauses. Das Gewicht der Schornsteine von je rd. 2000 t wird durch die mittleren Hauptstützen aufgenommen.

Die einzelnen Eisenrahmen tragen ein Füllmauerwerk, bestehend aus zwei 12 cm starken Wänden, die in jeder fünften Schicht von einer Binderlage zusammengehalten sind. Dadurch entsteht ein isolierender Luftraum, der alle 50 cm unterteilt ist. Ein weiterer Schutz gegen Schwitzwasserbildung der Eisenkonstruktion ist dadurch erreicht, daß sie vom Füllmauerwerk umhüllt ist. Eine Berührung der Eisenträger mit der Außenluft wird vermieden. Die Außenfläche sämtlicher Gebäude wurde mit unsortierten Ilse-Klinkern verblendet. Die Mauerfugen sind nur ausgekratzt. Nur das Oberlichtband des Maschinenhauses trägt zur Erhöhung der architektonischen Wirkung einen auf Bretter aufgeklebten schwachen Kupferbelag. Alle Gebäude haben Eisenfenster, die fast durchweg mit Rohglas versehen sind. Einheitlich ist auch das flache, nur mit mehreren Papplagen abgedichtete Dach.

Digitized by Google

Im 30 kV-, 6 kV-Gebäude und Kesselhaus sind die Wände nicht verputzt. Nur in Maschinenhaus und Warte erhielten die Wände die übliche Ausstattung. Die Heizungs- und Lüftungsanlage aller Gebäude ist besonders eingehend durchgebildet worden. Alle Gebäude werden mit Niederdruckdampf von einer Zentrale aus beliefert. Die Warte erhielt zusätzlich elektrisch beheizte Radiatoren. 30 kV- und 6 kV-Gebäude sind vorläufig ohne Heizung geblieben. Die Luftversorgungsanlage des Kessel- und Maschinenhauses nimmt Rücksicht auf die Vermeidung der Schwitzwasserbildung in der Turbinenhalle und auf die ausreichende Verbrennungsluftzufuhr im Kesselhaus unter Vermeidung von Zuglufterscheinungen und Übertemperaturen. Das Maschinenhausdach hat eine Doppeldecke; sämtliche Fenster seines Lichtbandes sind beheizt. In der Doppeldecke ist eine Warmluftverteilungs-Anlage angeordnet, die Luft von verschiedenen Temperaturen ins Maschinenhausinnere trägt. Die Abluft des Maschinenhauses kann nach dem Kesselhaus (Schlackenkeller) übergeleitet werden (Abb. 14).

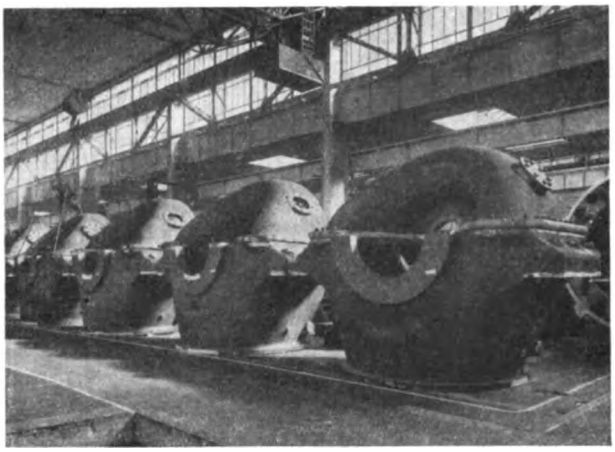


Abb. 31. Hauptturbinen-Abdampfgehäuse in der Werkstatt.

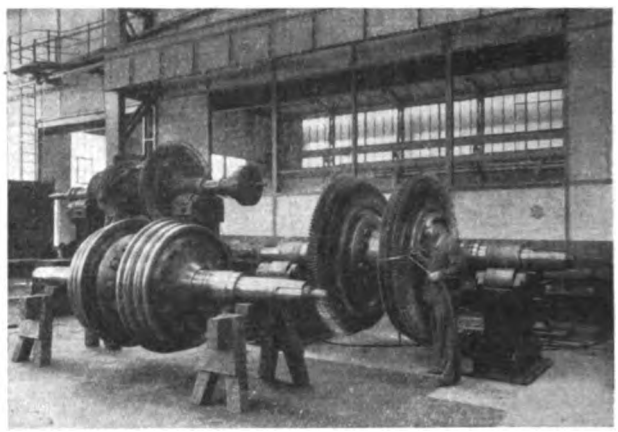
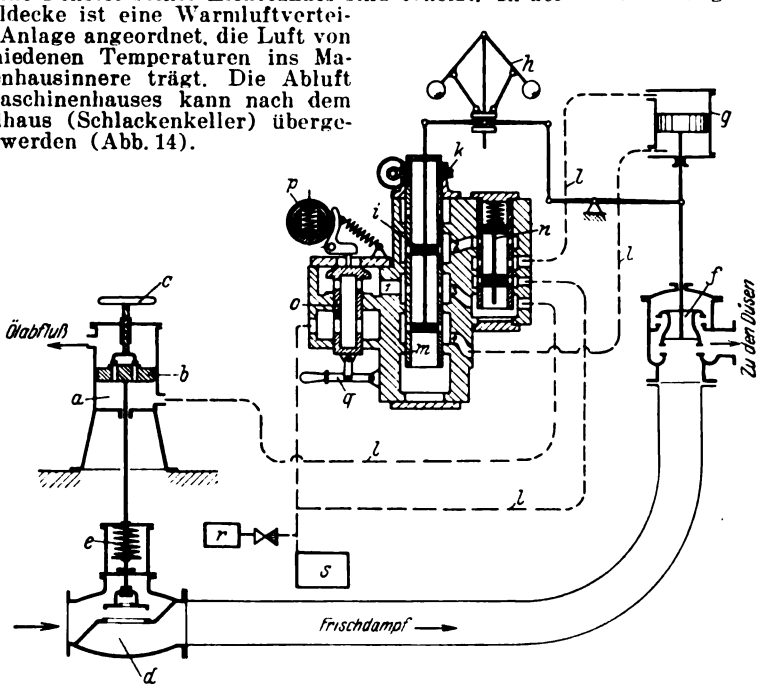


Abb. 32. Beschaufelungsarbeiten am Niederdruckläufer der Hauptturbine

Welle liegt erfahrungsgemäß die kritische Drehzahl oberhalb der Betriebsdrehzahl. Durch seitliche Umführung, die im Fundament liegt, tritt der Dampf in den Niederdruckteil ein (Abb. 30). Die Niederdruckturbine ist als Doppelflußaggregat mit 2×3 Stufen durchgebildet. Gegenüber der üblichen Dampfzufuhr von der Unterseite des Fundamentes her treten die beiden Zuströmleitungen für jeden Turbinensatz von oben in den Düsenkasten der Maschine ein (Abb. 14). Sie verlassen in horizontaler Richtung den Rohrboden im Vorwärmergebäude auf Höhe + 15,0 und treten direkt unter der Kranbahn frei ins Maschinenhaus ein, um senkrecht zu den Einströmkästen zu führen. Den Steuerungsmechanismus zeigt die Abb. 33. Es ist eine reine Öldrucksteuerung für die drei Düsenventile vorgesehen, die den besonderen Vorzug hat, daß bei Störungen außer dem Schnellschluß auch gleichzeitig



a Ölzylinder für Schnellschlußventil
b Ölkolben
c Ölventil mit Handrad
d Schnellschlußventil
e Ventilfeder
f Dampfeinlaßventil
g Servomotor
h Geschwindigkeitsregler
i Hilfschieber
k Drehzahlverstellung
l Rohrleitungen
m Schieberbüchse
n Öldruck-Umschaltkolben
o Ventilbüchse
p Sicherheitsregler
q Handhebel für Ausschaltung
r Hilfsölpumpe
s Zahnrad-Ölpumpe

Abb. 33. Steuerungsschema der Hauptturbine.

6. Turbinenanlage und Speisewasser-Kreislauf.

Die Hauptturbinen arbeiten mit einem Eintrittsdruck von 25 atü, einer normalen Eintrittstemperatur von 395 °; 415 ° ist als Höchsttemperatur dauernd, 425 ° vorübergehend zulässig. Unter 385 ° darf die Einströmdampf-Temperatur nicht sinken.

Die Hauptturbinen sind als Zweigehäuse-Einwellen-Maschinen konstruiert. Der Hochdruckteil erhält ein einkränziges Regelrad, dessen Beaufschlagung aus den einzelnen Düsengruppen erfolgt. Der anschließende Trommelläufer hat 23 Stufen, wovon die beiden letzten aus zwei Einzelscheiben mit drei Stufen bestehen (Bauart SSW—Röder). Bei dieser Konstruktion (Abb. 29) mit der starren die Düsenventile schließen, somit also doppelte Sicherheit vorhanden ist. Jede Hauptturbine hat einen Kondensator von 3500 m² Kühlfläche (Abb. 34). Auf Haltbarkeit der Rohre, Schutz vor eindringender Luft und Entgasung des Kondensats im Kondensator ist Rücksicht genommen worden. Insbesondere wird dies durch folgende Bauart angestrebt:

1. Freie Gassen vom Dampfeintritt zum Kondensatsammelraum halten den partialen Druck der Luft über dem abfließenden Kondensat möglichst gering. Die Gassenrohre selbst sind mit größeren Wandstärken als die übrige Berohrung ausgeführt.
2. Unter dem Kondensator dient ein besonderer Kondensatsammelraum (Saugebrunnen der Pumpe) zur Auf-

Digitized by Google

nahme und Vorwärmung des Niederschlagwassers. Das Heizdampfkondensat aus dem Niederdruck-Vorwärmer (s. auch Wärmekreislauf Abb. 40) beseitigt einen Teil der Unterkühlung des Kondensats, das bei

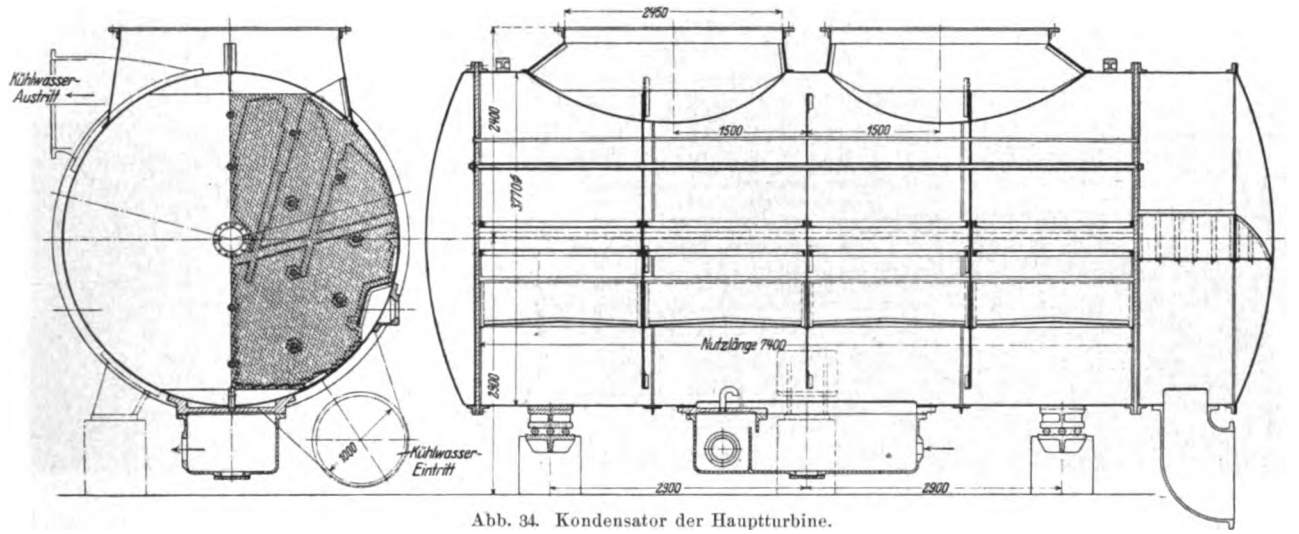


Abb. 34. Kondensator der Hauptturbine.

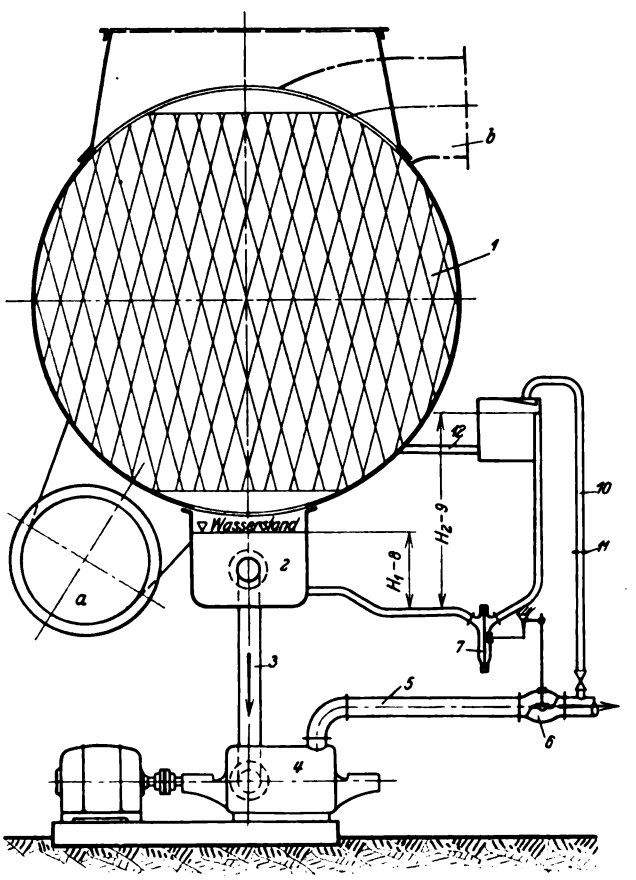
Überströmen der Teilwand in den Brunnen den größten Teil der enthaltenen Gase ausscheidet. Bei dieser Lösung der Entgasung des Speisewassers wurden Gewährleistungen von 0,1 mg/l Sauerstoffgehalt im Kondensat, gemessen am Druckstutzen der Pumpe, vereinbart. Das Parallelarbeiten aller Kondensatpumpen wurde durch besondere Steuerung (Mengenregelung) in Abhängigkeit vom Wasserstand (Abb. 35) und durch zweckentsprechende Wahl der Pumpencharakteristik erreicht.

3. Die Kondensat-Saugeleitung zwischen Kondensator und Pumpe ist vollkommen geschweißt, hat keine Absperrorgane und erhält an den Anschlußstellen eine besondere Wasserringdichtung. Die Kondensatpumpe selbst hat keine Saugestopfbuchsen, was durch Gegeneinanderschaltung der beiden ersten Räder baulich leicht zu erzielen war (Abb. 36).

Die Dampfverbrauchs-Charakteristik (Abb. 37) ist bei reinem Kondensationsbetrieb dargestellt, der günstigste Dampfverbrauch liegt bei ¾-Last gleich 27 000 kW. Die Wahl solcher Charakteristik hat auf die Betriebsergebnisse erheblichen Einfluß, was an Hand der in der gleichen Abbildung verzeichneten Kurve für das Klingenberg-Werk erläutert sei. Das Klingenberg-Werk nimmt von Jahr zu Jahr mehr Grundlastcharakter an. Die beiden kenntlich gemachten Meßpunkte auf der Kurve deuten an, daß der günstigste Jahresmittelverbrauch erst in ein oder zwei Jahren erreicht wird. Da die weiter oben geschilderten Belastungsverhältnisse den Westwerksturbinen aber Belastungen aufzwingen, bei denen sie im Jahresmittel zwischen ½- und ¾-Last Strom liefern werden, erhielt die Verbrauchscharakteristik die gekrümmtere Form. Die Hauptturbinen arbeiten mit ungesteuerter Anzapfung, auch verzichteten wir auf eine Messung der in der Niederdruck-Vorwärmstufe benötigten Dampfmengen und haben infolgedessen mit dem Lieferer keine Dampfverbrauchswerte, sondern lediglich Wärmeverbrauchswerte bei bestimmten Belastungen vereinbart.

Auch die Hausmaschinen sind als Zweizylinder-Einwellen-Entnahmeturbinen konstruiert (Abb. 38). Der Hochdruckteil besitzt ebenfalls ein Gleichdruckrad mit 18 folgenden Trommelstufen. Die Entnahmestellen liegen bei einem Druck von 6 at zwischen Hoch- und Niederdruckteil. In letzteren tritt der Dampf über ein Gleichdruck-Regelrad mit folgenden 16 Trommel- und 3 Scheibenstufen. Im sonstigen Ausbau ähneln sich Haupt- und Hausturbinen durchaus. Von den beiden Hausturbinen gilt eine als Reserve.

Die Generatorspannung der Hauptmaschinen ist 10 500 V, die der Hausmaschinen 6300 V. Bei $\cos\varphi = 0{,}9$ bzw. 0,8 für die beiden Maschinentypen sind die entsprechenden Leistungen 34 000 kW bzw. 12 000 kW. Das Werk arbeitet mit einem zweistufigen Regenerativverfahren. Die Endtemperatur des Speisewassers beträgt 150° (Abb. 40). Bei der Ausbildung des Speisewasser-Kreislaufes sind die Rücksichten auf einfachen Betrieb, vollständige Entgasung und Optimum der Wirtschaftlichkeit maßgebend gewesen. Das von den Kondensatoren (Abb. 41, *3*) durch die Kondensatpumpe (*4*) angesaugte



1	Kondensator	*8*	Wasserstand im Sammler
2	Kondensatsammler	*9*	konstante Wassersäule
3	Zulauf zur Pumpe	*10*	Auffülleitung für *9*
4	Kondensatpumpe	*11*	Drosselscheibe
5	Kondensatdruckleitung	*12*	Vakuumausgleich
6	Regelventil	*a*	Kühlwassereintritt
7	Regelmembran	*b*	Kühlwasseraustritt

Abb. 35. Steuerung der Kondensatpumpe.

Kondensat wird mit einem Druck von 1,3 ata zunächst über den Kondensatkühler (*5*) der Niederdruck-Vorwärmestufe (*6*) zugeführt, die mit 1,12 ata aus den Hauptmaschinen das Kondensat auf 94° vorwärmt. Da die einzelnen

Digitized by Google

Turbinen bei verschiedenen Belastungen arbeiten, hat jede Haupturbine eine eigene Niederdruck-Vorwärmanlage. Das Speisewasser durchströmt dann zunächst den Brüdenkondensator (*14*) der Verdampferanlage. Für alle 6 Haupt-

Nach Durchströmen des Brüdenkondensators tritt das Speisewasser mit 129 ° in den Hochdruck-Vorwärmer (*15*) ein, in dem die dritte Temperatursteigerung bis auf 150 ° erfolgt.

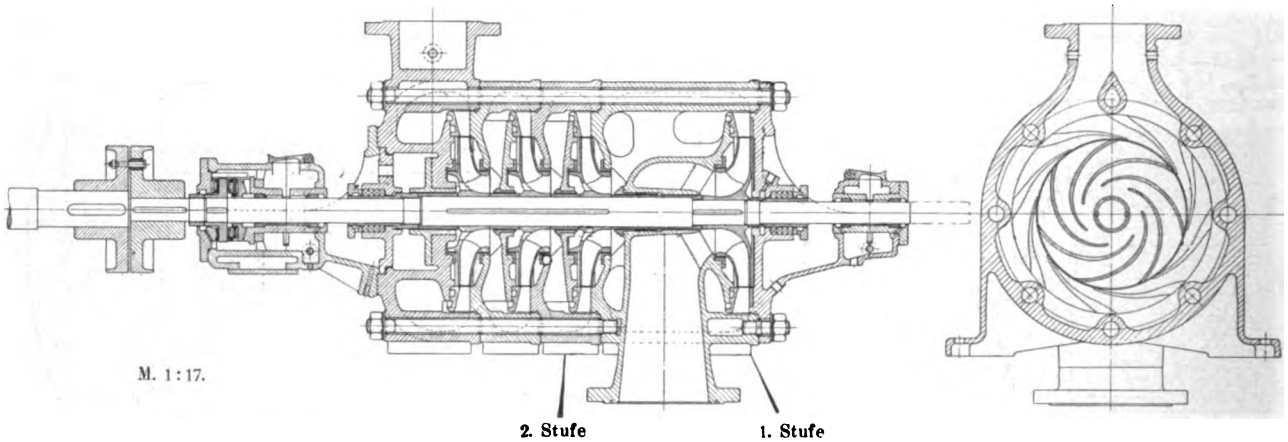


Abb. 36. Kondensatpumpe.

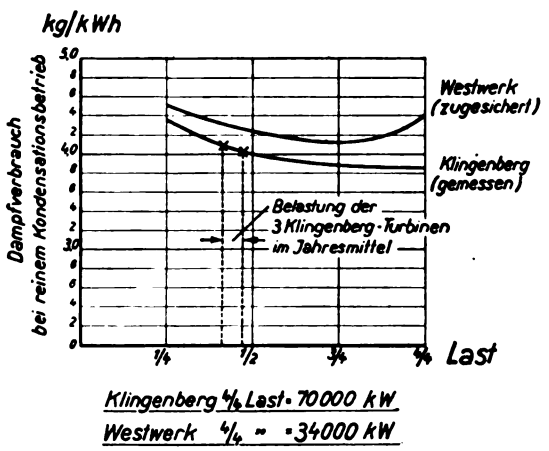


Abb. 37. Dampfverbrauchs-Charakteristik.

Auf eine Entgasung der Hauptturbinen-Kondensate ist also bewußt verzichtet worden. Diese Aufgabe ist durch die geschilderte konstruktive Durchbildung der Kondensator-Saugebrunnen bewerkstelligt (Abb. 35). Daher wurde nur noch eine Entgasung der Betriebskondensate, also der Wassermenge aus Entwässerungen, Heizungsanlagen sowie sonstiger Nebenkondensate notwendig. Hierfür sind je 2 Entgasungsanlagen (Abb. 41, *25*, *29*) vorhanden, aus denen das fertige Speisewasser mittels Pumpen (*26*, *30*) dem allgemeinen Kreislauf zugedrückt wird. Auf der Warmwasserseite sind außerdem 6 Warmwasserspeicher (*16*) mit einem Gesamtfassungsvermögen von 600 m³ eingeschaltet. Sie liegen auf Bühne + 32.0 im Kesselhaus. Die Festlegung der Speisewasservorwärmung auf 150 ° wirkt sich naturgemäß auch auf die Gestaltung der Kesselhauseinrichtung aus. Bei alleiniger Berücksichtigung der rechnerisch günstigsten Werte hätte man eine etwas niedrigere Speisewassertemperatur für ausreichend erachten können. Immerhin bewegen sich die Unterschiede nur in einem Bereich von 15 ... 20 °, was wärmewirtschaftlich bedeutungslos ist. Zudem vermeidet man bei etwas höherer Vorwärmetemperatur die Unterdruckbildung der Verdampfer- und Entgasungsanlagen bei Teillasten. Eine Durchrechnung der

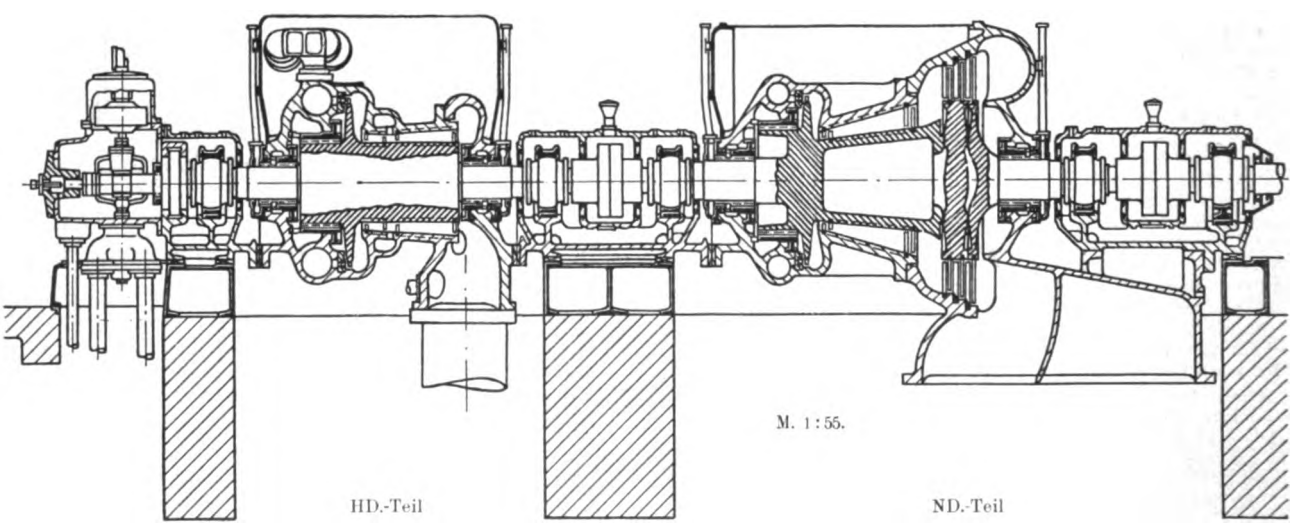


Abb. 38. Zweigehäusige 12000 kW-Hausturbine, 3000 U/min.

maschinen bestehen 2 Speisewasser-Aufbereitungen. Die Verdampfer (22) werden mit permutiertem Wasser gespeist und mit 6 ata Anzapfdampf aus den Hausturbinen beheizt. Die Leistung der Verdampfer beträgt rd. 5 % der Vollastdampfmenge. Der Verdampferbrüdendampf wird im Brüdenkondensator niedergeschlagen.

zu erwartenden Wärmeverbrauchswerte — immer auf Grund der festgelegten Belastungslinien — ergibt die in Abb. 42 dargestellte Kurve. Die Zackenform entsteht durch Erhöhung des Leerlaufverlustes bei Zu- und Abschaltung weiterer Kessel- und Turbineneinheiten. Bei einer Belastung von 162000 kW, für die 6 Hauptmaschinen

Digitized by Google

bzw. 8 Kessel in Betrieb sind, erreicht der Wärmeverbrauch die durchaus günstige Zahl von 3820 kcal/kWh. Bei noch höherer Leistung steigt der Wärmeverbrauch infolge der Form der Turbinen-Verbrauchscharakteristik.

Als Jahresdurchschnitts-Wärmeverbrauch wurde die Zahl 4430 kcal/kWh für den Belastungsfaktor von 0,245 ermittelt. Da die rechnerischen Grundlagen recht vorsichtig eingesetzt sind, dürfte eher eine Verbesserung dieser

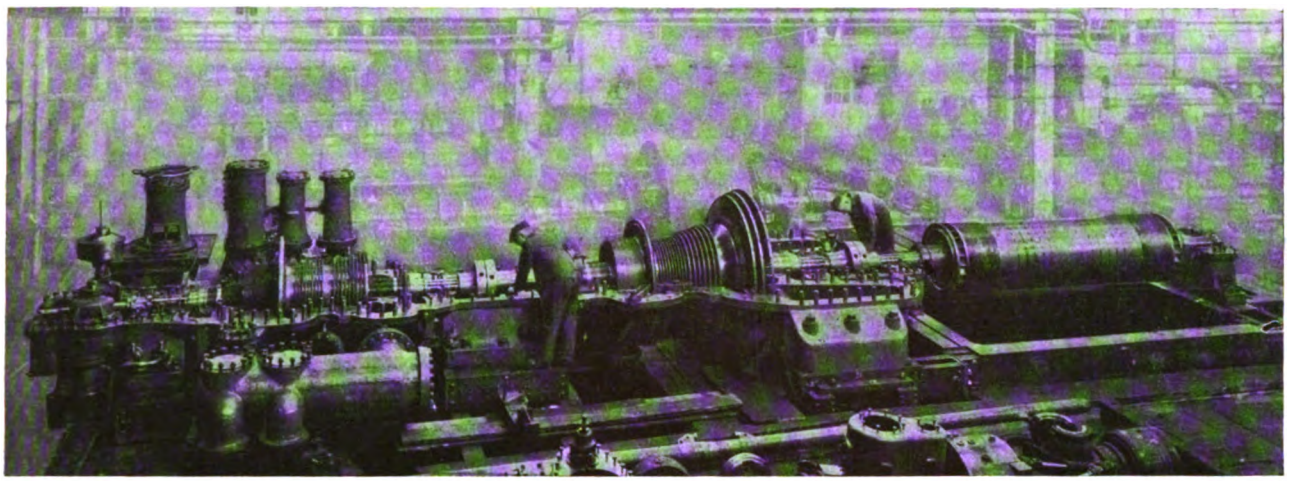


Abb. 39. Prüfstandmontage der Hausturbine

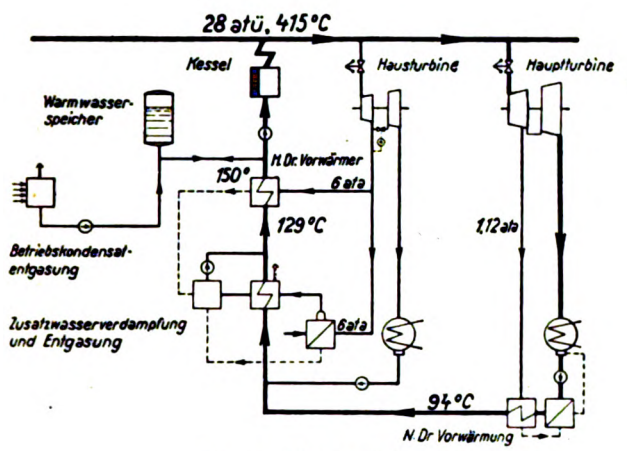


Abb. 40. Wärmekreislauf.

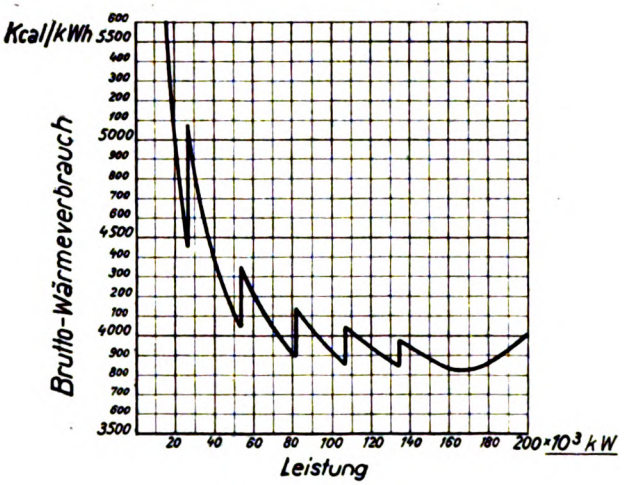
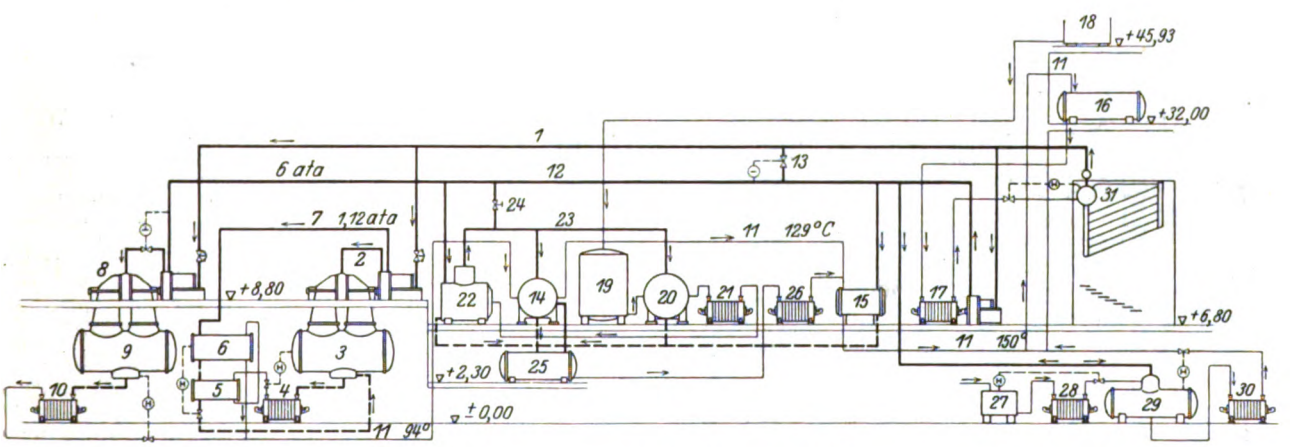


Abb. 42. Wärmeverbrauch.



1 Frischdampfleitung	8 Hausmaschine	16 Speisewasserspeicher	24 Reduzierventil
2 Hauptmaschine	9 Kondensator	17 Kesselspeisepumpe	25 Nebenkondensat-Sammelbehälter
3 Kondensator	10 Kondensatpumpe	18 Wasserbehälter	26 Kondensatpumpe
4 Kondensatpumpe	11 Hauptkondensatleitung	19 Permutitbehälter	27 Betriebskondensat-Sammelbehälter für Niederdruck
5 Kondensatkühler	12 6 ata-Leitung	20 Rohwasser-Entgaser	28 Kondensatpumpe
6 Niederdruckvorwärmer	13 Reduzierstation	21 Verdampfer-Speisepumpe	29 Betriebskondensat-Sammelbehälter für Hochdruck
7 Anzapfleitung der Hauptmaschine	14 Brüdenkondensator	22 Verdampfer	
	15 Hochdruckvorwärmer	23 Brüdendampfleitung	
	30 Kondensatpumpe	31 Dampfkessel	

Abb. 41. Wärmeschaltbild.

Digitized by Google

Werte zu erwarten sein. Aus dem Sankey-Diagramm (Abb. 43) ist eine Unterteilung des Wärmeflusses für das Rechnungsbeispiel von 6 Haupt- und einer Hausturbine bei 8 Kesseln zu entnehmen.

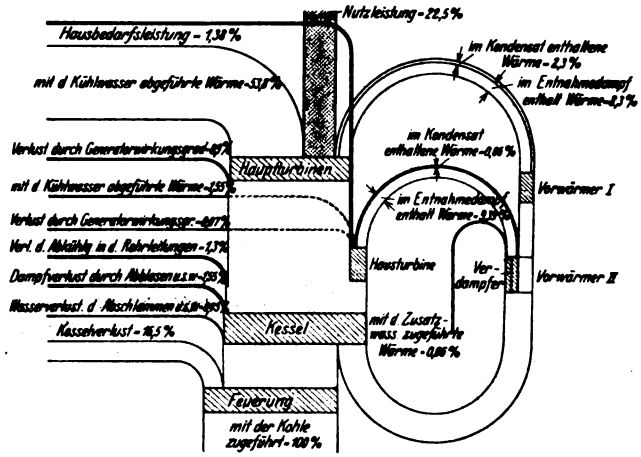


Abb. 43. Wärmeflußdiagramm.

7. Kühlwasseraufbereitung.

Wie aus dem Grundrißplan (Abb. 13) ersichtlich ist, wird das gesamte Kühlwasser für den Turbinenbetrieb einem kurzen Stichkanal entnommen, der in ein besonderes Kühlwasserpumpen-Haus hineinmündet (Abb. 44). Das Spreewasser durchläuft zunächst eine zweiteilige Grobrechenanlage *a* mit motorisch betriebener Reinigungsvorrichtung, in der größere schwimmende Unreinigkeiten abgeschieden werden. Dann durchfließt das Wasser eine in 4 Einzelsätze unterteilte Siebbandanlage *b*, um, von den Propellerpumpen *d* gefaßt, in die beiden Haupt-Rohrleitungen *f* von je 1800 mm Dmr. nach dem Maschinenhaus gedrückt zu werden. Einen Querschnitt durch die hier zur Aufstellung kommenden Propellerpumpen mit senkrechter Achse zeigt Abb. 45. Zur Verwendung derartiger Aggregate in der Kühlwasserversorgung war ein Anreiz aus mehreren Gründen gegeben:

1. Anlagekosten und Platzbedarf sind geringer.
2. Eine gewisse Vereinfachung der Rohrleitungsführung war bei den großen in Frage kommenden Durchmessern sehr erwünscht.
3. Im Fortfall der besonderen Entlüftungsvorrichtung liegt ein betriebstechnischer Vorteil; zudem gewährt die Leistungscharakteristik solcher Pumpentypen einen guten Parallelbetrieb bei an sich erheblich höherem Vollastwirkungsgrad gegenüber Zentrifugalpumpen.

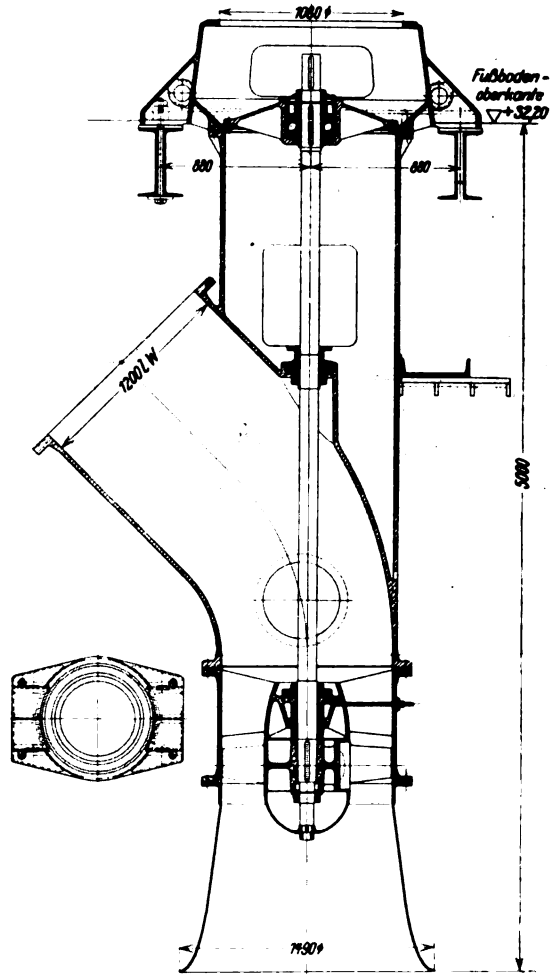
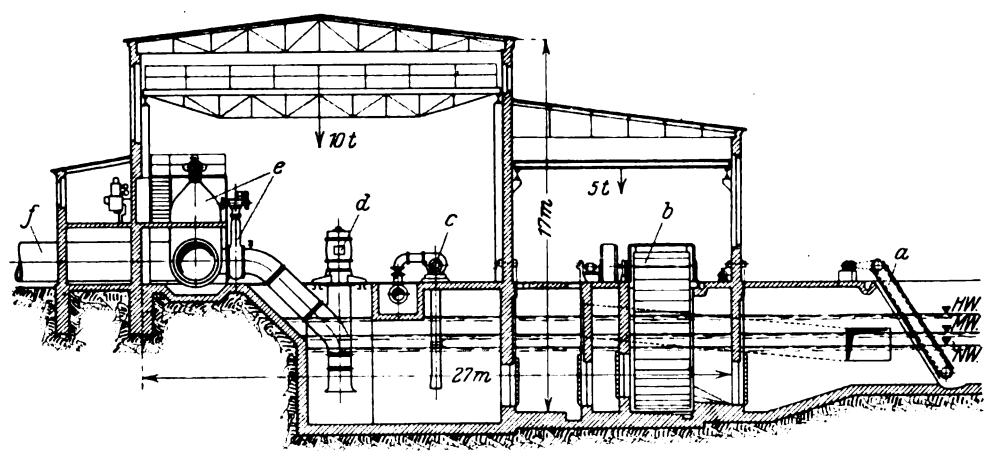


Abb. 45. Vertikale Kühlwasserpumpe, $n = 490$ U/min.

Bei der konstruktiven Ausbildung dieser Pumpen müssen allerdings der relativ hohe Leerlaufkraftbedarf und die Drehzahlerhöhung berücksichtigt werden, die eine Propellerpumpe bei rückwärts strömendem Wasser erfährt.

Im Kühlwasserpumpen-Haus stehen außerdem noch die Druckpumpen *c* für Strahlwasserapparate. Bei ihnen sind Zentrifugalpumpentypen gewählt worden, da erheblich höhere Förderdrücke in Frage kommen. — Die beiden großen Kühlwasserstränge sind vollkommen wassergasgeschweißt (Abb. 67). Ihr Durchmesser verringert sich je nach Zahl der Kondensatoranschlüsse an den einzelnen Turbinen (Abb. 70).

(Schluß folgt.)



a Grobrechen
b Siebband
c Strahlwasserpumpe
d Kühlwasserpumpe
e Absperrschieber
f Kühlwasserleitung

Abb. 44. Kühlwasserpumpen-Haus.

Digitized by Google

Der Expansionsschalter.

(Hochleistungschalter ohne Öl.)

Von **Fritz Kesselring**, Berlin.

Übersicht. **An Hand des Grundgesetzes für Flüssigkeitsschalter wird das Prinzip des Expansionsschalters abgeleitet und die thermodynamischen und elektrischen Vorgänge während des Strom-Nulldurchganges näher untersucht sowie sein konstruktiver Aufbau erläutert. Im Anschluß hieran folgt ein Vergleich von Druckluft- und Expansionsschalter auf Grund der Löschkurven. Im letzten Abschnitt wird mit Hilfe des Grundgesetzes eine Theorie des Löschvorganges in Öl- und Löschkammerschaltern entwickelt.**

1. Das allgemeine Grundgesetz der Flüssigkeitsschalter.

Das Grundgesetz, in das ich unsere Arbeiten auf dem Gebiete der Flüssigkeitsschalter zusammenfassen möchte, lautet:

Ein elektrischer Wechselstrom-Lichtbogen, der in einer Dampfatmosphäre brennt, bleibt endgültig erloschen, wenn zur Zeit des Strom-Nulldurchganges folgende Bedingung erfüllt ist:

$$-\frac{\partial T}{\partial t} - k\,\frac{\partial u}{\partial t} > 0. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

In Gl. (1) bedeutet T die absolute Temperatur des Dampfes, in dem der Lichtbogen gebrannt hat, u den Momentanwert der wiederkehrenden Spannung während ihres

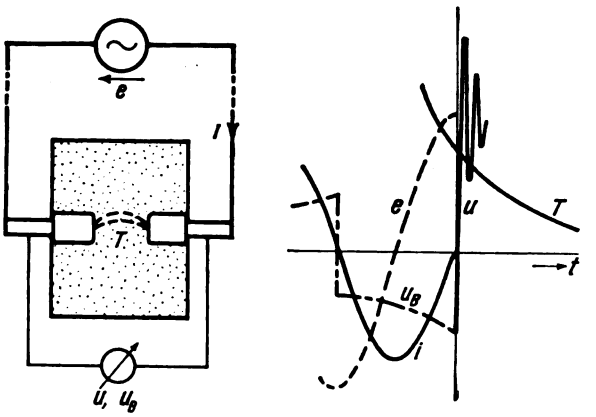


Abb. 1. Zündung eines Wechselstrom-Lichtbogens in einer Dampfatmosphäre.

ersten Anstiegs und k eine Größe, die von der Art der Flüssigkeit und in gewissem Umfange vom Absolutwert des Druckes abhängig ist. Die Gl. (1) sagt aus, daß der Lichtbogen nur dann erloschen bleibt, wenn das Temperaturgefälle größer ist als der mit der Zahl k multiplizierte Spannungsanstieg. Wir werden nun an Hand der Abb. 1 und 2 versuchen, den wesentlichen Inhalt von Gl. (1) physikalisch klarzulegen und dann aus dieser einzigen Bedingungsgleichung das Prinzip des Expansionsschalters ableiten und im Anschluß daran eine allgemeine Theorie der Öl- und Löschkammerschalter entwickeln.

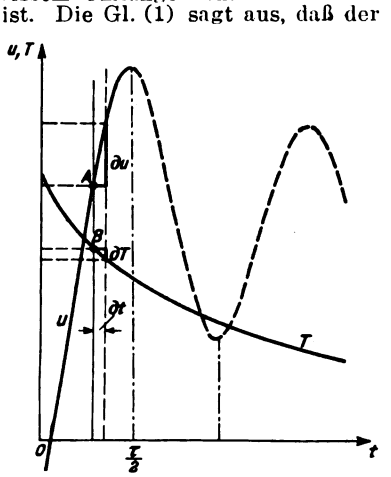


Abb. 2. Verlauf von wiederkehrender Spannung und Dampftemperatur während des Strom-Nulldurchgangs.

Abb. 1 zeigt links ein Gefäß mit zwei feststehenden Elektroden, zwischen denen ein Lichtbogen gebrannt hat. Das Gefäß soll mit Dampf, z. B. Wasserdampf, angefüllt sein. Mit einem Schleifenoszillographen mißt man einen Verlauf von Strom i und Lichtbogenspannung u_B, wie er auf der linken Seite der Ordinatenachse angedeutet ist. Die EMK e der Maschine ist nicht direkt meßbar, sie hat aber in stark induktiven Stromkreisen annähernd 90° Voreilung gegenüber dem Strom i. Im Moment des Strom-Nulldurchgangs erlischt der Lichtbogen und hinterläßt zwischen den Elektroden eine Wolke von Ionen und Elektronen. Die EMK der Maschine hat zu diesem Zeitpunkt annähernd ihren Maximalwert. Sie kann infolge der im Stromkreis immer vorhandenen Kapazität jedoch nicht momentan erscheinen, sondern im allgemeinen setzt ein Schwingungsvorgang ein, der entweder auf die neue Lichtbogenspannung oder bei endgültigem Erlöschen des Lichtbogens auf die EMK e überführt. Die Messung dieser Schwingung kann nur mit Hilfe eines Kathodenstrahl-Oszillographen erfolgen. Alle diese Zusammenhänge

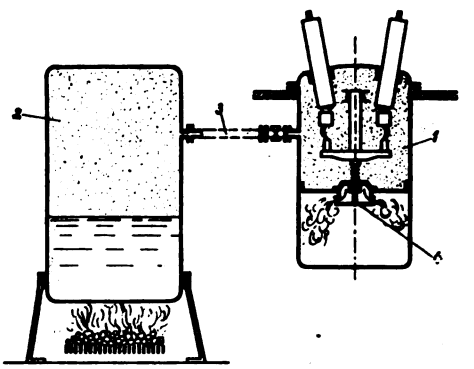


Abb. 3. Expansionsschalter mit fremder Dampfquelle.

sind bereits bekannt[1]. Neu hinzu kommt jedoch der Verlauf der Temperatur T des Dampfes während der Zeit des Strom-Nulldurchgangs. Es ist plausibel, daß die Temperatur infolge der verminderten Leistungszufuhr abnehmen muß. Ihr Verlauf ist zunächst willkürlich als abklingende Funktion aufgetragen. Um die Verhältnisse klar darzulegen, ist der rechts von der Ordinatenachse liegende Teil der Abb. 1 in vergrößertem Zeitmaßstab in Abb. 2 dargestellt. Wir betrachten nun die Änderung von Temperatur T und wiederkehrender Spannung u in dem Zeitintervall ∂t und lesen unmittelbar aus Abb. 2 ab, daß die Temperatur um den kleinen Wert $-\partial T$ absinkt, während die Spannung um die Größe ∂u zunimmt. Damit erkennen wir, daß Gl. (1) eine Stabilitätsbedingung ist, denn sie sagt aus, daß es zum Erlöschen eines Lichtbogens notwendig ist, den Dampf um so mehr abzukühlen, je größer der Spannungsanstieg ist. Wie alle Stabilitätsbedingungen entscheidet sie zwischen zwei möglichen physikalischen Zuständen; im einen Fall, nämlich wenn die Gl. (1) erfüllt ist, bleibt der Lichtbogen erloschen, im anderen Fall tritt Neuzündung und Weiterbrennen des Lichtbogens auf.

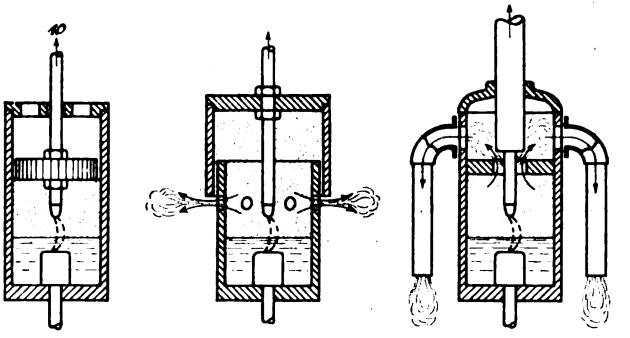


Abb. 4. Einige Ausführungsformen der Expansionskammern.

Das Grundgesetz führt nun unmittelbar zu folgenden Konstruktions-Richtlinien für einen Wechselstromschalter: Der Lichtbogen des Schalters muß in einer Dampfatmosphäre brennen, welche beim Strom-Nulldurchgang abgekühlt wird. Nun kühlt man bekanntlich Dampf zweckmäßig dadurch ab, daß man ihn adiabatisch expandieren läßt, und damit ist auch schon das Prinzip des Expansionsschalters gegeben.

[1] Vgl. z. B. Slepian, ETZ 1929, S. 686. Kesselring, ETZ 1929, S. 1065. Biermanns, ETZ 1929, S. 1073.

Digitized by Google

2. Einige aus dem Grundgesetz hervorgehende Ausführungsformen des Expansionsschalters.

Wir beginnen mit einer Konstruktion, welche sich in ihrem Aufbau eng an den Ölschalter anlehnt. In Abb. 3 bedeutet *1* einen Schalter, der mit einem Dampfkessel *2* über ein möglichst dünnes Rohr *3* in Verbindung steht. Im Boden des Schalters befindet sich ein Ventil *4*, das gegenüber dem Rohr *3* sehr großen Durchtrittsquerschnitt hat. Der Schalter *1* ist dauernd mit Dampf, z. B. Wasserdampf von einigen Atmosphären angefüllt. Beim Abschalten unter Leistung entstehen zunächst zwischen den Schaltstücken Lichtbogen. Im Moment, in dem die Strombrücke auf das Ventil aufschlägt, öffnet sich ein großer Querschnitt und führt eine rasche adiabatische Expansion des Dampfes im Schalter herbei. Man beobachtet, daß beim ersten Strom-Nulldurchgang nach Öffnen des Ventils die Lichtbogen im Schalter erlöschen. Wesentlich für das Gelingen des Experimentes ist, wie bereits erwähnt, daß das Rohr *3* geringen Querschnitt relativ zum Ventil *4* hat. Noch zweckmäßiger ist es, bei Beginn des Ausschaltvorganges die Dampfzufuhr vom Kessel *2* her abzusperren. Wenn auch die Anordnung nach Abb. 3 einwandfrei funktioniert, so muß doch zugegeben werden,

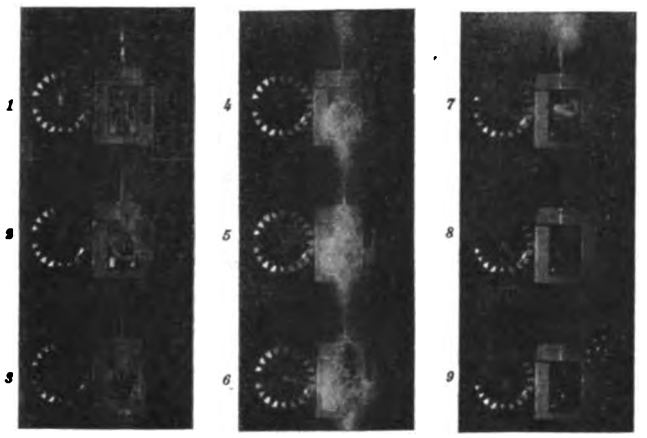


Abb. 5. Zeitlupenaufnahme der Lichtbogenlöschung durch Dampfexpansion.

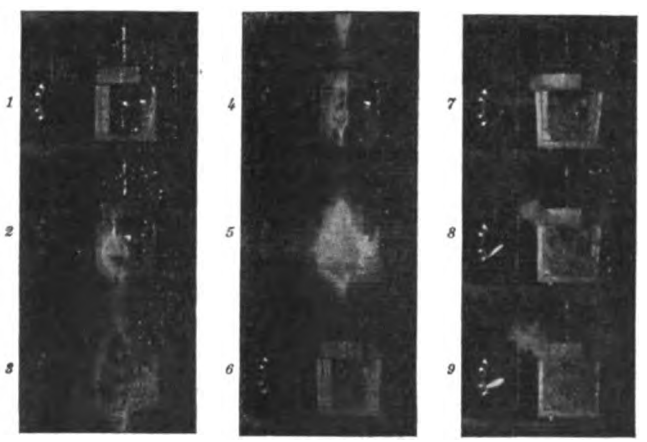


Abb. 6. Zeitlupenaufnahme, Lichtbogenlöschung bei Bersten der Expansionskammer aus Glas.

daß die ganze Apparatur recht umständlich ist. In Abb. 4 sind deshalb einige weitere Ausführungsmöglichkeiten von Expansionsschaltern dargestellt, welche sich prinzipiell von der Anordnung nach Abb. 3 dadurch unterscheiden, daß der für den Löschvorgang erforderliche Dampf durch den Lichtbogen selbst erzeugt wird. Abb. 4 a zeigt eine Anordnung, bei der die Expansion des Dampfes durch Bewegung eines Kolbens erzeugt wird. Der Vorgang entspricht also thermodynamisch im wesentlichen den Vorgängen bei einer Kolbendampfmaschine. Bei dem System der Abb. 4 b wird durch den Lichtbogen das Wasser verdampft und durch den entstehenden Druck der zylinderförmige Schieber zusammen mit dem beweglichen Schaltstift nach oben bewegt. In der gezeichneten Stellung werden Öffnungen in dem zylindrischen feststehenden Gefäß freigegeben, durch die der Dampf austreten kann. Zeitlupenaufnahmen mit dieser Anordnung zeigen, daß beim ersten Nulldurchgang nach Austritt des Dampfes die Löschung des Lichtbogens erfolgt, sofern der Austrittsquerschnitt so bemessen ist, daß der Temperaturabfall, hervorgerufen durch Expansion, die Grundgleichung (1) erfüllt. Eine weitere Ausführungsform zeigt Abb. 4 c. In der gezeichneten Stellung des beweglichen Schaltstückes tritt der Dampf in die Kondensationskammer ein, wobei im unteren Raum eine Expansion erzielt wird. Derjenige Dampf, der nicht zur Kondensation gelangt, kann durch die Auspuffrohre abströmen. Die Anordnung nach Abb. 4 c eignet sich besonders für Schalter kleinerer Spannung und hoher Kurzschluß-Stromstärke, während die Anordnung nach Abb. 4 a für Hochspannungsschalter vorteilhaft angewendet wird. Die Abb. 5 und 6 zeigen zwei Ausschnitte aus Zeitlupenaufnahmen mit Expansionskammern, welche ungefähr der Anordnung 4 c entsprachen. Man erkennt in Abb. 5, daß der Dampfaustritt bei Bild *7* einsetzt. Der Lichtbogen brennt noch schwach, da der Strom gegen Null geht. Bei Bild *8* ist der Lichtbogen erloschen, der austretende Dampf ist deutlich links oben neben der Kammer zu erkennen; wie Bild *9* zeigt, bleibt der Lichtbogen endgültig erloschen. Abb. 6 zeigt den Expansionseffekt in Reinkultur. Der Lichtbogen setzt ein bei Bild *2* und müßte, da die Aufnahmefrequenz 500 Bilder in der Sekunde beträgt, seine größte Intensität zwischen dem dritten und vierten Bild aufweisen und dann in seiner Lichtwirkung wieder zurückgehen. Wir erkennen aber, daß bei Bild *5* die Lichtwirkung plötzlich wieder außerordentlich intensiv ist. Die Erklärung gibt Bild *6*, es zeigt nämlich, daß der Glasbehälter allseitig gesprungen ist, wodurch ein plötzlicher Druckabfall und damit die Löschung des Lichtbogens erzielt wurde. Das Aufleuchten in Bild *5* rührt daher, daß die glühenden Gase infolge des nachlassenden Druckes sich ausbreiten konnten. Die letzten drei Bilder zeigen, daß das ganze Gefäß auseinanderberstet, eine Neuzündung des Lichtbogens tritt aber nicht mehr ein. Gerade diese Aufnahme zeigt mit wundervoller Klarheit, daß zwischen Druckabfall und Lichtbogenlöschung ein eindeutiger Zusammenhang besteht.

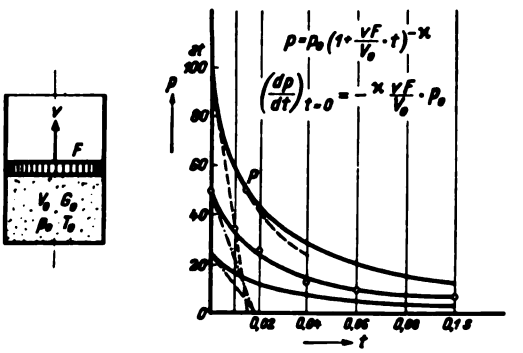


Abb. 7. Expansion von Dampf in einem Zylinder.

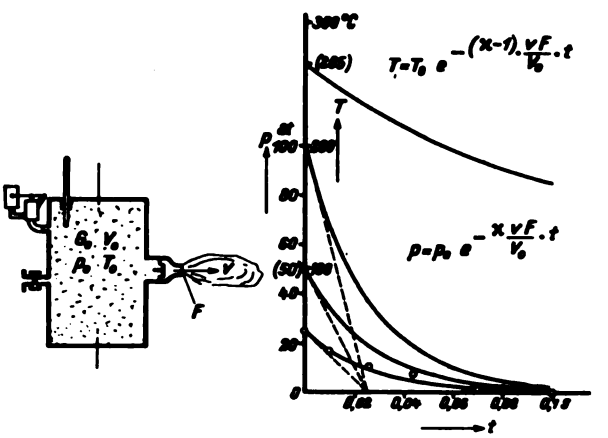


Abb. 8. Expansion von Dampf bei frei austretendem Dampfstrahl.

Nachdem wir nun einen ungefähren Einblick in die Zusammenhänge gewonnen haben, gehen wir dazu über, die Maßnahmen, welche zur Erfüllung des Grundgesetzes zu treffen sind, näher zu untersuchen. Da Gl. (1) eine thermodynamische Größe, nämlich die absolute Temperatur T, mit einer elektrischen Größe, der Spannung u

Digitized by Google

verbindet, gliedern sich unsere weiteren Betrachtungen ganz natürlich in einen ersten Abschnitt, der sich mit den thermodynamischen Vorgängen in der Dampfatmosphäre befaßt, und einen zweiten Abschnitt, in dem wir die elektrischen, durch das Auftreten der wiederkehrenden Spannung bedingten Vorgänge untersuchen.

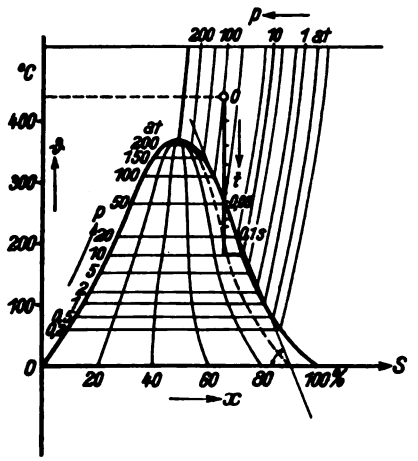


Abb. 9. Entropiediagramm von Wasser.

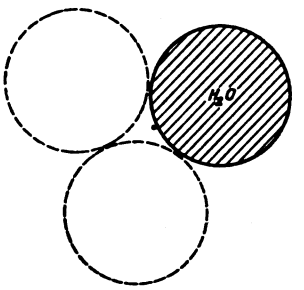


Abb. 12. Anlagerung von Wassermolekülen an ein Elektron.

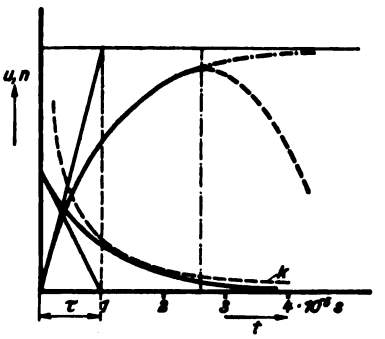


Abb. 13. Abklingen der freien Ladungsträger.

3. Die thermodynamischen Vorgänge während der Abschaltung.

Wir betrachten entsprechend der Versuchsanordnung der Abb. 4 a einen Zylinder mit Kolben (vgl. Abb. 7). Im Anfangszustand befindet sich in dem Zylinderraum unterhalb des Kolbens eine Dampfmenge G_0. Ihr Druck sei p_0

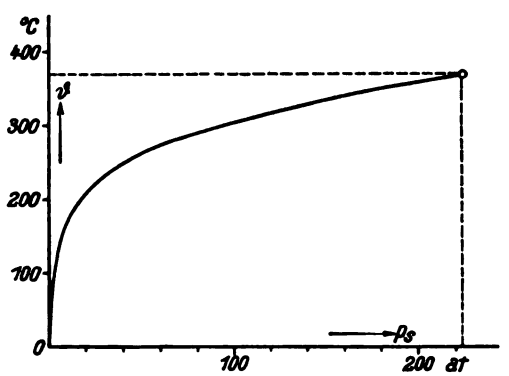


Abb. 10. Zusammenhang zwischen Sattdampfdruck und Temperatur bei Wasserdampf.

und ihre Temperatur T_0, das Volumen V_0. Nun wird der Kolben mit konstanter Geschwindigkeit v nach oben bewegt, wobei der Dampf expandiert. Wir untersuchen den Verlauf des Druckes zunächst experimentell. Betrug

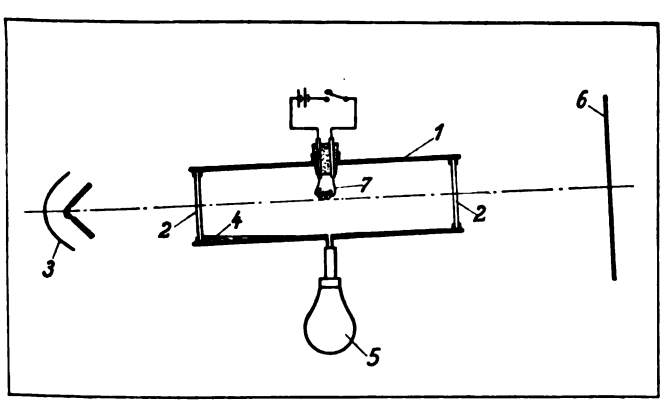


Abb. 11. Apparat zur Vorführung des Wilson-Effekts.

der Anfangsdruck $p_0 = 100$ at, so sinkt mit zunehmender Zeit der Druck ab bis zum Punkt P (vgl. Abb. 7). Dann stellt man fest, daß von da ab die Druckabnahme etwas langsamer vor sich geht. Wir werden später sehen, daß dieses Abknicken im Druckverlauf daher rührt, daß beim Punkt P der überhitzte Dampf in Sattdampf übergeht. Rechnungsmäßig läßt sich der Druckverlauf durch nachstehendes Gesetz darstellen:

$$p = p_0 \left(1 + \frac{v F}{V_0} t\right)^{-\varkappa}, \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

welches man in elementarer Weise aus den thermodynamischen Grundgesetzen für adiabatische Zustandsänderung ableiten kann, sofern man im Heißdampfgebiet die Polytrope

$$p_s v^{1{,}3} = \text{konst.} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

und im Sattdampfgebiet die Gleichung von Zeuner[2]

$$p_s v^{1{,}135} = \text{konst.} \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

zugrundelegt. Durch Differentiation von (2) erhält man:

$$\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}t} = -\varkappa p_0 \frac{v F}{V_0} \left(1 + \frac{v F}{V_0} t\right)^{-(\varkappa+1)} \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

Gl. (5) geht für die Zeit $t = 0$ über in:

$$\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}t}\right)_{t=0} = -\varkappa p_0 \frac{v F}{V_0}. \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

Aus Gl. (6) folgt unmittelbar, daß es zur Erzeugung eines hohen Druckgefälles notwendig ist, dem Kolben eine große Fläche F und hohe Geschwindigkeit v zu erteilen. Vor allem wirksam ist ein kleines Anfangsvolumen V_0. Die Kurven der Abb. 7 lehren unmittelbar, daß das Druckgefälle um so größer ist, je höher der Anfangsdruck p_0 war.

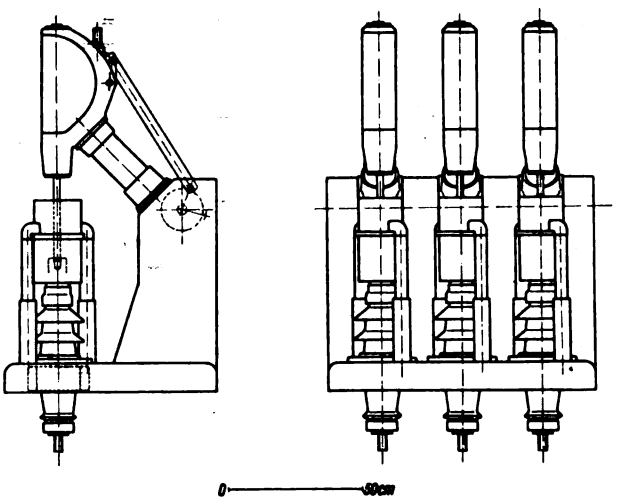


Abb. 14. Expansionsschalter 10 kV, 600 A, 400 MVA.

Während die Verhältnisse bei der Anordnung gemäß Abb. 7 rechnerisch einfach zu erfassen sind, bietet die Anordnung nach Abb. 8 wesentlich größere Schwierigkeiten, vor allem deshalb, weil die Dampfmenge, welche zum Ausströmen in die Atmosphäre oder in ein Kondensationsgefäß gebracht wird, relativ gering ist. Wir haben uns deshalb experimentell einen Einblick in die Vorgänge verschafft. Der Druckverlauf wurde mit Hilfe eines Indikators aufgenommen. Die Messungen führten zu Kurven, wie sie in Abb. 8 rechts dargestellt sind. Man kann den

[2] Vgl. z. B. Mache, Theorie der Wärme, S. 290.

Digitized by Google

Druckverlauf durch nachstehendes Gesetz sehr gut darstellen:

$$p = p_0 e^{-\varkappa \frac{v F}{V_0} t} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Das Druckgefälle zur Zeit $t = 0$ wird

$$\left(\frac{\mathrm{d}p}{\mathrm{d}t}\right)_{t=0} = -\varkappa p_0 \frac{v F}{V_0} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

Ein Vergleich mit Gl. (6) zeigt unmittelbar, daß zur Erzielung einer hinreichenden Expansion die gleichen Maßnahmen zu treffen sind, nämlich kleines Ausgangsvolumen, große Strömungsgeschwindigkeit und großer Austrittsquerschnitt. Nur stellt in Gl. (8) v nicht mehr die Kolbengeschwindigkeit, sondern die Strömungsgeschwindigkeit des Dampfstrahles dar und F die Austrittsöffnung. Wenn das Produkt vF bei sonst gleichen Versuchsbedingungen in beiden Fällen gleich ist, so sinkt auch bei beiden Anordnungen der Druck zur Zeit $t = 0$ gleich schnell ab. Unter der Voraussetzung, daß der ganze Vorgang adiabatisch verläuft, folgt aus Gl. (7) unmittelbar der Temperaturverlauf:

$$T = T_0 e^{-(\varkappa - 1) \frac{v F}{V_0} t} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Das Temperaturgefälle zur Zeit $t = 0$ ergibt sich zu:

$$\left(\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t}\right)_{t=0} = -(\varkappa - 1) T_0 \frac{v F}{V_0} \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

In Abb. 8 ist für die Druckkurve mit einem Anfangsdruck von 50 at die entsprechende Temperaturkurve aufgezeichnet. Sie setzt ein zur Zeit $t = 0$ mit einer Temperatur von 265 ° und klingt zeitlich wesentlich langsamer ab als der Druck, da die Größe $\varkappa$ nur wenig von 1 verschieden ist. Wir erkennen aber, daß auch bei frei austretendem Dampfstrahl der Temperaturverlauf in einfacher Weise ermittelt werden kann.

Wir gehen nun dazu über, an Hand des Entropiediagramms in Abb. 9 zu untersuchen, was in dem sich durch adiabatische Expansion abkühlenden Dampf vorgeht. Dabei nehmen wir an, daß der Dampf zunächst einen Druck von 100 at bei einer Temperatur von 440 ° C aufweist. Damit ist der Punkt *0* in Abb. 9 bestimmt. Sieht man von dem Temperaturausgleich innerhalb der betrachteten Dampfmenge ab, so verläuft voraussetzungsgemäß der ganze Vorgang adiabatisch. Die Entropie ist konstant und daher die Zustandsänderung durch eine Parallele zur Ordinatenachse gegeben, welche durch den Punkt *0* geht. Auf dieser Geraden tragen wir nun den Zeitmaßstab auf, den wir mit Hilfe der Gl. (3) ermitteln. Dieser Maßstab behält Gültigkeit, solange die Zustandsänderung im Heißdampfgebiet verläuft. Nach 0,05 s erreicht man bei den der Betrachtung zugrundegelegten Zahlenwerten die Grenzkurve des Sattdampfgebietes. Von da ab ist der Zeitmaßstab mit Hilfe von Gl. (4) zu bestimmen. Aus Abb. 9 ersieht man, daß für die Druckabnahme von 100 auf 50 at eine Zeit von 0.05 s erforderlich war. Nach dem gleichen Zeitintervall ist ein Druck von 20 at erreicht. Uns interessiert nun für das Folgende vor allem der Nässegehalt des Dampfes, d. h. der Überschuß von Flüssigkeit, in vorliegendem Fall das überschüssige Wasser. Dieses ist z. B. für den Zeitpunkt 0,1 s gegeben durch die kleine horizontale Strecke auf der Druckkurve $p = 20$ at zwischen der Zeitachse durch den Punkt *0* und der rechts liegenden Grenzkurve des Sattdampfgebietes. Die gestrichelte Linie gibt an, daß zu diesem Zeitpunkt 90 % der der Zustandsänderung unterworfenen Menge sich im Dampfzustand befinden, während 10 % verflüssigt wurden. Bei dem außerordentlich schnell verlaufenden Abkühlungsvorgang wird jedoch der 10prozentige Anteil noch nicht in Form von flüssigem Wasser sich in dem Gefäß sammeln, sondern es bildet sich übersättigter Wasserdampf mit einem Nässegehalt von 10 %. Wir erkennen, daß mit abnehmendem Druck der Nässegehalt zunimmt. Ersetzt man den rechten Teil der Sattdampfgrenzkurve durch eine Gerade (vgl. Abb. 9), so erkennt man, daß der Nässegehalt des Dampfes praktisch proportional mit der Temperaturabnahme zunimmt.

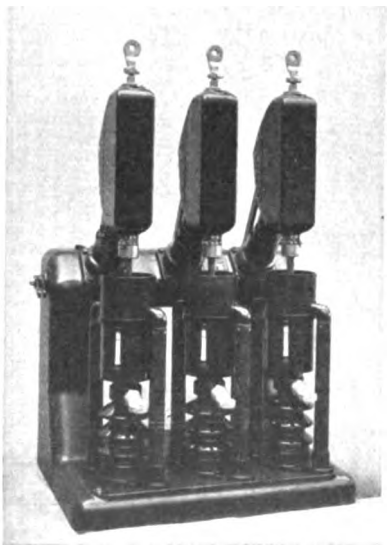


Abb. 15. Expansionsschalter 10 kV, 600 A.

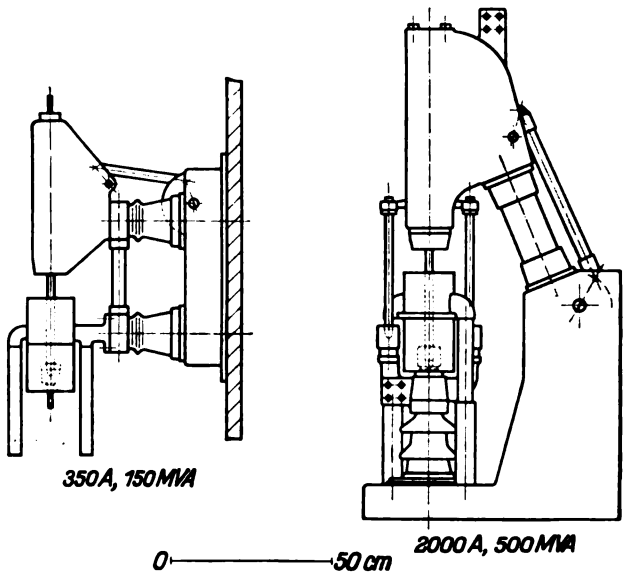


Abb. 16. Expansionsschalter 10 kV, 350 A und 2000 A.

Das Entropiediagramm zeigt in voller Klarheit, daß die adiabatische Expansion von Dampf eine Abkühlung hervorruft, welche zur Folge hat, daß nach Durchlaufen der Sattdampfgrenzkurve übersättigter Wasserdampf entsteht. Für unsere weiteren Betrachtungen ist es wesentlich, den Zusammenhang zwischen Druck im Sattdampfgebiet und Temperaturverlauf zu kennen, denn der Druckverlauf ist der Messung viel leichter zugänglich als der Temperaturverlauf. Man kann aus dem Entropiediagramm der Abb. 9 unmittelbar die in Abb. 10 dargestellte Kurve abgreifen. Diese Kurve sagt aus, daß Druckänderungen im Gebiet zwischen etwa 50 und 200 at nur relativ geringe Temperaturänderungen ergeben, während in dem Gebiet unterhalb von 50 at mit relativ geringer Druckänderung ein großes Temperaturgefälle erzeugt werden kann. Daraus folgt, daß es für die wirtschaftliche Durchbildung von Expansionsschaltern wesentlich ist, in dem Druckgebiet zwischen etwa 0 und 50 at zu arbeiten. Bei den Betrachtungen über Ölschalter spielt die Erkenntnis, daß Druckänderungen in dem Gebiet zwischen 0 und 5 at sehr große Temperaturänderungen bedingen, eine grundlegende Rolle.

4. Der Löschvorgang.

Wir untersuchen nun, welchen Einfluß übersättigter Wasser- oder Öldampf auf elektrische Ladungsträger ausübt. Bereits im Jahre 1903 hatte Wilson[3] gezeigt, daß man Elektronen und Ionen dadurch sichtbar machen kann, daß man sie in einen expandierenden, gesättigten Dampf bringt. Die Ladungsträger wirken als Kondensationszentren für das überschüssige Wasser, es bilden sich feine Nebeltröpfchen. Versuche auf dieser Grundlage, welche vor allem von Millikan[3] mit Öldampf durchgeführt wurden, gestatteten die Elementarladung zu bestimmen, indem man die einzelnen Nebeltröpfchen zählte und ihre Ladung experimentell ermittelte. Anläßlich des Vortrages wurde der Wilson-Effekt mit Hilfe des in Abb. 11 dargestellten Apparates gezeigt. In das zylindrische Rohr *1*, dessen Stirnflächen durch Glasplatten *2* abgeschlossen sind und das in seiner Längsachse von einem von der Lampe *3* ausgehenden Lichtbündel durchdrungen wird, wird etwas Wasser *4* gebracht, welches entsprechend der Temperatur unter seinem Sättigungsdruck steht. Wird nun dieser Raum mit Hilfe eines damit in Verbindung stehenden Gummiballs *5* komprimiert und dann der Gummiball schnell losgelassen, so entsteht eine Expansion (Druckgefälle) und man erkennt auf dem Projektionsschirm *6* zunächst eine leichte Trübung des Lichtflecks. Nach mehrmaliger Expansion läßt sich eine Trübung nicht mehr erkennen. Dies ist damit zu erklären, daß sämtliche Staubteilchen, welche ebenfalls als Kondensationskerne wirken, sowie die in ganz gerin-

[3] Vgl. z. B. Riecke, Lehrbuch der Physik, Bd. 2, S. 412.

Digitized by Google

ger Zahl vorhandenen Ladungsträger sich zusammen mit den Nebeltröpfchen an der Wand niedergeschlagen haben. Erzeugt man nun durch einen Funken, Lichtbogen oder, wie es bei der Vorführung geschah, durch die Glühemission einer Drahtspirale 7 in dem zylindrischen Raum Ladungsträger und wird nun das ionisierte Gasgemisch auf gleiche Weise mit Hilfe des Gummiballs zur Expansion gebracht, so zeigt sich eine beinahe vollständige Verdunkelung des Lichtflecks bzw. dichte Nebelschwaden. Nach mehrmaliger Expansion wird der Vernebelungseffekt langsam schwächer, da mit jedem Versuch ein Teil der geladenen Nebeltröpfchen sich an der Wand des Expansionsraumes absetzt. Die Bildung des Nebels hängt wesentlich von der Schnelligkeit der Expansion ab. Läßt man den zusammengedrückten Gummiball nur langsam los, so ist, da der Vorgang nun nicht mehr adiabatisch erfolgt, die Nebelbildung entsprechend schwächer.

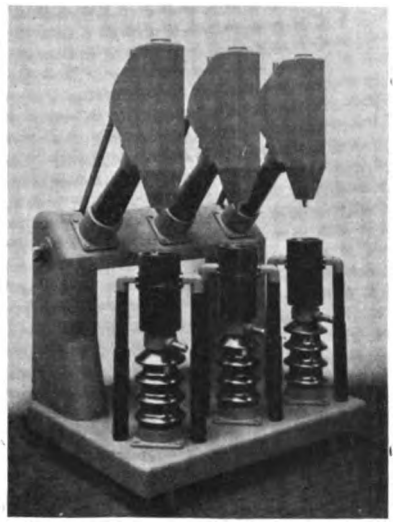


Abb. 17. Expansionsschalter 30 kV, 600 A.

Dieses Experiment lehrt folgendes: Bei Druckabfall in gesättigtem Wasserdampf lagern sich den elektrisch

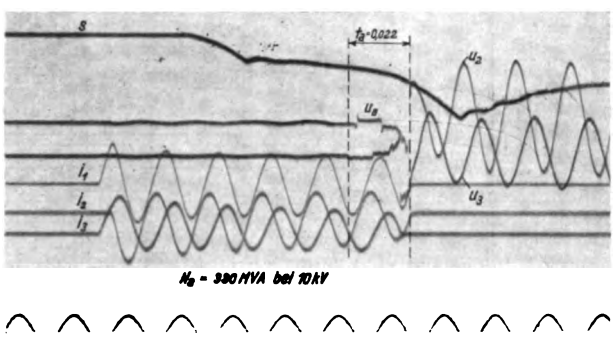


Abb. 18. Oszillographische Aufnahme des Abschaltvorganges.

geladenen Teilchen (Elektronen und Ionen) Flüssigkeitsmoleküle an. Vermutlich wird sich der Vorgang so abspielen, daß die geladenen Teilchen bei ihrer Bewegung

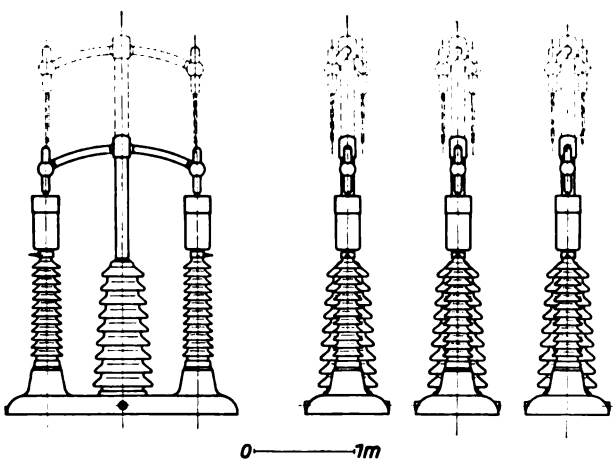


Abb. 19. Expansionsschalter 100 kV.

auf Flüssigkeitsmoleküle auftreffen und von diesen festgehalten werden. Durch energetische Betrachtungen läßt sich dann zeigen, daß diese Gebilde das Bestreben haben, ihre Oberfläche durch Anlagerung weiterer Moleküle zu vergrößern, so daß dann in kurzer Zeit die sichtbaren Nebeltröpfchen entstehen. Abb. 12 zeigt die Anlagerung von drei Wassermolekülen an ein Elektron. Dadurch wird die Masse des Elektrons rund auf den 100 000fachen Wert erhöht. Wir erkennen daher folgenden Zusammenhang:

Durch den Lichtbogen werden zwischen den Elektroden Ladungsträger in großer Menge erzeugt. Auch zur Zeit des Strom-Nulldurchgangs ist der gesamte Raum zwischen den Elektroden noch von Ladungsträgern erfüllt. Die nun einsetzende Expansion und Kondensation des Dampfes umhüllt die Ladungsträger mit Flüssigkeit und erhöht ihre Masse um das Tausend- bis Millionenfache[4]. Die zwischen den Elektroden auftretende wiederkehrende Spannung (vgl. Abb. 1 und 2) erzeugt ein elektrisches

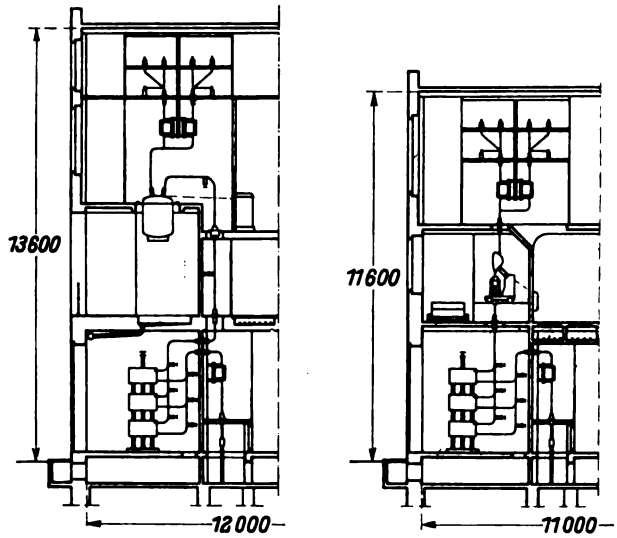


Abb. 20. Leitungsführung bei Schaltanlage mit Öl- und Expansionsschaltern.

Feld, welches Kräfte auf die geladenen Teilchen ausübt, die gegeben sind durch das Produkt aus Ladung und Feldstärke. Die Beschleunigung, welche die einzelnen geladenen Teilchen erfahren, hängt nun lediglich von der Masse dieser Teilchen ab. Diejenigen elektrischen Teilchen, an die sich noch keine Flüssigkeitsmoleküle angelagert haben, werden sich unter dem Einfluß der Feld-

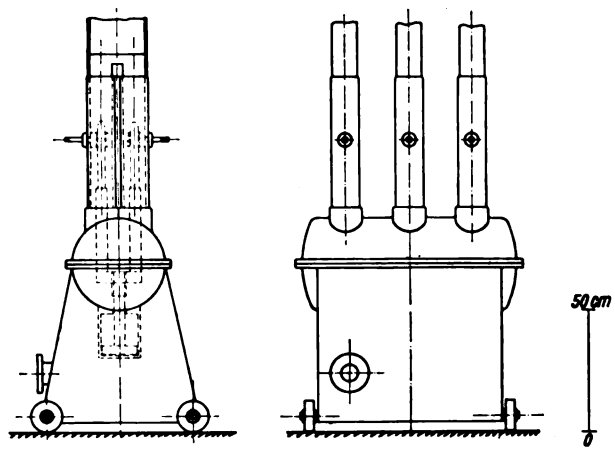


Abb. 21. Aufbau des SSW-Druckluftschalters.

stärke sehr rasch beschleunigen. Hingegen kann das elektrische Feld Partikelchen, wie sie in Abb. 12 schematisch angedeutet sind, kaum mehr beschleunigen, da wie erwähnt ihre Masse ungeheuer viel größer ist. Diese Teilchen werden daher praktisch zwischen den Elektroden stillstehen und sich nicht mehr weiter an dem Vorgang beteiligen. Wir erkennen klar, daß sich zwei Vorgänge überlagern. Durch die wiederkehrende Spannung entsteht zwischen den Elektroden ein elektrisches Feld, welches die unbeschwerten Teilchen beschleunigt, zum Zusammenstoß mit Molekülen bringt und damit durch Stoßionisation neue Ladungsträger erzeugt. Anderseits werden durch den Wilson-Effekt Teilchen verhaftet und daher unwirksam gemacht. Je nachdem ob nun die Neubildung von Teil-

[4] Diese Erklärung für die lichtbogenlöschende Wirkung der Dampfexpansion stammt von H. Gerdien. Weitere wertvolle Anregungen verdanke ich R. Holm und A. Lotz.

Digitized by Google

chen durch Stoßionisation überwiegt oder ob die Verhaftung durch Expansion und Kondensation von Dampf das Übergewicht erhält, wird der Lichtbogen wieder zünden oder erloschen bleiben. Nimmt man zunächst willkürlich an, daß die Zahl der mit Flüssigkeitsmolekülen behafteten Teilchen proportional mit dem Nässegehalt des Dampfes

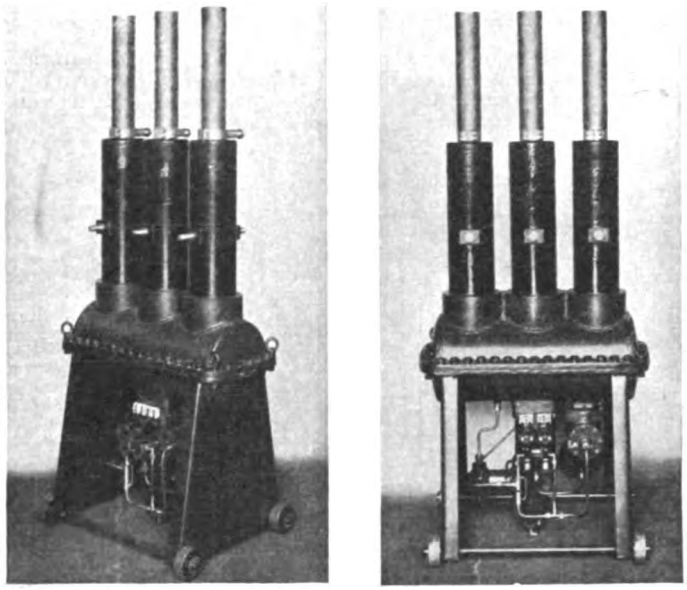


Abb. 22. Druckluftschalter 10 kV, 600 A mit einpoliger Unterbrechung.

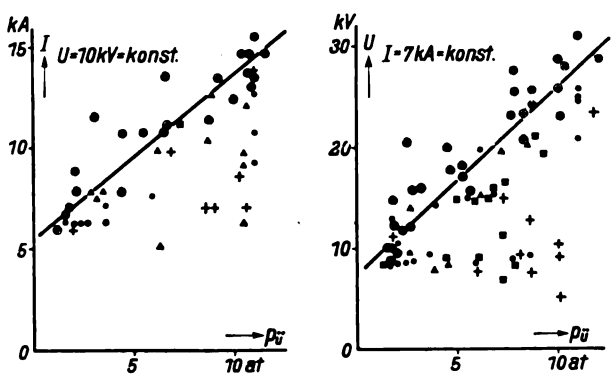
zunimmt und damit die Zahl der freien Teilchen proportional mit der Temperatur abnimmt, so geht die Stabilitätsbedingung (1) in nachstehende Form über:

$$-\frac{\partial n}{\partial t} - k' \frac{\partial u}{\partial t} > 0. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Gl. (11) sagt aus, daß zwischen dem Spannungsanstieg, der die Neubildung von Ladungsträgern durch Stoßionisation bedingt, und der Verhaftung von Ladungsträgern durch Kondensation ein gewisses Gleichgewicht bestehen muß. Der erste Spannungsanstieg kann auf Grund von Kathodenstrahl-Oszillogrammen näherungsweise durch folgendes Gesetz dargestellt werden:

$$u = U\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right). \quad \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

Gl. (11) sagt nun aus, daß das Abklingen der freien noch nicht mit Flüssigkeit behafteten Ladungsträger mit der gleichen Zeitkonstanten τ vor sich gehen muß wie der



○ Stehfeuer

Abb. 23. Löschkurven mit verschiedenen Kontaktarten.

Spannungsanstieg gemäß Gl. (12). Steigt die Spannung infolge induktiven oder kapazitiven Stromkreises sehr stark an, so muß das Abklingen der freien Ladungsträger mit entsprechender Geschwindigkeit erfolgen, da andernfalls die Neubildung der Ladungsträger überwiegt, durch Stoßionisation eine Lawinenbildung entsteht, welche unmittelbar in die Neuzündung des Lichtbogens überleitet.

In Abb. 13 ist der Spannungsverlauf als Exponentialfunktion aufgetragen. Der mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen festgestellte wahre Verlauf der Spannung (vgl. Abb. 30) ist gestrichelt eingezeichnet. Der abfallende Ast der Spannungskurve ist aber für den Zündungsvorgang im allgemeinen ohne Bedeutung. Die Zeitkonstante ist mit τ bezeichnet. Das Abklingen der freien Ladungsträger hat nun gemäß Gl. (11) ebenfalls nach einer Exponentialfunktion zu erfolgen, welche die gleiche Zeitkonstante τ aufweist (vgl. Abb. 13).

Die geschilderten Gedankengänge sind auf die allereinfachste Form gebracht worden. In Wirklichkeit werden die Zusammenhänge wesentlich komplizierter sein. Neben dem Wilson-Effekt wird in gewissem Umfange auch eine Absorption von Ladungsträgern an den Wandungen des Dampfraumes stattfinden, auch wird eine Wiederver-

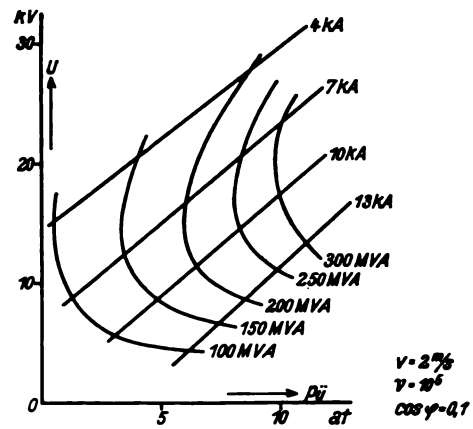


Abb. 24. Leistungskurven.

einigung auftreten, da die Temperatur insbesondere bei Ölschaltern während des Strom-Nulldurchgangs nicht sehr hoch ist. Anderseits wird eine Neubildung von Ladungsträgern nicht nur durch Stoßionisation, sondern auch durch Glühemission an den Elektroden hervorgerufen. Weiterhin ist klar, daß für den Vorgang nicht die Spannung das ausschlaggebende ist, sondern die Feldstärke. Sofern es sich aber um die bei Schaltapparaten gebräuchlichen Anordnungen handelt, wird immer ein relativ einfacher Zusammenhang zwischen Spannung und Feldstärke bestehen. Wir haben jedoch die Erfahrung gemacht, daß bei Löschkammern mit und ohne Metallarmatur die dadurch bedingten verschiedenen Werte der elektrischen Feldstärke von maßgebendem Einfluß auf die Neuzündung sind.

5. Der konstruktive Aufbau des Expansionsschalters.

An Abb. 14 ist ein Expansionsschalter für 10 kV, 600 A bei einer dreipolig gemessenen Abschaltleistung von 400 MVA dargestellt. Er besteht im wesentlichen aus einem winkelförmigen Traggestell aus Eisen, in dessen Fuß die drei Durchführungen eingesetzt sind, welche die Expansionskammern tragen. Die Kammern selbst entsprechen in ihrem Aufbau etwa denen der Abb. 4 c. Über der Expansionskammer liegt in einem Gehäuse, das durch einen Repelitstützer gehalten wird, die Geradführung. Sie ist über eine Isolierstange mit der Schaltwelle gekuppelt. Freilaufkupplung, Meldeschalter, Signalkontakte, Antriebe usw. wurden unverändert vom Ölschalter übernommen. In Abb. 15 ist der gleiche Schalter im Bild dargestellt, jedoch wurden die Expansionskammern nicht auf Durchführungen, sondern auf Stützer gesetzt. Zwei weitere Ausführungsformen zeigt Abb. 16, u. zw. ist links ein Expansionsschalter für Wandmontage dargestellt, dessen Aufbau sich an die bekannten Trennschalterkonstruktionen mit Schubbewegung anlehnt. Das Bild rechts zeigt einen 2000 A-Expansionsschalter mit Unterbrechungsstellen in der Expansionskammer und Hauptkontakten außerhalb der Expansionskammer. Die Steuerung ist so getroffen, daß beim Ausschalten zunächst die Hauptkontakte sich öffnen und dann die Unterbrechung in der Expansionskammer vor sich geht. Schließlich zeigt Abb. 17 einen Schalter für 30 kV, der in seinem Aufbau dem 10 kV-Schalter vollkommen entspricht. Die Vorgänge beim Abschalten zeigt das Oszillogramm der Abb. 18, u. zw. wurden dabei gemessen die drei Ströme i_1, i_2, i_3, die Lichtbogenspannungen u_B, welche den Strömen i_2 und i_3 entsprechen, sowie die wiederkehrenden Spannungen u_2 und u_3. Die 6. Schleife wurde zur Aufnahme der Bewegung s der Schaltwelle benutzt. Der erste steile Abfall dieser Kurve entspricht dem in dem Schalter vorgesehenen Totgang. Man erkennt, daß

Digitized by Google

die Abschaltung von 330 MVA bei 10 kV in 0,022 s erfolgte. Die Grenzzeiten, welche man mit Expansionsschaltern erreichen kann, liegen bei 0,01 s. Abb. 19 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines zur Zeit in Bau befindlichen Expansionsschalters für 100 kV. Sein wesentliches Merkmal besteht darin, daß zur Isolation zwischen den Phasen und zwischen den Polen nur Stützer verwendet werden. Die Betätigung der beweglichen Traverse erfolgt im allgemeinen durch eine Isolierflüssigkeit oder durch Preßluft. Dies hat den Vorteil, daß keinerlei isolierende Gestänge notwendig sind, welche besonders bei Freiluftanlagen leicht zu Isolationsfehlern führen können.

Der neuartige Aufbau des Expansionsschalters sowie der Umstand, daß keinerlei Feuer- und Explosionsgefahr mehr besteht, gestattet den Aufbau der Schaltanlagen wesentlich zu vereinfachen. Abb. 20 zeigt eindrucksvoll, wie durch die Verwendung von Expansionsschaltern an Stelle von Ölschaltern die Leitungsführung äußerst klar und somit auch betriebsicher durchgeführt werden kann. Diese klare Disposition bringt eine nicht unerhebliche Raumersparnis mit sich, wie aus den in Abb. 20 eingetragenen Hauptabmessungen der Schaltanlage hervorgeht. Hervorzuheben ist noch, daß durch das Fehlen jeglicher Schleifen die elektrodynamischen Wirkungen auf das bewegliche Kontaktorgan auf ein Minimum reduziert werden können, woraus folgt, daß die Schalter eine sehr hohe Einschaltfestigkeit aufweisen. In Abb. 20 ist zwischen Expansionsschalter und Bedienungsgang eine Wand dargestellt, an der Antriebe, Relais und Meßinstrumente montiert werden. Bei mehrgeschossigen Anlagen wird die Erstellung dieser Wand aus baulichen Gründen im allgemeinen notwendig sein, als Schutzmaßnahme ist sie nicht erforderlich, da der Expansionsschalter für das Bedienungspersonal keinerlei Gefahren darstellt. Man wird deshalb bei eingeschossigen Schaltanlagen diese Wand wegfallen lassen und dadurch noch weiter an Raum sparen können.

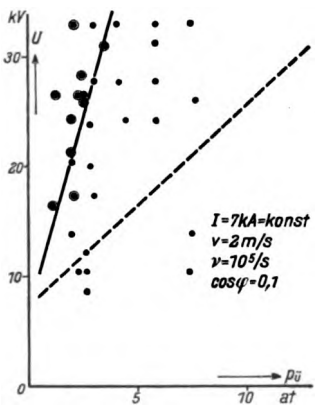


Abb. 25. Löschkurve bei ein- (— — —) und zweipoliger (———) Unterbrechung.

6. Gegenüberstellung der Löschkurven des Druckluft- und Expansionsschalters.

Zum Schluß möchte ich noch kurz auf die Entwicklungsarbeiten der Siemens-Schuckertwerke auf dem Gebiete des Druckluftschalters eingehen. Während der letzten 2½ Jahre haben wir das Problem des Druckluftschalters eingehend untersucht und sind auf Grund dieser Entwicklungsarbeiten schließlich zu der in Abb. 21 schematisch dargestellten Konstruktion gelangt. Der Druckluftschalter besteht im wesentlichen aus einem zylinderförmigen, horizontal liegenden Windkessel, der die 6 Blasrohre trägt, von denen, ähnlich wie beim Ölschalter, immer zwei zu einem Pol zusammengefaßt sind. Unterhalb des Windkessels befindet sich der Schaltzylinder mit den zugehörigen Steuereinrichtungen. Die beweglichen Schaltstücke sind Stifte, die in ihrer Ausbildung den Stiftkontakten bei Ölschaltern entsprechen. Sie sitzen isoliert auf einer Traverse, welche sich innerhalb des Windkessels bewegt. Die Stromzu- und -ableitung erfolgt durch Schleifkontakte, die Überbrückung der beiden Pole befindet sich am oberen Ende der Blasrohre. Eine photographische Aufnahme des Schalters, jedoch für einpolige Unterbrechung, zeigt Abb. 22.

Als bestes Kriterium für die Arbeitsweise eines Druckluftschalters haben wir die sog. „Löschkurven" erkannt. Diese Kurven trennen in Abhängigkeit des Druckes an der Unterbrechungstelle das Gebiet des Stehfeuers vom Gebiet des richtigen Arbeitens des Schalters. In Abb. 23 sind Löschkurven aufgetragen, u. zw. links für veränderlichen Strom bei konstanter Spannung und rechts für veränderliche Spannung bei konstantem Strom. Man erkennt, daß sich eine ziemlich eindeutige Scheidung der beiden Gebiete durch eine Gerade erzielen läßt. Um 15 kA bei 10 kV mit Sicherheit zu unterbrechen, sind demnach etwa 12 at erforderlich. Wesentlich in diesem Zusammenhang sind die übrigen Parameter, nämlich Ausschaltgeschwindigkeit, Eigenfrequenz und Phasenverschiebung. Nur unter Berücksichtigung dieser Größen ist ein Vergleich möglich. Die Kurven der Abb. 23 gelten für eine Unterbrechungsstelle pro Pol. Aus ihnen kann man die Kurvenschar der Abb. 24 ableiten, welche den Zusammenhang zwischen Abschaltleistung bei bestimmtem Strom und bestimmter Spannung und dem erforderlichen Druck darstellt. Man erkennt, daß zur Abschaltung von 300 MVA bei einer Spannung von etwa 12 kV ein Druck von 12 at nötig ist. Derselbe kann auf 10 at zurückgehen bei Abschaltungen mit einer Spannung von 20 kV. Interessant sind noch die Kurven der Abb. 25, welche einen Vergleich zwischen ein- und zweipoliger Unterbrechung ermöglichen, u. zw. gilt die gestrichelte Kurve für einpolige, die ausgezogene für zweipolige Abschaltung. Man erkennt, daß bei einer Unterbrechungstelle 7 kA bei 30 kV mit einem Druck von etwa 12 at bewältigt werden können, während sich der gleiche Strom bei der gleichen Spannung, jedoch mit Zweifachunterbrechung bei etwa 4 at bewältigen läßt, d. h. also, bei Übergang auf zwei Unterbrechungsstellen pro Pol kann man die gleiche Leistung mit weniger als dem halben Druck abschalten. Diese Erkenntnis war für uns ausschlaggebend dafür, daß wir den Schalter gemäß Abb. 21 mit zwei Unterbrechungsstellen pro Pol ausrüsteten. Die kleine Komplikation wird durch gedrängten Aufbau und geringere Außenabmessungen bei größerer Ausschaltleistung mehr als aufgewogen.

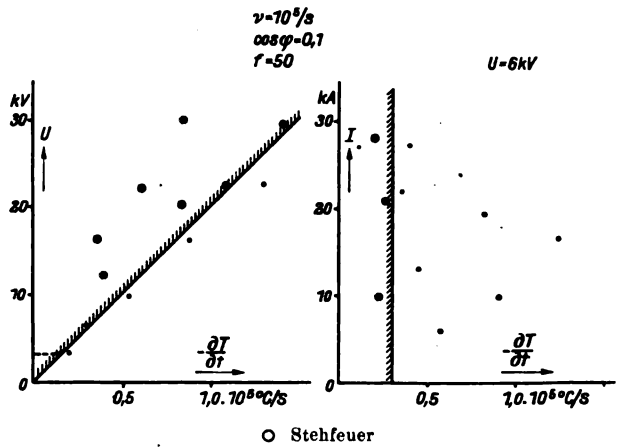


Abb. 26. Löschkurven des Expansionsschalters.

Abb. 26 zeigt schließlich die Löschkurven des Expansionsschalters. Als maßgebende Größe tritt nun nicht der Druck, sondern das Temperaturgefälle auf. Wir erkennen, daß mit zunehmender Betriebspannung ein immer größeres, u. zw. praktisch proportional anwachsendes Temperaturgefälle notwendig ist, um eine sichere Löschung des Lichtbogens zu erzielen. Bezüglich der Spannung gleichen sich die Löschkurven des Druckluft- und Expansionsschalters; hingegen zeigt die Abhängigkeit vom Strom einen grundsätzlich anderen Verlauf. Ganz unabhängig davon, ob 5 oder 30 kA abgeschaltet werden, ist immer nur dasjenige Temperaturgefälle erforderlich, welches der zugehörigen Versuchspannung, in diesem Fall 6 kV, entspricht. Selbstverständlich muß auch hier berücksichtigt werden, bei welcher Eigenfrequenz, Phasenverschiebung und Betriebsfrequenz die Versuche durchgeführt wurden. Ein Vergleich zwischen den Löschkurven des Druckluft- und Expansionsschalters zeigt, daß bei Druckluftschaltern gewisse Schwierigkeiten bei Bewältigung großer Ströme zu erwarten sind, während der Expansionsschalter ein sehr genaues Studium der Vorgänge verlangt, sofern er für höhere Spannungen entwickelt wird.

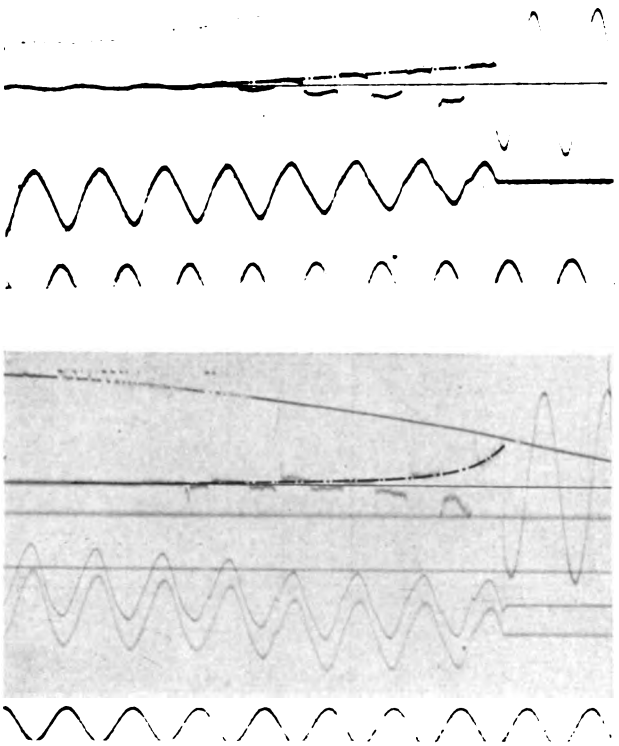
7. Anwendung des Grundgesetzes auf die verschiedenen Flüssigkeitsschalter.

Wir gehen nun dazu über, das Grundgesetz (1) auf normale Öl- und Löschkammerschalter anzuwenden. Dabei werden wir erkennen, daß durch entsprechende Umformung des Grundgesetzes alle die Eigenschaften der Ölschalter, welche man schon seit Jahren kennt, eine in jeder Beziehung befriedigende Erklärung finden. Es ist sogar möglich, unter einfachsten Annahmen eine Formel für die Lichtbogendauer eines normalen Ölschalters abzuleiten, welche sämtliche Abhängigkeiten richtig wiedergibt.

In Abb. 27 sind zwei Oszillogramme eines ziemlich schlechten Ölschalters dargestellt. Während man früher aus den oszillographischen Aufnahmen des Abschaltvor-

Digitized by Google

ganges vor allem die Lichtbogendauer, die Abschaltarbeit, den Druck usw. herauslas und sich über den verschiedenartigen Verlauf der treppenförmig zunehmenden Lichtbogenspannung kaum Gedanken machte, werden wir im folgenden erkennen, daß der Verlauf der Lichtbogenspannung im ganzen und innerhalb einer Halbwelle von prinzipieller Bedeutung für den Abschaltvorgang ist. Die beiden Oszillogramme der Abb. 27 unterscheiden sich vornehmlich dadurch, daß im einen Fall die Lichtbogenspannung praktisch linear zunimmt, während im zweiten Fall (vgl. Abb. 27 b) die Lichtbogenspannung während der ersten 6 Halbwellen annähernd konstant ist, von da ab jedoch rasch ansteigt. Die strichpunktierte Linie, welche



b

Abb. 27. Linear (a) und exponentiell (b) ansteigende Lichtbogenspannung.

sich durch Umklappung der negativen Halbwellen der Lichtbogenspannung ergibt, läßt sich wie folgt mathematisch darstellen:

$$u_B = B\left(e^{\varepsilon t} - 1\right). \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Aus Gl. (13) geht hervor, daß wir den Verlauf der Lichtbogenspannung durch eine Exponentialfunktion annähern, u. zw. geht die Annäherungskurve durch drei Punkte der strichpunktierten Linien in Abb. 27. Der Exponent ε ist im wesentlichen bestimmt durch die Steilheit des Anstieges der Lichtbogenspannung während der letzten Halbwellen.

Wir untersuchen nun, welchen Einfluß der Anstieg der Lichtbogenspannung auf den Verlauf der Lichtbogenleistung hat. In Abb. 28 ist links eine linear ansteigende, rechts eine exponentiell ansteigende Lichtbogenspannung aufgezeichnet, während der Strom i in beiden Fällen den gleichen Verlauf aufweist. Durch Multiplikation der zusammengehörigen Werte von u_B und i erhält man die Leistungskurven. Uns interessiert nun vor allem der Leistungsverlauf während des Strom-Nulldurchganges; derselbe läßt sich darstellen durch die Tangente an die Leistungskurven. Durch Vergleich erkennen wir, daß der Winkel α_1 wesentlich kleiner ist als der Winkel α_2, denn $\operatorname{tg}\alpha_1/\operatorname{tg}\alpha_2 = 1{,}9/4{,}3 = 0{,}44$, d. h. das Leistungsgefälle im Falle exponentiell ansteigender Lichtbogenspannung ist annähernd 2½mal so groß. Betrachtet man nun eine größere Zahl von Oszillogrammen, so wird man fast ausnahmslos erkennen, daß der Lichtbogen immer dann erloschen bleibt, wenn die letzte Halbwelle der Lichtbogenspannung stark ansteigt. Die Erklärung für diese zunächst eigenartige Erscheinung gibt uns Abb. 29, welche darüber hinaus die gesamten Zusammenhänge, die für die Arbeitsweise eines Ölschalters von Wichtigkeit sind, in einer Klarheit vermittelt, wie sie bis dahin nicht bekannt war. Zunächst wurde oszillographisch der Verlauf des Stromes i und der Lichtbogenspannung u_B aufgenommen (vgl. Abb. 29a) und daraus in bekannter Weise der Leistungsverlauf ermittelt. Für die weiteren Betrachtungen interessiert uns jedoch weniger der Leistungsverlauf als das Leistungsgefälle — dN/dt während des Strom-Nulldurchganges. Aus Abb. 29b erkennt man, daß die Lichtbogenlöschung bei einem Leistungsgefälle von 75 MW/s erfolgte. Nun gehen wir einen Schritt weiter und überlegen, welchen Einfluß die periodisch schwankende Leistung auf den Druck in der Gasblase ausüben muß. Es ist ohne weiteres klar, daß der veränderlichen Leistungszufuhr ein mit der gleichen Frequenz periodisch schwingender Druck entsprechen muß. Die genaue rechnerische Verfolgung der Zusammenhänge ist äußerst kompliziert, da in die Grund-Differentialgleichung nicht nur Erwärmung, Abkühlung, Strahlung usw. eingehen, sondern noch Verdampfungs- und Kondensationseffekte, Zersetzungs- und Ionisations-

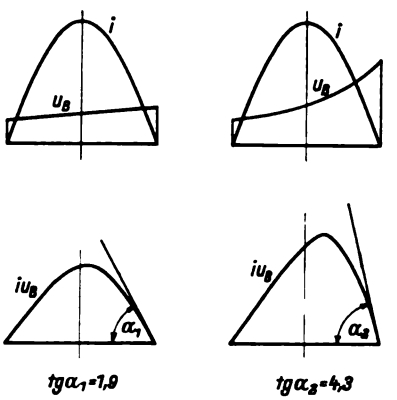


Abb. 28. Einfluß der Lichtbogenspannung auf das Leistungsgefälle.

vorgänge. Trotzdem erscheint es plausibel, daß der Vorgang in der Gasblase eine enge Verwandtschaft mit dem Problem einer mit Wechselstrom gespeisten Glühlampe aufweist. Dieses Problem ist mehrfach untersucht worden[5] und hat als wesentlichstes Ergebnis, welches ziemlich unabhängig von der Art der Abkühlung sich ergibt, daß zwischen Leistungs- und Intensitätsschwankung eine Phasenverschiebung von praktisch 90° besteht, u. zw. nähert sich diese Phasenverschiebung mit zunehmender Amplitude der Leistungschwankung immer mehr dem Wert 90°. In unserem Fall entspricht der Intensitätsschwankung zunächst direkt die Temperaturschwankung. Diese steht aber für gesättigten Dampf — und nur das Verhalten dieses Dampfes interessiert uns — in eindeutigem Zusammenhang mit dem Druck. Aus der oszillographisch aufgenommenen Druckkurve in Abb. 29c geht hervor, daß die Druckschwankung die gleiche Periodenzahl, nämlich 100 Hz, wie die Leistungschwankung aufweist und daß die Druck- der Leistungschwankung um annähernd 90° nacheilt. Mit Hilfe der eingezeichneten Tangenten an die Druckkurve im Moment des Strom-Nulldurchganges (vgl. Abb. 29c) ergibt sich der Verlauf des Druckgefälles — dp/dt. Von der Kurve des Druckgefälles gelten jedoch nur die stark ausgezogenen Werte während des Strom-Nulldurchganges. Wir lesen aus Abb. 29 c ab, daß die Lichtbogenlöschung bei einem Druckgefälle von 570 at/s erfolgte. Der Verlauf des Temperaturgefälles in Abb. 29 d stimmt im wesentlichen mit dem Druckgefälle überein; als kritisches Temperaturgefälle wurde ein Wert von 15 000 ° C/s ermittelt.

Aus Abb. 29a ... d lesen wir nun folgende Zusammenhänge mit absoluter Klarheit ab. Durch Auseinanderziehen der Elektroden steigt die Lichtbogenspannung an. Dem Anstieg der Lichtbogenspannung entspricht eine periodisch mit doppelter Frequenz zunehmende Leistung. Insbesondere steigt mit länger werdendem Lichtbogen das Leistungsgefälle während des Strom-Nulldurchganges. Dies bedingt, daß das Druckgefälle und damit der Kondensationseffekt infolge adiabatischer Expansion ebenfalls mit zunehmender Lichtbogenlänge zunehmen, u. zw. so lange, bis der Kondensationseffekt gegenüber der Neubildung von Ladungsträgern überwiegt. In diesem Moment findet

[5] Corbino, Phys. Z. Bd. 11, S. 413. Josephine Kurth, Arch. El. Bd 23, S. 124.

Digitized by Google

dann die endgültige Löschung des Lichtbogens statt, da das Grundgesetz (1) erfüllt ist, indem das Temperaturgefälle $-\mathrm{d}T/\mathrm{d}t$ größer geworden ist als $k \cdot \mathrm{d}u/\mathrm{d}t$. Wir erkennen weiter folgenden prinzipiellen Unterschied gegenüber dem Luftschalter. Die Verlängerung des Lichtbogens ist einzig und allein dazu erforderlich, um das kritische Temperaturgefälle in der Gasblase zu schaffen.

Wir gehen nun dazu über, durch eine ganz einfache überschlägliche Rechnung eine Formel für die Lichtbogendauer abzuleiten, indem wir im Grundgesetz (1) das Temperaturgefälle und Spannungsgefälle einsetzen. Den Strom i denken wir uns als sinusförmige Funktion gemäß nachstehendem Gesetz gegeben:

$$i = I \sin \omega t. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

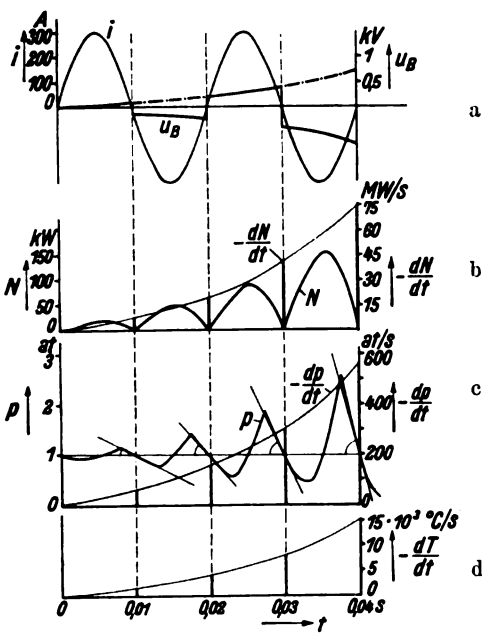


Abb. 29. Elektrische und thermodynamische Vorgänge im Ölschalter während der Abschaltung.

Die Lichtbogenspannung setzen wir gemäß Gl. (13) ein und erhalten dann für den Verlauf der Lichtbogenleistung folgendes Gesetz:

$$N = u_B i = B\left(e^{\varepsilon t} - 1\right) I \sin \omega t, \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

aus dem sich das Leistungsgefälle während des ersten Strom-Nulldurchganges wie folgt ergibt:

$$\frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t} = B I \left[\left(e^{\varepsilon t} - 1\right) \omega \cos \omega t + \varepsilon e^{\varepsilon t} \sin \omega t\right]; \quad (16)$$

für $t = 0{,}01$ s:

$$\left(\frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t}\right)_{t=0{,}01} = -B I \omega \left(e^{\varepsilon \cdot 0{,}01} - 1\right). \quad \ldots \quad (17)$$

Nun machen wir die Annahme, zu der wir auf Grund der experimentellen Messungen gemäß Abb. 29 berechtigt sind, daß das Temperaturgefälle während des Strom-Nulldurchganges proportional dem Leistungsgefälle ist. Diese Beziehung wird nicht streng richtig sein, aber sicher ist, daß das Temperaturgefälle wenigstens annähernd proportional mit dem Leistungsgefälle zunimmt. Damit erhält man:

$$\left(\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t}\right)_{\omega t = g\pi} \approx c \frac{\mathrm{d}N}{\mathrm{d}t} = -c B I \omega \left(e^{\frac{\varepsilon g \pi}{\omega}} - 1\right), \quad (18)$$

worin g eine ganze Zahl bedeutet.

Bezüglich des Spannungsanstieges ist zu beachten, daß derselbe im wesentlichen durch Amplitude und Eigenfrequenz des Stromkreises bestimmt ist. Setzt man diesen Schwingungsvorgang als exponentiell abklingende Sinusfunktion an, so erhält man

$$u = (U \sin \varphi)\, e^{-\alpha t} \sin \nu t. \quad \ldots\ldots \quad (19)$$

Durch Differentiation ergibt sich der Spannungsanstieg zu

$$\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t} = (U \sin \varphi)\left[\nu e^{-\alpha t} \cos \nu t - \alpha e^{-\alpha t} \sin \nu t\right]$$
$$= \left(U \sin \varphi\, e^{-\alpha t}\right) \sqrt{\nu^2 + \alpha^2} \cos (\nu t - \psi). \quad \ldots \quad (20)$$

Bei kleiner Dämpfung kann der Spannungsanstieg näherungsweise zu

$$\left(\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}\right)_{\max} = \nu U \sin \varphi \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

angenommen werden. Setzt man nun die Werte für das Temperaturgefälle gemäß Gl. (18) und Spannungsgefälle Gl. (21) in Gl. (1) ein, so erhält man

$$+ B I \omega \left(e^{\varepsilon t_a} - 1\right) - k \nu U \sin \varphi = 0. \quad \ldots \quad (22)$$

Löst man diese Gleichung nach t_a auf, so ergibt sich schließlich die gesuchte Relation für die Lichtbogendauer eines normalen Ölschalters:

$$e^{\varepsilon t_a} = \frac{k \nu U \sin \varphi}{B I \omega} + 1,$$

und mit $\omega = 2\pi f$:

$$t_a = \frac{1}{\varepsilon} \ln \left(1 + \frac{k' \nu U \sin \varphi}{f I}\right). \quad \ldots\ldots \quad (23)$$

Betrachten wir zunächst den Klammerausdruck, so sagt derselbe aus, daß die Lichtbogendauer mit zunehmender Spannung U ebenfalls zunimmt, eine Tatsache, welche durch das Experiment mehrfach bestätigt wurde. Sie sagt aber auch aus, daß die Zunahme der Lichtbogenspannung nicht etwa proportional mit der Spannung, sondern langsamer erfolgt, was ebenfalls in Einklang mit der Erfahrung steht. Gleich groß ist der Einfluß der Eigenfrequenz ν, d. h. somit, die Lichtbogenspannung bleibt gleich, sofern das Produkt νU konstant ist. Würde man die Spannung auf die Hälfte bringen und die Eigenfrequenz auf den doppelten Betrag, so müßte sich die gleiche Lichtbogendauer ergeben, sofern die übrigen Größen in Gl. (23) konstant bleiben.

Macht man die Phasenverschiebung $\varphi = 0$, so wird die Lichtbogendauer ebenfalls Null. Dies stimmt mit der Erfahrung überein, denn bei ohmschen Stromkreisen brennt der Lichtbogen im allgemeinen höchstens eine Halbwelle. Interessant ist der Einfluß der Betriebsfrequenz. Ist ein Schalter z. B. für eine Frequenz 50 Hz dimensioniert und wird er an ein Netz mit 16⅔ Hz angeschlossen, so bleibt im allgemeinen der Lichtbogen stehen. Erst durch Anwendung von Vielfachunterbrechung (dies entspricht einer Vergrößerung von ε) gelingt es, den Schalter auch für eine Frequenz von 16⅔ Hz brauchbar zu machen. Mit zunehmendem Strom I wird die Lichtbogendauer kleiner und kleiner, was ebenfalls mit der Erfahrung übereinstimmt. Gl. (23) sagt jedoch aus, daß für sehr kleine Ströme die Lichtbogendauer schließlich unendlich groß werden müßte. In Wirklichkeit findet man jedoch ein Maximum der Lichtbogendauer bei relativ kleinen Strömen, bei noch kleineren Strömen nimmt die Lichtbogendauer wieder ab. Dies rührt vermutlich daher, daß dann die Lichtbogenlöschung einem anderen Effekt zuzuschreiben ist. Vermutlich schließt sich dann eine Ölschicht zwischen den Kontakten, welche von der wiederkehrenden Spannung nicht mehr durchschlagen werden kann. Versuche mit gut leitendem Elektrolyten als Löschflüssigkeit zeigen, daß für diese Gl. (23) streng gilt, denn mit abnehmendem Strom wird schließlich die Lichtbogendauer unendlich groß. Der Umkehrpunkt ist somit der isolierenden Eigenschaft des Öles zuzuschreiben und kann deshalb von Formel (23) nicht wiedergegeben werden.

Wir kommen schließlich noch zur Diskussion der Größe ε. Dieselbe hängt ab von der Ausschaltgeschwindigkeit, der Unterbrechungszahl und der magnetischen Eigenblasung, welche ihrerseits wieder von der Größe des Stromes abhängig ist. Wir erkennen, daß ein großer Wert von ε, d. h. große Ausschaltgeschwindigkeit, Vielfachunterbrechung und großer Strom die Lichtbogendauer herabsetzen, was ebenfalls in Übereinstimmung mit der Erfahrung ist.

Obwohl die Formel (23) unter den primitivsten Annahmen abgeleitet wurde, vereinigt sie dennoch alle Größen in sich, von denen wir auf Grund unserer experimentellen Untersuchungen wissen, daß sie einen Einfluß auf die Lichtbogendauer haben. Weiterhin haben wir gesehen, daß diese Formel gestattet, in großen Zügen den Einfluß jeder einzelnen Größe richtig zu verfolgen. Es wird Gegenstand einer besonderen Untersuchung sein, diese Formel durch exaktere Ableitung zu verfeinern und quantitativ mit dem experimentellen Ergebnis zu vergleichen. Auf alle Fälle stellt sie in der vorliegenden Form bereits eine große Stütze unseres Grundgesetzes (1) dar.

Digitized by Google

Für die Nachprüfung dieser Formel ist zu beachten, daß die Größe des Spannungsanstieges einen prinzipiellen Einfluß hat, und diese Größe ist bis heute noch nie in eindeutiger Weise berücksichtigt worden, denn sie läßt sich richtig nur mit Hilfe eines Kathodenstrahl-Oszillographen ermitteln. Deshalb ist auch ein Vergleich von Formel (23) mit dem Versuch ziemlich schwierig. Die erste derartige oszillographische Aufnahme mit Hilfe des Kathodenstrahl-Oszillographen zeigt Abb. 30. Man erkennt in der Lichtbogenspannung am Ende der zweitletzten Halbwelle eine feine Spitze. Dieselbe ist durch den Kathodenstrahl-Oszillographen auseinandergezogen worden und stellt nun eine sehr stark gedämpfte Sinusschwingung dar. Der Spannungsanstieg ist durch die eingezeichnete Tangente näherungsweise dargestellt. Ein Vergleich dieses Spannungsanstieges mit dem rechnerisch ermittelten ergibt, daß er um mehr als eine Größenordnung kleiner ist. Es war uns bis heute nicht möglich, diese Abweichung in eindeutiger Weise aufzuklären. Interessant ist in Abb. 30, daß sich die feinen Zacken der letzten Halbwelle der Lichtbogenspannung im Kathodenstrahl-Oszillogramm in eine sägeförmige Kurve auflösen.

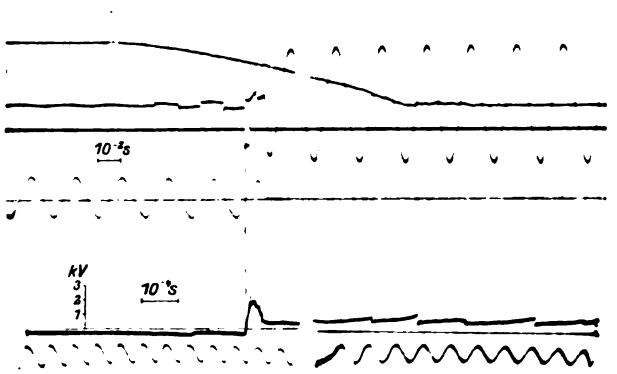


Abb. 30. Kathodenstrahl-Oszillogramm der Lichtbogenzündung.

Als Abschluß der Betrachtungen über den Ölschalter möchte ich noch eine Konsequenz von Formel (23) angeben, welche für das Verhalten von Dreikesselschaltern von Wichtigkeit ist. Es war bisher auf Grund der Überlegung von Brühlmann üblich, die Schaltleistung eines Dreikesselschalters doppelt so groß anzusetzen wie diejenige eines seiner Pole. Diese Schlußfolgerung ergibt sich rein formal aus der Schaltleistungsdefinition, irgendwelche physikalische Bedeutung kommt ihr nicht zu.

Gl. (23) sagt nun aus, daß nicht die Spannung, sondern der Spannungsanstieg maßgebend für die Neuzündung ist. Man findet aber, daß der Spannungsanstieg bei einpoligen und dreipoligen Versuchen sich nur um etwa 13 %, u. zw. zugunsten der Dreikesselanordnung unterscheidet. Danach folgt, daß die Lichtbogendauer der Dreikesselanordnung gleich sein muß wie bei der Einkesselanordnung. Der Strom ist voraussetzungsgemäß ebenfalls gleich, woraus dann unmittelbar folgt, daß ein Dreikesselschalter die dreifache Leistung eines seiner Pole aufweist, oder umgekehrt gesagt: hat ein Dreikesselschalter z. B. eine Abschaltleistung von 600 MVA, so kann ein Pol davon nur ⅓, d. h. 200 MVA bewältigen, während er bei 300 MVA im allgemeinen zerstört würde. Daß dieses Ergebnis mit der Erfahrung übereinstimmt, zeigt Abb. 31. Die runden Punkte entsprechen Versuchen mit einem Dreikesselschalter, wobei alle drei Kessel beansprucht wurden, die Kreuze entsprechen hingegen Versuchen mit einem Pol dieses Schalters, wobei die erzielten Abschaltleistungen mit drei multipliziert wurden. Man erkennt, daß ein stetiger Übergang zwischen den dreipoligen und einpoligen Versuchen besteht[6].

In diesem Zusammenhang findet auch der Vorgang in Löschkammerschaltern eine eindeutige Erklärung. Nach Trennung der Kontakte wird ein Teil des Öles verdampft. Im Moment, wo der bewegliche Schaltstift den Kammerboden verläßt, erfolgt eine plötzliche Expansion der in der Löschkammer enthaltenen Gase und Dämpfe, wodurch ein Kondensationseffekt zustande kommt, der in ähnlicher Weise zu einer Elektronenverhaftung führt. Wir erkennen, daß die Form der Bodenöffnung von äußerster Wichtigkeit für das Verhalten der Löschkammer ist. Macht man die Öffnung zu groß im Vergleich zum Stiftquerschnitt, so kann sich kein nennenswerter Druck in der Kammer entwickeln. Der Expansionseffekt tritt nur in unvollkommener Weise auf. Anderseits führt eine konisch nach unten sich erweiternde Bodenöffnung zu Mißerfolgen, da dann die Expansion nicht plötzlich, sondern allmählich vor sich geht, so daß der erwünschte Effekt ebenfalls nicht zutage tritt. Eine zu kleine Öffnung ergibt unnötig hohe Drücke in der Löschkammer. Man arbeitet dann in dem horizontal verlaufenden Teil der Kurve in Abb. 10 und erreicht trotz des hohen Druckgefälles nur einen relativ schlechten Effekt. Eine Nachprüfung der früher veröffentlichten Zusammenhänge ergibt vollständige Übereinstimmung mit den inzwischen gefundenen Gesetzmäßigkeiten. Wir erkennen daher, daß das Grundgesetz auch das Verhalten des Löschkammerschalters eindeutig erklärt.

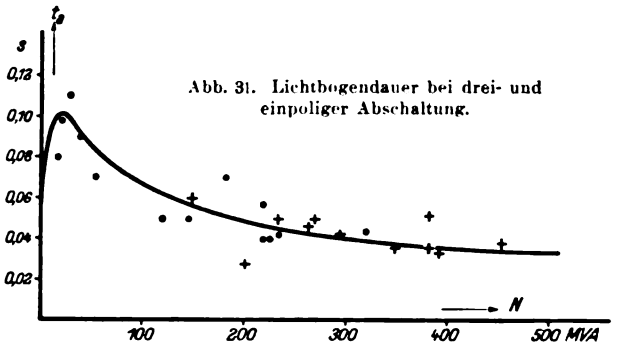


Abb. 31. Lichtbogendauer bei drei- und einpoliger Abschaltung.

Die in den Abschnitten 1 ... 7 gewonnenen Erkenntnisse lassen sich schließlich wie folgt zusammenfassen:

Die Frage, ob ein Wechselstromlichtbogen, der in einer Flüssigkeit brennt, nach Erreichen des Strom-Nulldurchgangs neu zündet oder erloschen bleibt, wird durch das Stabilitätskriterium (1) beantwortet. Da in Gl. (1) nur die Dampftemperatur und die wiederkehrende Spannung bzw. Feldstärke auftreten, folgt daraus, daß der Löscheffekt nicht, wie bisher vermutet wurde, an die isolierende Eigenschaft der Schaltflüssigkeit gebunden ist, sondern lediglich dem auftretenden Wilson-Effekt zugeschrieben werden muß. Diese Erkenntnis führte unmittelbar auf den Expansionsschalter. Damit hat der Löschvorgang in Flüssigkeiten und insbesondere auch die Wirkungsweise der Ölschalter eine befriedigende theoretische Erklärung gefunden.

Probleme und Perspektiven der englischen Elektroindustrie.

Von **A. Friedrich**, Berlin.

Übersicht. Die British Electrical and Allied Manufacturer's Association (Beama) hat vor kurzem einen umfangreichen Bericht über alle die britische Elektroindustrie angehenden nationalen und internationalen Fragen veröffentlicht[1]. Das mit reichem, wenn auch oft einseitig zusammengestelltem Material ausgestattete Buch ist nicht nur wegen seiner Angaben über die englische elektrotechnische Fabrikation, den englischen Außenhandel, die Entwicklung der Produktionskosten und Preise, sondern auch wegen der Darstellung von Problemen internationalen Charakters für die deutsche Wirtschaft von Wichtigkeit: Entwicklung des internationalen Wettbewerbs, Bedeutung der speziellen Elektrizitätsfinanzierungsgruppen für den Export, die angeblich den Weltmarkt ruinierende Auswirkung der deutschen Reparationssachlieferungen usw.

Der vorliegende Bericht der Beama entspricht in seinen Einstellungen und Forderungen durchaus der Lage, in der sich gegenwärtig die englische elektrotechnische Industrie befindet. Dem verhältnismäßig raschen Aufblühen ihrer Produktion und Ausfuhr in den Kriegs- und ersten Nachkriegsjahren folgte bekanntlich eine Periode, die im Gegensatz zu den meisten anderen Industrieländern stagnationsähnlich war. Während von 1913 bis 1925

[6] Dieser Zusammenhang ist durch neuere Versuche mehrfach bestätigt worden. Ob man diese Erkenntnis nun allgemein zur Anwendung bringt oder aus Sicherheitsgründen nur mit dem zweifachen Wert der Einkesselleistung rechnet, hat mit der gewonnenen Tatsache an sich nichts zu tun. Meiner Ansicht nach ist dies lediglich eine Gewissensangelegenheit, denn der betreffende Fabrikant muß im einen wie im anderen Fall die volle Verantwortung für die angegebene Schaltleistung übernehmen.

[1] „The Electrical Industry of Great Britain: Organization, Effeciency in Production and World Competitive Position". Beama Publication Department. London 1929, 235 S. in 4°. Preis 2 £ 2 s.

Digitized by Google

die britische Elektroausfuhr von 157,4 auf 356,5 Mill RM stieg, wuchs sie bis 1928 nur noch auf 377,6 Mill RM, so daß der britische Anteil an der Weltausfuhr sich von 1925 bis 1928 von 25,2 auf 20,2 % verminderte. Auch das Jahr 1929 brachte nur eine verhältnismäßig geringe Zunahme auf 398,5 Mill RM, der Weltanteil dürfte daher weiterhin gesunken sein. Anderseits stieg jedoch die Einfuhr nicht nur verhältnismäßig, sondern auch den absoluten Ziffern nach in größerem Ausmaß: von 104,5 Mill RM in 1925 und 97,5 Mill RM in 1926 auf 126,9 Mill RM in 1928 und 171,4 Mill RM im Jahr 1929. Deuten schon diese Außenhandelsergebnisse auf eine i. a. kaum gesteigerte internationale Wettbewerbsfähigkeit der englischen Elektroindustrie hin, so wird ihre kaum fortgeschrittene Gesamtentwicklung auch durch die folgenden, im Beama-Bericht mitgeteilten Produktionswertzahlen für einige Gruppen elektrischer Erzeugnisse beleuchtet (S. 23):

Produktion elektrischer und verwandter Maschinen und Apparate in Großbritannien (Mill £).

Jahr	Dampfturbinen, Kondensatoren, Pumpen usw.	Turbogeneratoren, Motoren, Transformatoren, motorgetriebene Geräte usw.	Kontroll- und Schaltvorrichtungen einschließlich Zubehör	Schalttafeln	Meßinstrumente	Insgesamt
1913	1,72	4,70	0,97	0,46	0,64	8,48
1920	2,72	11,60	2,90	1,36	1,74	20,32
1921	2,70	14,60	3,80	1,80	1,42	24,32
1922	2,20	7,50	2,40	1,10	1,20	14,40
1923	3,00	9,50	3,10	1,45	1,40	19,45
1924	3,50	11,29	3,54	1,66	1,65	21,64
1925	4,10	12,00	5,60	.	1,79	23,49
1926	5,10	12,20	5,70	.	1,79	24,79
1927	3,60	12,80	5,90	.	1,85	24,15
1928	4,40	11,60	6,10	.	1,70	23,80

Eine Gesamtangabe entsprechend dem Produktionszensus liegt nur für 1924 mit 75,0 Mill £ vor. Analog den erwähnten Ziffern wird im Beama-Bericht die weitere Gesamterzeugung geschätzt:

für 1925 auf 85,0 Mill £
„ 1926 „ 84,0 „ „
„ 1927 „ 86,0 „ „
„ 1928 „ etwas weniger als für 1927.

Dieser deutliche Stillstand, der im Gegensatz zur Produktionsentwicklung in Deutschland, den V. S. Amerika, den Niederlanden, Schweden usw. steht, ist in erster Linie eine Folge des verhältnismäßig zurückgebliebenen heimischen Marktes; sowohl hinsichtlich der industriellen Elektrisierung wie des Anschlusses von Haushaltungen an elektrische Leitungen steht England z. B. hinter den V. S. Amerika und Deutschland erheblich zurück. Infolgedessen wurden weder bei der Massenfabrikation von Motoren, Haushaltsartikeln u. dgl. noch bei der Herstellung neuer, immer größerer Generatoreinheiten, Starkstromkabel und -leitungen usw. entsprechende technische Fortschritte wie etwa in Deutschland oder den V. S. Amerika erzielt. Auch in der Gewinnentwicklung der elektrotechnischen Firmen spiegelt sich dieses Zurückbleiben wider. Der Beama-Bericht belegt die Entwicklung ab 1923 mit folgenden Ziffern: Von 1923 bis 1927 seien die Kapazität der elektrotechnischen Anlagen Großbritanniens um 67 %, die Arbeiterzahl um 38 %, der Umsatzwert um 22 % gestiegen, die Nettoeinnahmen der elektrotechnischen Gesellschaften jedoch um 18 % gesunken. Seit 1928 wird allerdings eine Belebung des englischen Marktes als Folge des umfassenden Elektrisierungsplans festgestellt, und die Forderung nach noch engeren Formen der Zusammenarbeit mit der englischen Elektrizitätswirtschaft entspringt den gemeinsamen Interessen beider Gruppen.

Die Frage der Finanzierung der Entwicklung des heimischen Marktes wie auch des überseeischen Bedarfs erscheint der Beama um so dringlicher, als nach ihrer Meinung „unter gegenwärtigen Umständen von den Emissionshäusern, Investmenttrusts und ähnlichen Instituten die ständige Unterstützung, die zur Entwicklung des heimischen wie des Ausfuhrgeschäfts erforderlich ist, nicht zu erwarten ist". Vielmehr sei der Ausbau der Methode, Elektrizitätswerke zu finanzieren, der zum Ziel führende Weg (S. 15).

Über die englischen Grenzen hinaus sind einige wichtige Entwicklungstendenzen zutreffend, die der Beama-Bericht hervorhebt: allmähliche Verschiebung des Schwergewichts innerhalb der elektrotechnischen Industrie von den schwereren zu den leichteren Erzeugnissen, größere Rentabilität in der letztgenannten Gruppe (kleinere Motoren, Haushaltsgeräte, Beleuchtungsmaterial, Schaltvorrichtungen usw.); wachsender Umfang der Auftragswerte im Bau von großen Generatoren und Transformatoren, wo infolge der ununterbrochenen technischen Weiterentwicklung eine Standardisierung nicht möglich ist; infolgedessen wachsender Kapitalbedarf und Tendenz zur Bildung von Konzernen, die alle Zweige der elektrotechnischen Fabrikation in sich vereinigen. Die in den letzten Jahren eingetretene starke Preissenkung je Kilowatt der stromerzeugenden Maschine hat zu einer Gewinnverminderung geführt, die durch Rationalisierung der Arbeit, Senkung des Gewichts je Einheit und andere Ersparnisse größtenteils ausgeglichen worden ist.

Der Beama-Bericht untersucht im einzelnen die Entwicklung der Produktionskosten und stellt eine Durchschnittsteigerung von 1913 bis 1927 in Höhe von 82 % fest. Im einzelnen sind nach der ausführlich gegebenen Aufrechnung gewachsen: die Materialkosten um 55, die menschlichen Arbeitskosten um 116, die Betriebs- und Handelsunkosten um 72, die Steuern um 530 % (S. 32). Der Versuch, hierfür internationale Vergleichsziffern zusammenzustellen, mußte jedoch schon angesichts der unzureichenden statistischen Unterlagen zu einem schiefen Ergebnis führen (S. 53):

Internationaler Vergleich der Produktionskosten 1928 (Großbritannien = 100).

	Großbritannien	Deutschland	Frankreich	Schweiz	Belgien
Materialkosten . . .	42,5	35,6	30,3	34,1	25,9
Löhne	28,5	22,0	16,8	20,5	12,6
Betriebs- und Handelsunkosten . . .	24,3	24,3	24,3	24,3	24,3
Steuern	4,7	2,0	1,7	2,0	1,4
Insgesamt	100,0	83,9	73,1	80,9	64,2

Offenbar sind z. B. die sozialen Ausgaben bei den Ziffern für Deutschland überhaupt nicht erfaßt[2]. Auch die Auswahl der untersuchten Länder ist charakteristisch: Für die V. S. Amerika, Kanada, Schweden und Holland werden vergleichende Angaben nicht gemacht. Offenbar sollen diese statistisch wenig fundierten Zahlen bestimmten innerpolitischen Zwecken dienen.

Die Ausfuhrentwicklung wird gründlich analysiert und vor allem der britisch-amerikanische Wettbewerb in überseeischen Gebieten mit interessantem Zahlenmaterial belegt. Mit Recht verweist der Beama-Bericht auf das fortgesetzte Vordringen amerikanischer Finanzierungsgruppen in die kanadischen, lateinamerikanischen und fernöstlichen Versorgungsunternehmungen, eine hauptsächlich zur Sicherung und Entwicklung von Märkten für elektrotechnische Erzeugnisse bestimmte Interessenausdehnung. Die Londoner Finanzgruppen haben sich statt dessen nach Meinung der Beama auf nicht mit Kontrollübernahme verbundene Obligationsauflegungen beschränkt. „Solche Emissionen bringen der britischen Industrie nicht nur keinen Gewinn, sondern bedeuten eine Prämie für die ausländische Konkurrenz. Sie sind den wirklichen Interessen der britischen Industrie und der Volkswirtschaft insgesamt genau entgegengesetzt" (S. 182). Wenn dann, um dies zu belegen, eine Zahlentafel aufgestellt wird, in der 24,95 Mill £ englische Investierungen in Form von Kommunal- und Staatsobligationen, privater Anleihen usw. einer Summe von 11,05 Mill £ gegenübergestellt werden, die auf britische Auslandselektrizitätsgesellschaften entfallen, so lassen sich für die Auslandsemission der V. S. Amerika zweifellos durchaus gleiche Gruppierungen vornehmen. Die hier zum Ausdruck gebrachte Tendenz kann nicht anders verstanden werden, als daß sich der Londoner Kapitalmarkt nur noch von Exportgesichtspunkten der englischen Industrie bestimmen lassen solle[3].

Besonders auffällig tritt eine einseitige Auffassung der Dinge bei Behandlung der deutschen Repara-

[2] Der Bericht nennt (S. 52) für 1927 als Steuerbelastung je Kopf in Deutschland 8 £ 4 s = 165 RM, was einer deutschen Gesamtbelastung von 11 Mrd RM entsprechen würde. Da zu den Reichssteuern (1927: 8491 Mill RM) noch die Gemeinde- und Ländersteuern, die Industriebelastung, die Reichsbahnbelastung, die Sozialabgaben usw. hinzuzurechnen sind, ergibt sich eine erheblich höhere Gesamtziffer. Bereits für 1925/26 betrug nach dem Statistischen Reichsamt der gesamte Finanzbedarf der öffentlichen Verwaltung 14 478 Mill RM = 232 RM je Kopf der Bevölkerung.

[3] Übrigens ist schon jetzt der Londoner Kapitalmarkt stärker als in der Vorkriegszeit fast ganz auf englische Bedürfnisse zugeschnitten. Von den 255,75 Mill £ englischer Kapitalemissionen des Jahres 1929 entfielen 159,40 Mill £ auf Großbritannien und 54,41 Mill £ auf die Dominien und Kolonien. Der Auslandsanteil betrug mit 39,94 Mill £ noch nicht 16%. Nach Deutschland gingen hiervon nur 5,38 Mill £ = 2,1% der Gesamtsumme.

Digitized by Google

tionssachlieferungen zutage, deren Bedeutung für die Entwicklung der deutschen Elektroausfuhr mit starken Farben ausgemalt wird (S. 100 ff). Der Bericht weist zunächst darauf hin, daß die Beama schon im August 1926[4] eindringlich vor den deutschen Reparationssachlieferungen gewarnt habe und es vom industriellen Standpunkt aus bei Transferschwierigkeiten und der Unvermeidbarkeit von Sachlieferungen besser sei, überhaupt auf die Reparationen zu verzichten. Die Zollbefreiung deutscher Sachlieferungen nach Frankreich wird als schwere Schädigung des internationalen Wettbewerbs bezeichnet. Von größeren französischen Projekten, an deren Durchführung deutsche Sachlieferungen beteiligt sind, werden vor allem aufgezählt: Die Kraftwerke Cure (6000 kW), Truyère (66 000 kW), Marèges (23 000 kW), Kembs (60 900 kW) und Vrach (11 000 kW) sowie die Elektrisierung französischer Eisenbahnstrecken; schon die Deckung auch nur eines Teils des Bedarfs in Form zollfreier Sachlieferungen verleihe den deutschen Unternehmern eine konkurrenzlos günstige Stellung. Die Einschränkung der Sachlieferungsquote im Youngplan wird daher als wichtiger Erfolg des britischen Widerstands bezeichnet (S. 106). Ohne diese Abänderung im Interesse der britischen Industrie „hätte der Youngplan die Einleitung einer ungeheuren Dumpingpolitik im Welthandel bedeutet, hätte auf einen Schlag alle vernunftgemäßen Lieferbedingungen vernichtet und auf die Dauer das Gleichgewicht des internationalen Wettbewerbs zerstört". Gegenüber diesen nicht ganz sachlichen Gedankengängen sei nur kurz auf den nüchternen Tatbestand hingewiesen. Von 1925 bis 1929 stieg die elektrotechnische Ausfuhr Deutschlands von 366,5 auf 638,2 Mill RM, d. h. um 271,7 Mill RM. Anderseits vermehrten sich die elektrotechnischen Sachlieferungen in dieser Zeit nur von 10,2 auf 34,6 Mill RM, d. h. um 22,4 Mill RM. Der weitaus größte Teil dieser Summe entfiel 1929 auf Frankreich, das insgesamt für 25,1 Mill RM deutsche Sachlieferungen (hiervon Telegraphie und Telephonie 4,8 Mill RM, Kabel 8 Mill RM, große elektrische Maschinen 3 Mill RM) aufnahm. Es bleiben somit für 1929 nur noch Sachlieferungen im Betrag von 9,5 Mill RM übrig, die sich auf alle übrigen Reparationsmärkte (französ. Kolonien, Belgien, Jugoslawien, Rumänien, Griechenland, Italien, Japan usw.) verteilt haben. Der Gesamtanteil der Sachlieferungen an der deutschen elektrotechnischen Gesamtausfuhr machte 1929 5,4 % aus. Wären wirklich die internationalen Märkte in der angegebenen Weise durch die Reparationslieferungen beunruhigt worden, so wären insbesondere die stark gesteigerten Ausfuhrziffern Schwedens, Hollands und der V. S. Amerika unerklärlich; der amerikanische elektrotechnische Export allein nach Europa konnte 1928/1929 von 20,8 auf 29,7 Mill $ (um 37,4 Mill RM) gesteigert werden, davon allein der nach Frankreich von 1,9 auf 3,0 Mill $. Ganz zweifellos sind die Vorteile der deutschen Elektroindustrie durch die Sachlieferungsform auch nicht annähernd so groß wie etwa die Zollvorteile, die britische Waren in den britischen Dominien und Kolonien genießen. Es ist charakteristisch, daß aber selbst in diesen Gebieten der britische Elektroexport Schritt für Schritt vor dem immer stärkeren Eindringen vor allem amerikanischer Erzeugnisse zurückgeht. Hierfür gibt der Bericht eine ganze Reihe anschaulicher Zahlenbeispiele (S. 94/95).

Interessant sind 10 grundsätzliche Programmpunkte für eine günstige Weiterentwicklung: Die Schwerindustrie muß rationeller arbeiten und stärker elektrisiert werden. Diese Entwicklung soll durch niedrig verzinsliche Darlehen mit staatlicher Garantie erleichtert werden. Kohlenbergwerke, Hochöfen und Stahlwerke müssen ihre überschüssigen Energien auswerten und an das Hochspannungsnetz weitergeben. Alle industriellen, landwirtschaftlichen und häuslichen Elektrisierungsmöglichkeiten sind genau festzustellen. Für Forschungen sollen staatliche Mittel bereitgestellt werden. Ferner werden eingehende Untersuchungen über die Entwicklungsmöglichkeiten überseeischer Gebiete und bei Anleihevergebung die Bevorzugung solcher Kapitalnehmer gefordert, die ihre Aufträge an britische Industrielle vergeben. Das hier stark hervortretende Verlangen nach staatlicher Hilfe erscheint ebenso wie die mangelnde Objektivität bei der Behandlung internationaler Wettbewerbsfragen charakteristisch für eine Industrie, die in den letzten Jahren mit dem internationalen Entwicklungstempo nicht ganz Schritt zu halten vermocht hat.

[4] „The Electrical Industry in Germany", London 1926.

Aufzeichnung schneller Schwingungen.

Eine Vorrichtung zur oszillographischen Aufzeichnung schneller mechanischer Schwingungen ist von H. Thoma angegeben worden[1] und hat sich bereits in der Praxis sehr bewährt. Die Messung beruht darauf, daß schon sehr geringe Abstandsänderungen der Platten eines Kondenators, der in einem nahezu auf Resonanz abgestimmten Schwingungskreise liegt, verhältnismäßig recht große Strom- bzw. Spannungsänderungen der Hochfrequenzschwingung erzeugen. Im Schaltbild Abb. 1 wird ein Schwingungskreis S_1 von

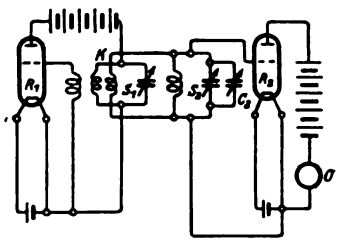
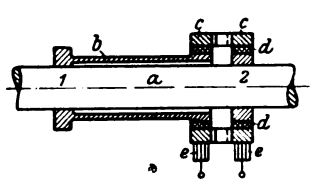


Abb. 1. Schaltung zur oszillographischen Aufzeichnung mechanischer Schwingungen.

einer Röhre R_1 zu konstant bleibenden, hochfrequenten Schwingungen (3000 kHz) veranlaßt. Mit S_1 ist durch die Koppelspulen K ein zweiter Kreis S_2 gekoppelt. S_2 enthält eine regelbare Kapazität sowie den Meßkondensator C_2, dessen Plattenabstand durch die zu messende mechanische Schwingung beeinflußt wird. S_2 wird mit S_1 nahezu in Resonanz gebracht, so daß sich der Betriebspunkt auf dem steil und praktisch linear ansteigenden Stück der Resonanzkurve befindet; kleine Abstandsänderungen in C_2 rufen dann beträchtliche Stromänderungen der Schwingung in S_2 hervor. Der Kreis S_2 liegt am Gitter einer Röhre R_2, die einen durch die Stromschwankungen im Kreis S_2 gesteuerten Gleichstrom in den Oszillographen O sendet. Als Oszillograph dient ein Saitenoszillograph mit photographischer Registrierung. Die Eichung geschieht sehr einfach durch Verstellen des Abstandes der Kondensatorplatten mittels Mikrometers und Messung der zugehörigen Oszillographenausschläge. Das Verfahren gestattet die verzögerungsfreie und maßgetreue Aufzeichnung aller praktisch auftretenden mechanischen Schwingungen, von den langsamsten bis zu Schallfrequenzen; die Vergrößerung der Kondensatorplattenbewegung kann bis auf $1 : 10^6$ gebracht werden; Abstandsänderungen von weniger als 1 µ sind mühelos nachweisbar.

Der Verfasser berichtet zuerst über Versuche an Wasserkraftgeneratoren, die interessante Aufschlüsse über kritische Drehzahlen ergaben und z. B. sehr schön das Aufschwimmen der Welle im Ölfilm beim Anlaufvorgang zeigen. Auch zur Untersuchung von Werkzeugmaschinen, Schiffen und Bauwerken ist das Verfahren sehr geeignet. So hat es z. B. mit zur Erforschung der anfangs rätselhaften Propellerwellenbrüche des Luftschiffes „Graf Zeppelin" gedient. Diese Brüche hatten bekanntlich zum vorzeitigen Aufgeben der Amerikafahrt im Mai 1929 geführt. Um über die gemutmaßten Verdrillungschwingungen Genaueres festzustellen, wurde auf die Propellerwelle nahe der elastischen Kupplung eine Vorrichtung nach Abb. 2



a Welle
b Buchse
c ineinandergreifende, rechteckige, sich nicht berührende Zähne
d isolierende Zwischenlage
e Stromabnehmer-Bürsten

Abb. 2. Hilfsgerät zur Bestimmung der Verdrillungschwingungen von Wellen.

aufgebracht. Durch die Änderung des Abstandes der ineinandergreifenden, sich aber nicht berührenden Zähne wurde die Verdrehung der Welle zwischen den Punkten *1* und *2* bestimmt. Als Grund der Wellenbrüche zeigten die erhaltenen Oszillogramme heftige Verdrillungschwingungen innerhalb und unterhalb des Bereiches der Betriebsdrehzahl, die eine bedeutende Überbeanspruchung des Materials zur Folge hatten, nach außen aber in keiner Weise in Erscheinung traten. *nkl*

[1] H. Thoma, Z. VDI Bd. 73, S. 639 u. 1383.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Urola-Bahn Zumárraga—Zumaya (Spanien). — Die im Frühjahr 1926 in Betrieb genommene Urolabahn stellt die erste mit hochgespanntem Gleichstrom von 1650 V betriebene spanische Überlandbahn dar. Die Bahn wurde errichtet, um den dicht bevölkerten Ortschaften des Urolatales und ihren Industrien eine direkte Verbindungsmöglichkeit mit Hauptorten der Provinzen Bizcaya und Guipúzcoa, Bilbao und San Sebastian zu schaffen (Abb. 1). Sie geht aus von der an der Hauptstrecke Paris—Irún—Madrid gelegenen Ortschaft Zumárraga und führt, im wesentlichen dem Tale des Flusses Urola folgend, über Azcoitia, Loyola, Azpeitia, Lasao, Bad Cestona, Iraeta und Arrona bis zu dem am Golf von Bizcaya gelegenen Hafen von Zumaya. An den beiden Endpunkten hat die Urolabahn Anschluß an die ebenfalls mit Meterspur ausgeführte Vascongadosbahn.

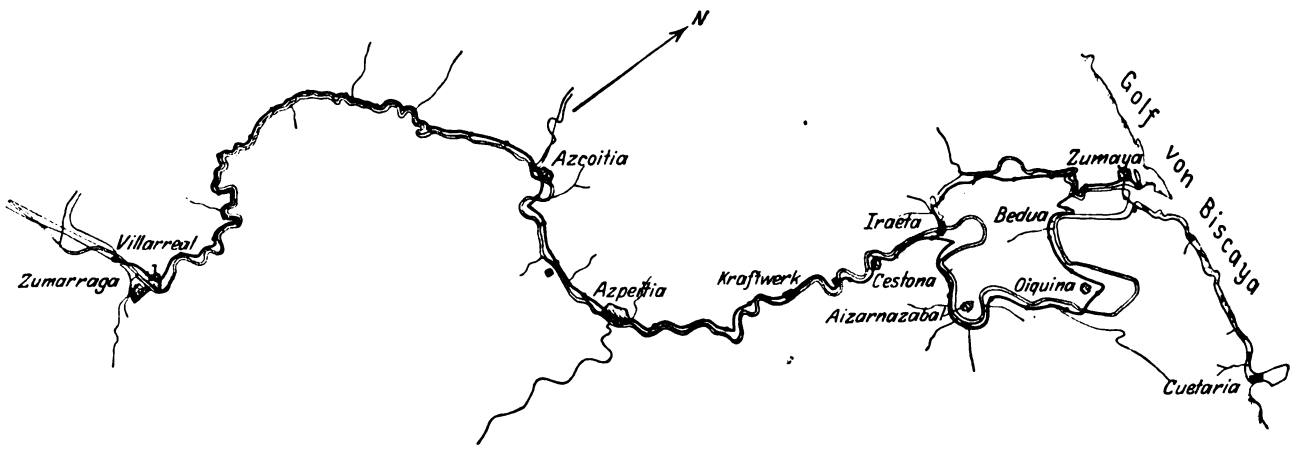


Abb. 1. Streckenplan der spanischen Urolabahn.

Die Bahn ist eingleisig, normalspurig und auf eigenem Bahnkörper verlegt. Für die Gleisanlage wurden Breitfußschienen von 32,2 kg/m verwendet. Die Strecke ist rd. 40 km lang und außerordentlich reich an Krümmungen und Steigungen; etwa die Hälfte der gesamten Streckenlänge befindet sich auf Steigungen von mehr als 10 ‰, darunter 8,32 km auf mehr als 20 ‰; die größte Steigung beträgt 22,97 ‰ auf 780 m Streckenlänge. Schwierige Geländeverhältnisse machten die Anlage von 20 eigenen Brücken und 29 Tunneln notwendig.

Die Bahn wird von einem Gleichrichter-Unterwerk in Azpeitia aus mit einer Fahrdrahtspannung von 1650 V über eine einfache Kettenfahrleitung gespeist.

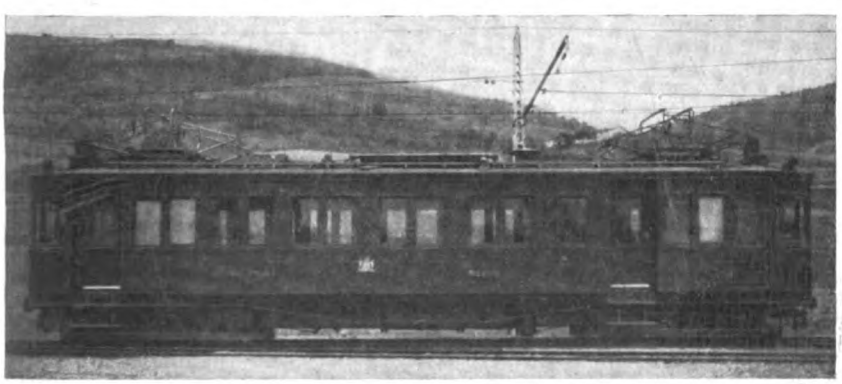


Abb. 2. Personen-Triebwagen der spanischen Urolabahn.

Die Siemens-Schuckertwerke lieferten 7 vollständige vierachsige Personen- und 3 vollständige vierachsige Gütertriebwagen. Die Personen-Triebwagen (Abb. 2) enthalten ein Abteil I. und ein Abteil II. Klasse mit insgesamt 30 Sitzplätzen, ein Gepäckabteil und zwei Aborte. Der Zugang zu den Abteilen erfolgt durch getrennte Plattformen. Die Führerstände sind vom übrigen Wagen vollständig abgeschlossen. Die Gesamtlänge des Wagens, über Rammbohlen gemessen, beträgt 15 m. Die äußere Verkleidung des Wagens ist aus naturpoliertem Teakholz hergestellt.

Die Güter-Triebwagen (Abb. 3) enthalten zwischen den beiden vollständig geschlossenen Führerständen ein Güterabteil von 20 m² Bodenfläche, das auf jeder Wagenseite durch zwei zweiflüglige Schiebetüren zugänglich ist. Die Gesamtlänge des Güterwagens beträgt 12 m, zwischen Rammbohlen gemessen. Der Wagenkasten ist aus Holz und mit grauer Farbe gestrichen.

Die Wagenkästen sind durchweg auf zweiachsigen Drehgestellen mit Vierklotzbremse gelagert.

Die elektrischen Ausrüstungen sind bei Personen- und Güterwagen die gleichen, mit unterschiedlichen Zahnradübersetzungen für die Motoren. Jeder Triebwagen besitzt vier Motoren mit Selbstlüftung von einer Stundenleistung von je 55 kW bei 750 V und 630 U/min; je zwei Motoren sind dabei dauernd in Reihe geschaltet. Die Steuerung der Motoren geschieht von den Fahrschaltern aus mittels elektromagnetischer Vielfach-

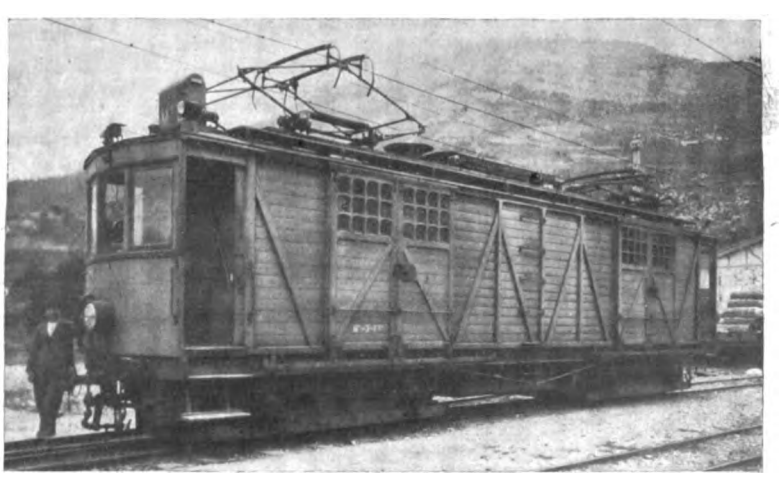


Abb. 3. Güter-Triebwagen der spanischen Urolabahn.

Digitized by Google

steuerung. Die beiden Motorgruppen werden in Serie und parallel geschaltet und arbeiten auf der letzten Stufe der Parallelschaltung mit Feldschwächung. Züge mit mehreren Triebwagen werden vom Führerstand des führenden Wagens aus gesteuert. Für die Betätigung der Schütze, die Beleuchtung und den Pumpenmotor der Luftsaugebremse wird Strom von 110 V verwendet, der von einem Umformersatz geliefert wird, dessen Antriebsmotor ohne Anlasser an die Oberleitung geschaltet wird.

Der Hilfsumformer, die Luftsaugepumpe und die meisten Steuerapparate sind unter dem Wagen angeordnet, während auf dem Dach sich die Widerstände, Selbstschalter und zwei Scherenstromabnehmer befinden. Die Verlegung der hochspannungführenden Leitungen ist durchweg außerhalb der den Reisenden zugänglichen Abteile durchgeführt, so daß jegliche Gefährdung ausgeschlossen ist.

Als Gebrauchsbremse ist eine Luftsaugebremse, System Hardy, vorgesehen, u. zw. wird jedes Drehgestell von einem besonderen Bremszylinder abgebremst.

Das Gewicht eines unbesetzten Personen-Triebwagens beträgt 29 t, das eines leeren Anhängewagens 14 t, so daß ein aus zwei Triebwagen und zwei bis drei Anhängewagen bestehender besetzter Zug 116 bzw. 125 t wiegt. Die Höchstgeschwindigkeit in der Ebene ist 60 km/h.

Die unbeladenen 26 t schweren Güter-Triebwagen sind imstande, Züge von insgesamt 100 t Zuggewicht mit einer Höchstgeschwindigkeit von 36 km/h zu befördern. *fi*

Elektromaschinenbau.

Die Kraftwirkungen der Transformatoren-Kurzschlußströme. — Für die Berechnung der magnetischen Kräfte, die beim Kurzschluß eines Transformators auftreten, bieten sich zwei Wege: entweder das Ampèresche Elementargesetz über die Kraft zwischen zwei Stromelementen oder das magnetische Potential (potentielle magnetische Energie) eines Stromleiters auf sich selbst ($i^2L/2$) für die Anziehungs- und Abstoßungskräfte in jeder Wicklung allein und das magnetische Potential zweier Stromkreise mit gegenseitiger Induktion ($i_1\, i_2\, M$) für die Kräfte zwischen diesen Stromkreisen. Bildet man gemäß einem Gesetze der physikalischen Elektrizitätslehre den Differentialquotienten eines solchen Potentials nach einer die betreffende Induktivität bestimmenden Richtung, so erhält man die Kraft in dieser Richtung. Da beim Kurzschluß primärer und sekundärer Strom entgegengesetzt sind, so erhält man aus dem letzten Ausdruck die größte Abstoßungskraft zwischen primärer und sekundärer Wicklung, wenn man die Scheitelwerte einsetzt. Das Ergebnis stimmt überein mit dem, das sich aus dem erwähnten Elementargesetz ergibt, und es zeigt sich, daß diese magnetischen Kräfte nicht auf die Streufelder (wie bisher) und nicht auf das resultierende Feld, sondern auf die sog. fiktiven Felder der beiden Ströme zurückgeführt werden müssen. (G. Benischke, Arch. El. Bd. 22, H. 3, S. 305.)

Neue Schaltung für Wendepol-Einankerumformer. — Werden bei Einankerumformern zwecks besserer Stromwendung auf der Gleichstromseite noch Wendepole vom Ankergleichstrom aus erregt, so ändert sich die resultierende Außenfeldlage ständig mit der Gleichstrombelastung. Es treten Schwingungen der synchronen Ankerstellung ein, da letztere der resultierenden Außenfeldlage zu folgen trachtet. Diese Schwingungen wirken als Verzögerungs- bzw. Beschleunigungsvorgänge der Ankermassen schädlich auf die Stromwendung. R. Meller schlägt daher, insbesondere für den Fall, daß die Gleichstromspannung geregelt werden soll, die gleichzeitige Erregung eines entgegengesetzten Querfeldes vor, wodurch also das Gleichstromankerfeld unterstützt wird. Die parallel geschalteten Wicklungen für Querfeld und Wendepole[1] können dabei so ausgeführt werden wie übliche Kompensationswicklungen bei Gleichstrommaschinen. Der Vorteil dieser Schaltung liegt darin, daß die beiden Wicklungen für Magnetfelder, welche in der Bürstenachse entstehen, einen in sich geschlossenen, sekundären Dämpfungskreis darstellen, der insbesondere in den Wendepolzonen imstande ist, die der Stromwendung schädlichen pulsierenden Felder auszulöschen. Die so geschalteten Umformer fallen überdies bei gleichen Verlusten um das sonst notwendige Dämpfungskupfer leichter und billiger aus. (R. Meller, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 1015.) *Ka.*

[1] Auch Hintereinanderschaltung ist möglich, wie Meller in El. u. Maschinenb. Bd. 45, S. 649, gezeigt hat.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Experimentalstudien am Korona-Voltmeter. — Das Korona-Voltmeter ist erstmalig 1904 von Ryan vorgeschlagen worden; 1910 begann Whitehead sorgfältige Versuchsarbeiten, um die Eignung als Scheitelspannungsmesser zu prüfen. Es besteht aus zwei konzentrischen Zylindern, einem isolierten inneren in Gestalt eines Stabes mit etwa 10 mm Dmr., der mit dem betr. Leiter verbunden ist, und dem äußeren, der gewöhnlich geerdet ist. Beide sind in einem Metallgehäuse, in dem Luftdruck und Temperatur geregelt werden können. Das Einsetzen der Korona wird am Geräusch, an der Lichterscheinung oder der Luftionisation festgestellt. Die ursprüngliche Ausführung von Whitehead, die bis 140 kV_{eff} verwendbar ist, wurde hinsichtlich der nötigen Verfeinerung der Meßeinrichtungen weiter entwickelt. Die Messungen erfolgten außerordentlich genau bei 60 Hz, einem Druckbereich von

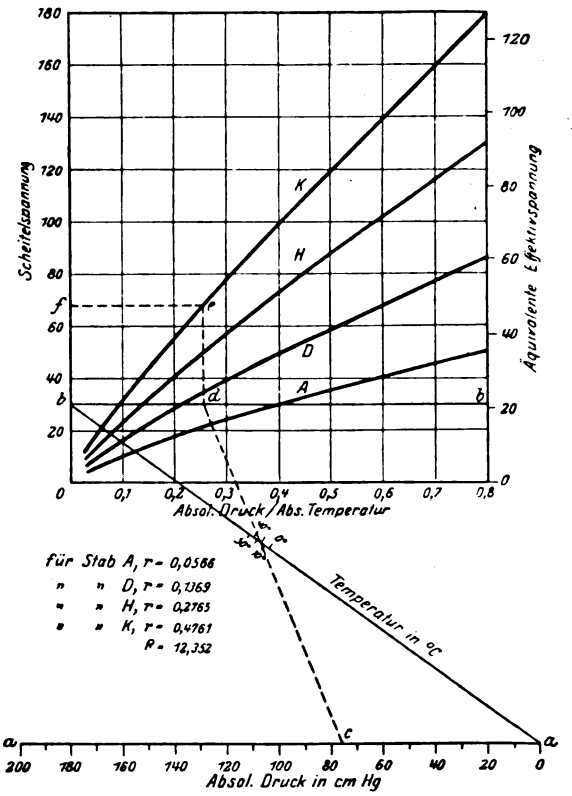


Abb. 4. Nomogramm zur Ermittlung der Scheitelspannung.

0 ... 200 cm Hg und einem Temperaturbereich von 15 ... 45 °. Bei den Versuchen hatte der Außenzylinder einen Durchmesser von 250 mm; zwölf Innenstäbe mit 1,2 ... 11 mm Dmr. wurden verwendet. Zunahme der Feuchtigkeit verminderte die Glimmspannung, wenn der Stab staubig oder irgendwie schmutzig war, während sie bei sorgfältig gereinigtem Innenstab entgegengesetzt wirkte. Die „Gleichung des Korona-Voltmeters" wurde von Whitehead und Peek geschrieben

$$g = A\,\delta + B\sqrt{\delta/r},$$

wobei

r Radius des Innenstabes in cm,
g Spannungsgradient in V/cm an der Oberfläche des Stabes ohne Raumladung und Kontaktpotential, wenn die Glimmentladung einsetzt,
A, B Konstanten,
δ der „Dichtefaktor" nach Peek.

Bei konzentrischen Zylindern ist

$$g = \frac{V_e}{r \ln\left(\frac{R}{r}\right)},$$

wobei V_e die Scheitelspannung zwischen Außenzylinder und Stab und R der Radius des Außenzylinders. Der Dichtefaktor δ ist nach Peek

$$\delta = \frac{3{,}921\,P}{T} = \frac{3{,}921\,P}{273{,}1 + t},$$

Digitized by Google

wobei P der absolute Druck in cm Hg, auf 0° bezogen, T die absolute Temperatur in Grad Kelvin ist. Der Faktor δ ist gleich 1 für $P = 76$ cm bei 0° und $t = 25$°.

Die Arbeiten von Brooks und Defandorf haben die Gleichung des Spannungsgradienten erweitert zu

$$G = A\,\delta + B\sqrt{\delta/r} - c/r,$$

wobei $A = 27{,}95$, $B = 11{,}18$, $C = 0{,}365$ aus den Versuchen gefunden wurde.

Die Verfasser haben unter Vernachlässigung des Feuchtigkeitseinflusses, der nur in extremen Fällen, wenn die Luft nicht getrocknet wird, bis zu 3 % Korrektur erfordert, ein Nomogramm gezeichnet, mit dem die Scheitelspannung für einen gegebenen Satz von Stäben, gegebenen Druck und Temperatur ohne jede Rechnung sofort ermittelt werden kann (Abb. 4). Das Korona-Voltmeter hat dieselbe Anwendung als Scheitelspannungsmesser wie die Kugelfunkenstrecke. Einer der Verfasser kam 1925 bei der Durchsicht der Literatur zu dem Schluß, daß die zu erwartende Genauigkeit bei Einzelmessungen nicht viel besser als ± 5 % ist. Abgesehen von der Zeitverzögerung rührte offenbar ein Teil der Fehler von der Kugelfunkenstrecke selbst und ihrer Umgebung her. Beim Korona-Voltmeter stimmen aufeinanderfolgende Ablesungen auf 0,05 % überein. Je nach der Stabbeschaffenheit werden schließlich Abweichungen bis zu ± 1 % von der Mittelkurve eintreten. Ein besonderer Vorzug des Korona-Voltmeters gegenüber der Kugelfunkenstrecke ist die Nichtbeeinflussung des eigentlichen Meßorgans durch die Nähe anderer Objekte. Während bei der Kugelfunkenstrecke beim Überschlag stets gefährliche Überspannungen auftreten, ist das beim Korona-Voltmeter nicht der Fall. Dafür hat wieder das Korona-Voltmeter den Nachteil, daß die Änderung des Spannungsbereiches durch das Auswechseln des Stabes oder das Ändern des Luftdruckes viel unbequemer ist als die Handhabung der Kugelfunkenstrecke. Immerhin genügen praktisch zwei Stäbe für den Meßbereich 20 ... 140 kV. Bei den beschriebenen Versuchen haben mehrere Beobachter an einem Instrument gearbeitet, es wäre aber auch mit einem einzigen auszukommen. (H. B. Brooks u. F. M. Defandorf, Research Paper Nr. 21 des Bureau of Standards, Washington.) *Kth.*

Beleuchtung.

Landeplatz- und Flugstreckenbeleuchtung. — Ansteuerungsfeuer. In Amerika sind am gebräuchlichsten Drehscheinwerfer mit dioptrischen Linsen und 24zöllige Parabolscheinwerfer mit 1500 W-Glühlampen und elektrischem Motorantrieb. Aus Sicherheitsgründen sind selbsttätige Lampenwechsler eingebaut. Die Scheinwerfer haben eine Fokusiereinrichtung. Das Lichtbündel selbst hat eine vertikale Streuung von 3 ... 4 °, die horizontale Streuung beträgt 10 ... 40 °. Von den englischen Piloten wird im allgemeinen Neonlicht bevorzugt. Versuchsweise wurde zum Vergleich ein Strontiumscheinwerfer eingebaut. Als Leuchtkörper dient eine Kette, die durch eine Lösung von Strontium und dann durch eine Azetylen-Sauerstoff-Flamme geführt wird. Während das Strontiumlicht dicken Nebel sehr gut durchdringt, wird die Durchdringungsfähigkeit von Neon bei leichtem Nebel von keiner anderen Lichtquelle übertroffen. In Frankreich sind durchweg Fresnel-Gürteloptiken mit 360 ° Öffnung eingebaut. Die Reichweite ist geringer als die anderer Scheinwerfer, dagegen ist die Streuung um ein Vielfaches größer.

Hindernislichter. Die Beleuchtung der Hindernisse wird in Europa und Amerika im allgemeinen nach der internationalen Air Convention gehandhabt. Verwendung von 50 W-Lampen in Überfangglocken, in Deutschland wird teilweise Neonlicht bevorzugt.

Grenzlichter. Im wesentlichen sind drei Methoden in Gebrauch:

1. Die Lichter sind auf dem ganzen Umfang des Feldes angebracht,
2. die Ecken sind gekennzeichnet,
3. die Rollbahn ist ausgeleuchtet.

Windrichtungsanzeiger. Die Beleuchtung der Windtüte erfolgt von innen. In Deutschland und England haben sich beleuchtete bewegliche Balken in Form eines T bewährt. In Amerika hat sich auch das T, das mit zwei Reihen von 10 W-Lampen versehen ist, eingeführt.

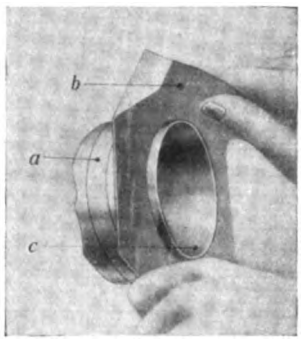
Rollfeldbeleuchtung. Augenblicklich werden als beste Lösungen angesehen eine einzige Lichtquelle in einer 180 °-Fresnel-Linse oder eine Reihe von Scheinwerfern, die längs des Feldrandes aufgestellt sind. In einzelnen Fällen sind gute Erfahrungen mit 10 kW-Glühlampen in Parabolspiegeln gemacht worden, obwohl die seitliche Streuung nur 40 ° beträgt.

Flugstreckenbefeuerung. In Frankreich sind starke Scheinwerfer aufgestellt, jeder mit 1 Mill. cp, auf dem Mont Valerien und dem Mont Afrique, dazwischen befinden sich kleinere Feuer. In Deutschland werden schwächere Feuer in geringerem Abstande voneinander eingebaut. Auf der Strecke Berlin—Königsberg und Berlin—Amsterdam sind ständig brennende Neonfeuer in Betrieb. Amerika fing an mit dem Einbau von eng zusammenstehenden Scheinwerfern; an Hauptpunkten wurden dann stärkere Feuer eingebaut. England bevorzugt die selbsttätigen, ungewarteten Gasfeuer.

Notlandeplätze sind im Abstand von rd. 25 Meilen vorgesehen. Es sind meistens Blitzfeuer eingebaut, ferner Grenz- und Hindernisleuchten und ein Wind-T. (H. R. Ogden, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 555.) *F. Bn.*

Installation.

Die Ankodose. — Bei Unterputzmontage kommt es vor, daß die Abzweig-Steck- oder Schalterdosen im Rohbau nicht so eingesetzt sind, daß die Deckelfläche mit dem viel später aufgetragenen Wandputz genau in einer Ebene liegt. Das Ausrichten während des Verputzens ist dann mit erheblichen Kosten verbunden. Diesen Übelstand will die von Esch & Anke, Mannheim, hergestellte Ankodose beseitigen, ein kurzes Rohrstück mit wellenförmiger Wandung, das auf die Unterputzdose, die sogar schief sitzen kann, aufgeschoben und so weit zusammengedrückt wird (Abb. 5), bis dadurch der Unterschied zwischen Oberkante der Unterputzdose und der Putzebene ausgeglichen ist und der Deckel auf das Zwischenstück bündig mit der Wandfläche aufgesetzt werden kann. *fi*



a Ankodose *b* Richtplatte *c* Montagerohr

Abb. 5. Montage der Ankodose.

Bergbau und Hütte.

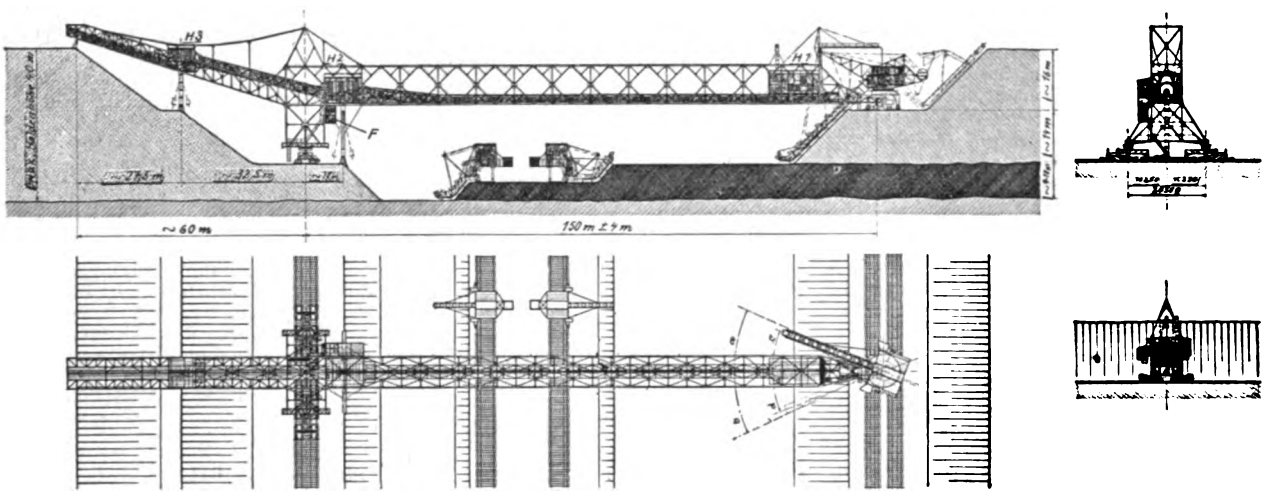
Abraumförderbrücke mit Gleichstrombetrieb. — In der Rationalisierung der Braunkohlengruben spielt die Abraumförderung eine bedeutende Rolle. Durch die Benutzung von Absetzern, Spülkippen und Großraumwagen in Verbindung mit elektrischen Lokomotiven ist es in den letzten Jahren gelungen, den Abraumbetrieb erheblich zu verbilligen; doch sind die hierzu erforderlichen Einrichtungen teuer und erfordern einen erheblichen Kapitalaufwand. Vom Standpunkt der Kraftwerkswirtschaft bedeutet die Einführung der Abraumförderbrücken einen erheblichen Fortschritt. Diese neuartigen Hebezeuge im Braunkohlentagebau ermöglichen den Abbau des Abraumes im fließenden Materialstrom vom Baggerschnitt bis zur Halde. Der Tagebau wird von einer Brückenkonstruktion überspannt, in der Förderbänder eingebaut sind. Das erste Band wird von dem Eimerkettenbagger beschickt und das letzte Band wirft den Abraum auf die Haldenböschung, ohne daß irgendeine Umladung oder ein Stillstand des Abraumes im Verlauf dieses Arbeitsprozesses erfolgt. Durch die fließende Materialbewegung ergibt sich ein nahezu konstanter Kraftbedarf und eine entsprechend gleichmäßige Belastung des Kraftwerks.

Die bisher ausgeführten Förderbrücken benutzen Drehstrom als Stromart. Abweichend hiervon arbeitet die auf der Grube Erika von der Ilse Bergbau A. G. betriebene Abraumförderbrücke (Abb. 6) mit 1000 V Gleichstrom. Die Abraumförderbrücke ist mit einem Schwenkbagger, der als Hoch- oder Tiefbagger benutzt werden kann, verbunden. Lieferantin der Brücke ist die Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Leipzig, die des Schwenkbaggers die Maschinenfabrik Buckau R. Wolf A. G., Magdeburg, und der elektrischen Ausrüstung die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. Die Stützweite der Brücke beträgt 150 m, die gesamte Länge einschließlich des Auslegers 210 m.

Die Abnahme des Stromes erfolgt aus Schleifleitungen, die durch das Baggerportal hindurchführen und den Strom entsprechend einer Durchschnittsbelastung von 400 kW bei einer installierten Leistung von 877 kW dem Fördergerät zuführen. Die Hauptverteilungsanlage für die

Digitized by Google

Kraft-, Licht- und Steuerstromkreise ist im Raum *H 1* (Abb. 6) untergebracht. Weitere Verteilungstafeln befinden sich in dem Raum *H 2* und in dem mit zwei Führerständen ausgerüsteten Baggerhaus. Längs der Brücke verläuft die aus drei Hauptbändern bestehende Bandstraße. Die Bänder sind 1200 mm breit und können bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 2,3 m/s die normale Förderleistung von 870 m³/h geschüttetem Boden bequem bewältigen. Den drei Hauptbändern entsprechen drei Schüttöffnungen für den Abwurf des Abraumes. Die den Schüttöffnungen entsprechenden drei Böschungen sind in Abb. 6 deutlich erkennbar. Die Schüttöffnungen können durch fahrbare Zwischenbänder verschlossen werden, die in eingefahrenem Zustand die Überführung des Abraumes von dem einen Hauptförderband zum anderen übernehmen. Der Antrieb der Eimerleiter des Baggers erfolgt durch einen Nebenschlußmotor von 250 kW Leistung, regelbar im Nebenschluß von 450 ... 600 U/min. Weitere drei Nebenschlußmotoren von je 95 kW Leistung treiben die Förderbänder und vier Kompoundmotoren von je 47/53 kW die Fahrwerke der Brücke an. Der Antrieb verschiedener Hilfseinrichtungen und der Zwischenbänder erfolgt durch Motoren kleinerer Type. Im ganzen befinden sich 14 Motoren dieser kleinen Type auf der Brücke. Ein Umformer



F Führerstand *H, 1, 2, 3* Maschinenhäuser

Abb. 6. Gesamtdarstellung der Abraumförderbrücke.

erzeugt den Licht- und Steuerstrom von 220 V. Ein zweiter gleicher Maschinensatz dient als Reserve.

Eine Reihe von Sicherheitsvorrichtungen gewährleistet den einwandfreien Betrieb. So werden die Schiefstellung der Brücke und die Erreichung der entsprechenden Endlage an den Drehpunkten durch Vorsignale an den Führerständen angezeigt und bei Überschreitung einer Endlage eine Stillsetzung der Brücke durch Endschalter vorgenommen. Eine Windmeßeinrichtung unterrichtet den Führer über die herrschenden Winddrucke, damit hierdurch eintretende Gefahren rechtzeitig erkannt werden. Eine besondere Bedeutung kommt der Fahrsteuerung zu, da an diese verschiedene Anforderungen gestellt werden. Für den Baggerbetrieb ist eine Regelung der Fahrgeschwindigkeit erwünscht. Außerdem darf jedoch die Fahrgeschwindigkeit bei Fahrt im Gefälle, oder wenn die Brücke durch Wind getrieben wird, keine unzulässigen Geschwindigkeiten annehmen. Außerdem soll die Brückengeschwindigkeit beim Ausschalten des Kontrollers verlangsamt werden, damit zur Schonung der Bremse die Bremslüfter nur bei verminderter Geschwindigkeit einfallen. Zum Zwecke der Regelung besitzen die Steuerwalzen Nebenschluß-Regelungstellungen, auf denen auch bei verschiedenen Belastungen der Fahrmotoren, z. B. bei Fahrt im Gefälle und bei ansteigender Fahrbahn, die Drehzahl der Motoren sich nur in geringen Grenzen ändert. Auf Anlaßstellung 1, auf der noch der ganze Anlaßwiderstand liegt, wird dagegen durch eine besondere Schaltung ein Widerstand parallel zum Anker gelegt. Hierdurch werden die Abbremsung der Motoren vor dem Stillsetzen und die Geschwindigkeitsbegrenzung erzielt. Besondere Aufgabe wurde noch an die Installation der Anlage gestellt. Wegen der großen Beweglichkeit der Brücke muß eine ganze Reihe von flexiblen Verbindungen benutzt werden. Die Brücke ist weiter mit einer Telephon- und umfangreichen Lichtanlage ausgerüstet. (F. Hannig, AEG-Mitt. 1929, S. 1.) *fi*

Fernmeldetechnik.

Das italienische Fernsprechkabelnetz. — Am Jahrestag der fascistischen Revolution wurde in Rom auf dem Kapitol die Strecke Rom—Florenz des italienischen Fernkabelnetzes feierlich eingeweiht. Es ist dies die zweite Strecke des großen Fernkabelauftrages, der 1926 seitens der italienischen Postverwaltung an die Società Italiana Reti Telefoniche Interurbane, der auch Siemens & Halske angehört, vergeben wurde. Im Vorjahre wurde die Strecke Neapel—Rom eingeweiht. Die Linie wird verlängert nach Bologna und soll einerseits das seit Jahren existierende Y-Mailand — Genua — Turin-Kabel erreichen, anderseits über Venedig nach Triest und Tarvis führen. In Chiasso bzw. Tarvis erfolgt der Anschluß an das europäische Fernkabelnetz. Die Länge der Kabelstrecke Rom—Florenz beträgt 286 km und führt über Viterbo, Abbadia, S. Salvatore und Siena. Das Kabel ist italienische Fabrikation (Pirelli und Tedeschi) und besteht aus 52 Paaren von 1.3 mm Dmr. und 204 Paaren von 0.9 mm Dmr. Es sind 144 Vierer-Stromkreise und 96 Zweier-Stromkreise vorhanden. Die alle 1,8 km eingeschalteten Pupinspulen sind, ebenso wie die Verstärkerstationen in Rom, Viterbo, Abbadia, S. Salvatore, Siena und Florenz, von der Internat. Standard Electric Corp. geliefert. Vor kurzem hat die italienische Postverwaltung auch eine neue Kabellinie nach Sizilien (Palermo) geplant, die in Auletta eine Abzweigung nach Bari erhält. *Rtz.*

Kampf gegen Rundfunkstörungen. — Unter dem Vorsitz des Rundfunk-Kommissars Dr. Bredow hielt der Ausschuß für Rundfunkstörungen am Montag, dem 17. März, eine Sitzung ab, in der über den gegenwärtigen Stand der Arbeit Bericht erstattet wurde. An den Arbeiten des Ausschusses beteiligen sich künftig auch Vertreter des Städtetages und der Vereinigung der Elektrizitätswerke.

Das Deutsche Reich ist vorläufig in 1240 Störbezirke eingeteilt worden. 4000 Funkhelfer, die sich aus allen am Rundfunk beteiligten Volksschichten gemeldet haben, stehen zur Verfügung. Von 12 000 bisher eingelaufenen Störungsmeldungen haben 7500 durch das Eingreifen der Funkhelfer beseitigt werden können. Es ist interessant, daß nach den bisherigen Feststellungen etwa 60 % aller Störungen durch Hochfrequenzheilgeräte verursacht werden, was zu besonderen Maßnahmen Veranlassung gegeben hat.

Da mit der Ausbreitung des Rundfunks auch mit einem weiteren Anwachsen der Störungsmeldungen zu rechnen ist, sucht der Ausschuß für Rundfunkstörungen die Arbeit der Funkhelfer zu erleichtern. Es ist deshalb ein „Handbuch für den Funkhelfer" geschaffen worden, das demnächst zur Ausgabe gelangt. Von großer Wichtigkeit für die sachliche und schnelle Störungsbekämpfung sind die Arbeiten, die vom Reichspostzentralamt zur Schaffung eines Störungsprüfgerätes geleistet worden sind. Dieses Suchgerät ist bereits soweit entwickelt, daß es in größerer Anzahl in Bau gegeben werden kann. Nach Fertigstellung der Geräte werden diese den einzelnen Bezirks-Funkhilfen zur Verfügung gestellt.

Die Verständigungsarbeit zur Beseitigung der Rundfunkstörungen zwischen dem Ausschuß, den Straßenbahn-

Digitized by Google

direktionen und den Elektrizitätswerken wird fortgeführt. Gemeinsame Prüfungsarbeiten sind für die Störungen vereinbart worden und es ist gelungen, mit den Straßenbahngesellschaften in Kassel, Bonn, Mainz und Mannheim auf gütlichem Wege zu einer Einigung zu kommen und diese Gesellschaften zu einer Änderung ihrer Anlagen zu veranlassen. Auch mit der Berliner Verkehrs AG. konnte ein Erfolg in dieser Hinsicht erzielt werden, indem sich die Berliner Verkehrs AG. bereit erklärte, die Wagen mit Mitteleingang, die sich infolge der hier vorhandenen elektrischen Klingeln als Rundfunkstörer erwiesen, mit Störbeseitigungseinrichtungen auszurüsten.

Die Arbeitstagung brachte noch einen wichtigen Beschluß. Es sollen Funkhelfer-Lehrgänge eingerichtet werden, damit die in den Lehrgängen unterrichteten Funkhelfer später in den Bezirksfunkhilfen die Leitung weiterer Ausbildungskurse übernehmen können. *MRG.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Über Kontaktwiderstände. — Wie bereits in der ETZ 1928, S. 1814, kurz berichtet wurde, hat R. Holm die Frage des Kontaktwiderstandes weiter klären können. Der Verfasser betrachtet den Kontakt als „Siebwiderstand", bestehend aus den in rein metallischer Berührung bestehenden *a*-Flächen und den *b*-Flächen, die durch Gashäute, Oxyde oder dgl. getrennt gehalten werden[1]. Bei technisch reinen Metallen geschieht die Leitung nur durch die *a*-Flächen, was auch der Versuch mit wenigen Ausnahmen bestätigt. Für die Siebwiderstände gelten die folgenden vereinfachten Gleichungen:

$$t + \frac{\alpha}{2} t^2 = \frac{1}{8} \frac{\lambda}{k} V^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$R_t = R_0 \left(1 + \frac{2}{3} \alpha t\right). \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Hierin bedeuten: V die Kontaktspannung, t die Temperatur der *a*-Flächen, R_0 und R_t den Kontaktwiderstand bei Zimmertemperatur bzw. bei der Temperatur t, λ und k die elektrische und thermische Leitfähigkeit bei Zimmertemperatur, α den Temperaturkoeffizienten des spezifischen Widerstandes. Trägt man in ein logarithmisches Koordinatensystem die Beziehung (2) ein, so ergibt sich die Kurve *A* (Abb. 7). Beim Versuch am „jungfräulichen"

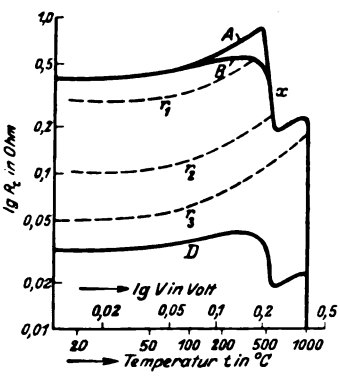


Abb. 7. Charakteristik eines Kontaktes.

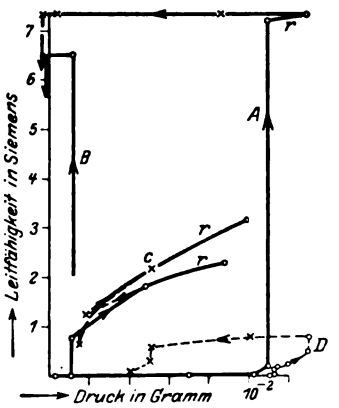


Abb. 8. Einfluß des Druckes auf die Kontaktleitfähigkeit.

Kontakt folgt jedoch der Widerstand der Kurve *B*, da das Material weich wird und sich die *a*-Flächen mit steigendem Strom vergrößern. Der steile Widerstandsabfall an der Stelle *x* entspricht der Rekristallisationstemperatur in den *a*-Flächen, die endgültige Spannungsgrenze dem Schmelzpunkt. Die berechnete Kurve *A* läßt sich indessen realisieren, wenn man, ausgehend von einem Punkt der jungfräulichen Kurve *B*, den Strom verringert; es wird dann z. B. die reversible Kurve r_1 durchlaufen, deren Verlauf *A* entspricht. *D* ist eine zu höherem Druck als *B* gehörende jungfräuliche Charakteristik.

Bei mäßigen Drucken, bei denen das Material nicht über die Fließgrenze beansprucht wird, ist die Zahl der *a*-Flächen dem Drucke proportional. Der Widerstand des Kontaktes ist also umgekehrt proportional dem Druck, unabhängig von der Größe der scheinbaren Berührungsfläche. Es ist bemerkenswert, daß eine gleichartige Beziehung auch für die Reibung gültig ist, die als Formänderungsarbeit der *a*-Flächen angesehen wird. Die Berührung in den *a*-Flächen ist so innig, daß ein Haften auftritt. Abb. 8 zeigt das für Silberkontakte und kleinste Drucke. Die Leitfähigkeit setzt oberhalb eines gewissen Druckwertes, der die zwischenlagernde Gashaut teilweise zu verdrängen vermag, ein, wächst in der gekennzeichneten Weise und bleibt bei Wiederabnahme des Druckes bis zu einem kleinen negativen Wert (also Zug) auf gleicher Höhe. Als Abschluß seiner Arbeit teilt der Verfasser noch die praktisch aufgenommenen Charakteristiken der verschiedenen Formen für Nickel, Gold, Silber, Graphit und Kohle mit[2]. (R. Holm, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 454.) *Wi.*

Berechnung der Anfangspannung zwischen kantigen Elektroden in Luft. — Einige Arbeiten der letzten Zeit beschäftigen sich mit der statischen Feldverteilung zwischen kantigen Elektroden nach der von Schwarz und Kirchhoff entwickelten Methode zur Behandlung geradlinig begrenzter parallelebener Feldbereiche. Außerdem wurden Funkenspannungen zwischen derartigen Anordnungen in Luft und in Öl gemessen. Für die einfachste dieser Anordnungen — Kanten verschiedener Öffnungswinkel (150°, 120°, 90° und 0°) gegen Ebene — wird von W. Schilling die Anfangspannung in Luft berechnet. Es handelt sich um die Anwendung der von Schumann auf Grund der Townsend-Theorie entwickelten allgemeinen Bedingung für den Beginn der selbständigen Entladung. Diese Bedingung besagt bekanntlich, daß das Integral einer Funktion der Feldstärke (Ionisierungszahl) längs des ganzen Durchbruchweges genommen einen konstanten Wert erreichen muß. Für die Anordnung Kante gegen Ebene wird dieses Integral angegeben und in einfacher Weise graphisch ausgewertet, wodurch man für die verschiedenen Öffnungswinkel die Anfangspannung abhängig vom Abstand gewinnt. Die berechneten Werte werden mit den vorliegenden Messungen der Funkenspannung verglichen, die nach den Beobachtungen für größere Öffnungswinkel nahe bei der Anfangspannung liegt. Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung; mit fallendem Öffnungswinkel der Kante liegt bei höheren Spannungen (großen Abständen) die berechnete Anfangspannung unter der Funkenspannung, maximal bis etwa 10 % (90°-Kante, 10 cm Abstand). Für Behandlung weiterer kantiger Elektrodenanordnungen werden einige Gesichtspunkte, insbesondere über die Wahl des Durchbruchweges, angegeben. Die Anwendung der Entladebedingung auf kantige Elektroden zeigt die besondere Bedeutung dieser Bedingung; denn der Begriff der statischen Durchbruchfeldstärke der Luft verliert hier seinen Sinn, da ja die statische Feldstärke an Kanten unendlich wird. (W. Schilling, Arch. El. Bd. 22, H. 4/5, S. 317.)

Hochspannungstechnik.

Messung von Ausschaltüberspannungen mit dem Kathodenoszillographen. — Von der Theorie der Ausschaltüberspannungen, wie sie Rüdenberg entwickelte, wurde ausgegangen und die Ergebnisse von Theorie und Experiment zunächst verglichen. Gemessen wurde in vorwiegend induktiven Kreisen. Reißt der Ausschaltlichtbogen am ruhenden Schalter ab, so sind die Größe der Induktivität, die abgeschaltete Spannung und im wesentlichen auch die Stromstärke ohne Einfluß auf die Höhe der Überspannungen. Mit wachsender Öffnungsweite des Schalters nehmen die Überspannungen nach einem Exponentialgesetz zu. Reißt der Lichtbogen noch am bewegten Schalter ab, so nehmen die Überspannungen als Funktion der Induktivität ebenfalls nach einem Exponentialgesetz zu. Die Untersuchung von selbsttätigen Ausschaltapparaten und Schmelzsicherungen ergab eine Zunahme der Überspannungen bis zu einem gewissen Induktivitätswert, oberhalb dessen eine Vergrößerung der Induktivität keine Erhöhung der Abschaltspannungen mehr zur Folge hat. Gemessen wurde mit Strömen bis zu 15 A. Die Arbeit wurde durchgeführt mit dem im Elektrotechnischen Institut der T. H. Aachen entwickelten Kathodenoszillographen. (G. Baust, Arch. El. Bd. 22, H. 3, S. 215.)

Schutz der Stationsausrüstung bei Hochspannungsleitungen. — Um die Grundlagen des Schutzes von Apparaten, die an das Ende von Hochspannungsleitungen angeschlossen sind, gegen Überspannungen richtig zu be-

[1] Vgl. a. ETZ 1927, S. 149.

[2] Eine ausführliche Arbeit über die Theorie des Kontaktes sowie zahlreiche experimentell gewonnene Charakteristiken veröffentlichte R. Holm gemeinsam mit Else Holm inzwischen in den Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, H. 2, S. 217 u. 272.

Digitized by Google

urteilen, ist es erforderlich, die Natur der Überspannung, die Charakteristik der Isolation und den Schutzableiter selber zu kennen. Bei der Betrachtung von Überspannungserscheinungen können Wanderwellen, durch Schaltvorgänge hervorgerufen, ausscheiden. Nach Untersuchungen mit dem Klydonographen an Übertragungsleitungen[1] kommen diese Wellen nicht als Ursachen für hohe Überspannungspotentiale in Frage. Die Betrachtungen können sich deshalb auf Wanderwellen infolge atmosphärischer Störungen beschränken. Derartige Störungen können sowohl durch elektrostatische Induktion (Blitzschlag in die Nähe einer Leitung) oder durch unmittelbaren Einschlag des Haupt- oder eines Nebenstrahls in die Leitung hervorgerufen werden. Der unmittelbare Blitzeinschlag wird im allgemeinen ein höheres Wellenpotential, eine wahrscheinlich steilere Front und größere Länge zur Folge haben, als sie die induzierte Welle aufweist. Wenn jedoch der Einschlag in genügender Entfernung von der Station stattfindet und es bei dem Einschlag zu einem Überschlag an der Leitungsisolation kommt, so ist der unmittelbare Einschlag — so unwahrscheinlich es klingen mag — für die Stationsanlage ungefährlicher als die induzierte Welle. Während nämlich die induzierte Welle, bei der es auf der Leitung zu keinem Überschlag der Isolation kommt, ohne merklichen Energieverlust auf die Station zuläuft, wird bei dem unmittelbaren Einschlag mit gleichzeitigem Überschlag nur eine kurze Spannungsspitze der Leitung entlang laufen. Diese Spannungsspitze kann jedoch die in der Station vorhandenen Kapazitäten nicht auf ein gefährliches Potential aufladen.

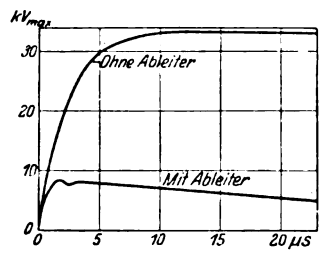


Abb. 9. Spannungsverlauf am Leitungsende mit und ohne Ableiter.

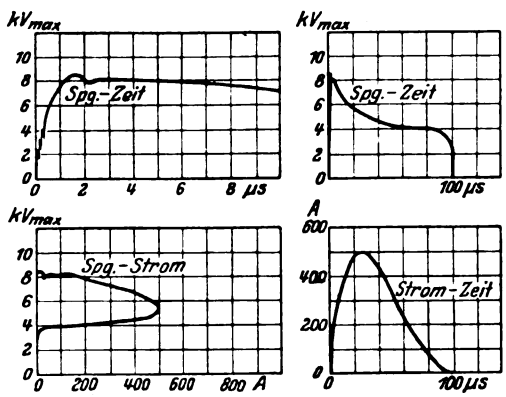


Abb. 10. Kennlinien des Ableiters.

Zur Bekämpfung der Überspannungswellen eignen sich die sog. Ventilableiter sehr. Für sie ist der Oxydhautableiter der GEC ein gutes Beispiel. Seine mit dem Kathodenoszillographen gefundenen Ansprechkennlinien zeigen deutlich seine Wirkungsweise (Abb. 9 u. 10). Es ergibt sich eine höchste Spannung von etwa 1,1 kV für jede Zelle, die sich bei sehr steilen Sprungwellen auf etwa 1,6 ... 1,8 kV für 1 Zelle erhöhen wird. Mit wachsender Stromstärke sinkt die Spannung. Der Ableiter gewährt also einen guten Schutz[2].

Für die Schutzwirkung ist auch die Lage des Ableiters zu dem zu schützenden Transformator von Bedeutung. Je näher beide zusammenliegen, desto kurzzeitiger, also ungefährlicher sind durch Reflexionen am Transformator hervorgerufene Spannungserhöhungen. (K. B. McEachron, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 230.) *Fgl.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Selbsttätige Kesselreglung auf elektrischem Wege. — Es wird von M. Moeller ein neues Regelsystem[3] für Dampfkesselfeuerungen beschrieben, das auf rein elektrischer Grundlage beruht. Der notwendige Ausgleich zwischen der vom Kessel geforderten Dampfmenge und der Brennstoff- sowie Luftzufuhr wird mit Hilfe der Wheatstoneschen Brückenschaltung erreicht. Abb. 11 zeigt eine solche Regelbrücke im Schema. Ändert sich *A*, so muß sich, wenn in der Brückendiagonale kein Strom fließen soll, *B* ebenfalls um einen bestimmten Betrag ändern. Sind im einfachsten Falle *D* und *E* einander gleich, so gilt dies im Gleichgewicht auch für *A* und *B*; jede Änderung von *A* kann also nur durch eine Änderung von *B* ausgeglichen werden. Diese einfache Schaltung ist wegen ihrer großen Anpassungsfähigkeit vorzüglich geeignet, eine Größe in Abhängigkeit von einer anderen einzustellen. Bei dem neuen Regelsystem steht die Größe des Widerstandes *A* in

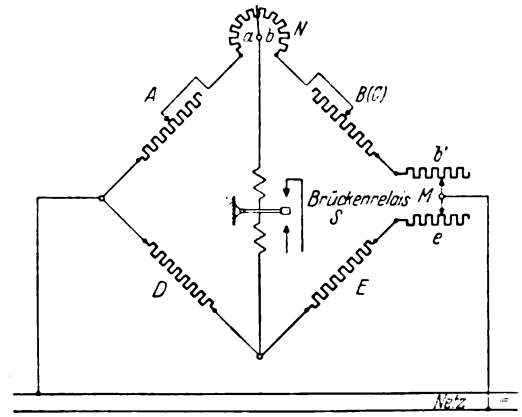


Abb. 11. Die Wheatstonesche Brücke als Regelbrücke.

Abhängigkeit von dem Druck in der Dampfsammelleitung, der sich bekanntlich bei konstantem Druck im Kessel mit der Belastung des Kessels ändert. Der Widerstand *B* hängt von der Brennstoff- oder Luftmenge ab. Es entspricht dann bei Brücken-Gleichgewicht jeder Belastung eine ganz bestimmte Brennstoff- bzw. Luftmenge. Ändert sich einer der Brückenwiderstände, so wird die Gleichgewichtslage gestört; es tritt dann das Brückenrelais im Diagonalzweig der Brücke in Tätigkeit. Da zu einem Regelsystem zwei Regelbrücken gehören, sind auch zwei Brückenrelais vorhanden, von denen mit Hilfe des einen die Organe der Brennstoffzufuhr und mit dem andern die Rauchgasklappe oder die Geschwindigkeit eines Luftgebläses elektrisch eingestellt werden. Beides geschieht in absatzweiser Kontaktgabe, wodurch Pendelungen bei der Regelung vermieden werden, u. zw. wird bei einer Belastungssteigerung in kurzen Schritten so lange mehr Brennstoff und Verbrennungsluft gegeben, bis wiederum Brückengleichgewicht erreicht ist. Die Rückführung der Brennstoffmenge erfolgt mit einem Tachometer, die der Luftmenge mit einem Differenzzugmesser.

Der veränderliche Widerstand *M* im Schema gleicht, wenn es erforderlich ist, in einer der beiden Brücken ein geändertes Brennstoff-Luft-Verhältnis aus. Widerstand *N* gibt die Möglichkeit, den Lastanteil eines Kessels gegenüber anderen verschieden einzustellen. Als veränderliche Widerstände (*A*, *B* und *C*) werden in den zur Regelung gehörigen Apparaten Siemens-Ringrohre benutzt. Diese sind im Gegensatz zu offenen Widerständen keiner Verschmutzung ausgesetzt und deshalb sehr betriebsicher.

Von den einzelnen Regelgeräten, die ausführlich erläutert werden, sei der „Hauptregler" genannte Belastungsregler hervorgehoben, der als Drehkolbenmanometer ausgebildet ist. Seine Ansprechempfindlichkeit beträgt etwa 0,01 at. In den Hauptregler können insgesamt 8 Ringrohre eingesetzt werden (4 für die Brennstoff- und 4 für die Luftbrücke, im Schema Abb. 11 *A*), so daß mit ihm vier Kessel gleichzeitig gesteuert werden können. Zur Vervollkommnung der selbsttätigen Feuerführung wird ein besonderer Unterdruckregler benutzt, der ähnlich wie bei der Brennstoff- und Luftreglung einen schrittweisen Ausgleich des Unterdruckes im Feuerraum bewirkt. Besonders hervorzuheben ist, daß man mit der elektrischen Kesselreglung gleichzeitig eine Fernsteuerung für die Kesselanlage gewinnt, da es in sehr bequemer Weise möglich ist, von der selbsttätigen Kesselreglung zur Fernsteuerung von Hand überzugehen, ohne daß, abgesehen von der Einführung der hierfür nötigen Schalter, zusätzliche Einrichtungen erforderlich sind. (M. Moeller, Siemens-Z. Bd. 9, S. 108.) *Lsg.*

[1] Cox, McAuley u. Huggins, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 46, S. 459.
[2] Die von McEachron angegebenen Spannungswerte je Zelle stimmen mit den von Sommer (Arch. El. Bd. 18, S. 283; ETZ 1927, S. 1706) und Gabor (Forsch. Heft 1 d. Studienges. f. Höchstsp.) gefundenen Werten überein. Die in Deutschland gegen die hohe Zellenzahl bei eingebauten Apparaten bestehenden Bedenken werden demnach durch die neuere Untersuchung McEachrons nicht entkräftet. D. Ber.
[3] Vgl. ETZ 1928, S. 129.

Digitized by Google

Verschiedenes.

25 Jahre Höhere Maschinen-Bauschule Magdeburg. — Die Höhere Maschinen-Bauschule Abt I der Staatlichen Vereinigten Maschinen-Bauschulen Magdeburg begeht am Sonnabend, dem 5. IV., ihr 25jähriges Bestehen. Es findet vormittags eine Feier in der Aula der Schule statt. Dieser schließt sich in dem großen Saale des Gesellschaftshauses „Freundschaft" ein Festkommers an. Absolventen sowie Freunde der Schule wollen Anmeldungen richten an Oberstudiendirektor Prof. Dr.-Ing. Förster, Magdeburg, Am Krökentor 1, oder an den Ingenieurverband Höherer Lehranstalten e. V. z. Hd. Herrn Ing. Fritz Pfeifer, Magdeburg, Schleiermacherstr. 9.

Messung psychischer Erregungszustände. — Auf äußere Einwirkungen, wie ein Geräusch oder einen Nadelstich, auf die Androhung eines Nadelstiches u. dgl., auch auf rein gedankliche Erregung antwortet der menschliche Körper bzw. Teile desselben durch Vergrößerung der elektrischen Leitfähigkeit. Derartige „psycho-galvanische Reflexe" wurden bisher mit einem Brückenverfahren untersucht; G. G. Blake schildert eine einfachere Schaltung und einige mit ihr ausgeführte Experimente. Als Meßgerät dient ein empfindliches Galvanometer G mit veränderlichem Shunt s (Abb. 12). Auf das Galvanometer wirken zwei gegeneinandergeschaltete EMKe, die Batterie B über das Glühkathodenrohr V und die Batterie B_1 über Potentiometer P und Vorschaltwiderstand W. Die Röhre V wird von B_1 über den Regelwiderstand R beheizt. An den Stellen x_1 und x kann z. B. eine menschliche Hand in den Stromkreis geschaltet werden. Als Elektroden dienen salzlösunggetränkte Stoffelektroden oder Metallplatten; bei Verwendung letzterer wird die Haut mit Graphit eingerieben. Der Widerstand W ist in Stufen von 50 Ω eingeteilt. Wird die Hand einer Versuchsperson bei x eingeschaltet und bei Stellung des Widerstandes auf 0 (W voll eingeschaltet) ein Reiz, z. B. durch Nadelstich, ausgeübt, so erfolgt nach etwa 2 s ein Ausschlag des Galvanometers, das vorher durch Abgleichen der beiden Stromzweige auf Null gebracht worden war. Die Größe des Ausschlages ist von der Stärke der Reizung abhängig und wird notiert. Alsdann wird das Galvanometer wieder auf Null gebracht und durch Ändern von W der gleiche Ausschlag wie vorher hervorgerufen; der durch die Reizung in der Hand der Versuchsperson hervorgerufene Widerstandsabfall kann dann an W direkt abgelesen werden. Blake gibt noch eine weitere Schaltung an, mit der die Leitfähigkeitsänderung auch hörbar gemacht wird. Um einen „Einheitsreiz" zu Vergleichszwecken zu erhalten, wird die freie Hand der Versuchsperson ebenfalls zwischen Elektroden eines völlig getrennten Stromkreises gelegt und durch Spannungsstöße kurzer Dauer von 0 ... 45 V Gleichstrom gereizt. Wird bei x_1 die Hand einer zweiten Person eingeschaltet, so sind an Hand des Galvanometerausschlages nach links oder rechts direkte Vergleiche zwischen der Reizbarkeit der betreffenden Personen bzw. auch der Geschwindigkeit der Nervenleitung anzustellen. Der Verfasser schildert noch einige weitere interessante Versuche; er glaubt, daß das entwickelte Verfahren auch in der praktischen Medizin, z. B. zu diagnostischen Zwecken, Bedeutung gewinnen kann. Voraussetzung ist allerdings die ausführliche Untersuchung zahlreicher Personen und Vergleich der ermittelten Reizungskurven. (G. G. Blake, El. Review Bd. 103, S. 882.) *nkl*

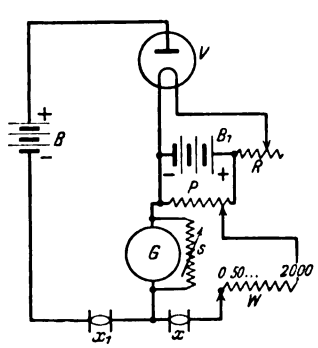


Abb. 12. Schaltung zur Messung psycho-galvanischer Reflexe.

Bericht des Vereins zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen 1928/29 (Auszug). — In der diesjährigen Generalversammlung des Vereins zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen wurde neben einer Abnahme der Flammrohrkessel eine Verringerung der handbeschickten Planroste ohne Unterwind festgestellt, auch derjenigen mit Gaszusatz, der Abhitzekessel und der gasgefeuerten Kessel; eine Zunahme haben aber die Wanderroste erfahren, insbesondere diejenigen mit Unterwindfeuerung und Gaszusatz, sowie die Kohlenstaubfeuerungen. Bei den letzteren ist die Entwicklung zum Wirbelbrenner bzw. zur Wirbelflamme unverkennbar, ebenso der Übergang von der bisher üblichen Einblaserichtung der Flamme von oben nach unten mit Umkehr zum Gleichstrom. Durch die Wirbelung gestaltet sich der Feuerraum kleiner und billiger, die Feuerführung und die Luftzuführung einfacher und zuverlässiger; auch ist die Regelbarkeit günstiger. Die nächste Umgebung der Brenner muß aber durch Kühlflächen gegen Zerstörung geschützt werden. Kohlenstaub-Zusatzfeuerungen für Wanderroste sind nicht sehr zahlreich eingeführt worden, obwohl sie zweifellos für Betriebe mit starken Schwankungen zur leichteren Überwindung der Spitzenbelastungen angebracht sind, so daß sie zwar in Elektrizitätswerken die besten Dienste leisten, für Zechenbetriebe aber weniger in Frage kommen, da derartige Spitzenbelastungen hier nicht auftreten. — Eine Zeche ist dazu übergegangen, als Abhitzekessel Steilrohrkessel zu verwenden, die zweifellos gerade für die Wärmeübertragung durch Konvektion den für diese Zwecke üblichen Flammrohrkesseln überlegen sind.

Von den verschiedenen Verfahren zur Reinigung der Rauchgase hat die elektrische Abscheidung wohl am besten die Forderung auf möglichst restlose Abscheidung der Flugasche erfüllt. Das stärkste Hindernis ihrer Einführung bietet wohl noch der hohe Preis. Braucht die Abscheidung der Flugasche weniger gründlich durchgeführt werden, so genügen auch andere Verfahren. So arbeitet z. B. in einer Kohlenstaubfeuerungsanlage ein Zyklon mit anschließender Naßabscheidung durchaus zufriedenstellend. Die mit Ljungström-Lufterhitzer an einem mit minderwertigem Brennstoff beheizten Kessel angestellten Versuche ergaben, daß mit Hilfe der Luftvorwärmung die Leistung einer Kesselanlage ohne Mehrverbrauch an Kohle so gesteigert werden kann, daß der Kraftbedarf für den Antrieb des Luftvorwärmers nur einen kleinen Teil des Gewinnes beansprucht. Gegenüber dem Betriebe mit kalter Luft wurde der Rost allerdings etwas wärmer, die Schlacke löste sich aber leicht, so daß der Mehrverschleiß an Roststäben nicht allzu groß sein dürfte.

Die elektrotechnische Abteilung hat ihre besondere Aufmerksamkeit den elektrischen Fahrdraht-Streckenförderungen gewidmet und die Schienenstoßverbindungen einer eingehenden Nachprüfung unterzogen. Hierbei ergab sich, daß nur die Schweißung eine elektrisch einwandfreie und haltbare Verbindung der Stöße gewährleistet. Verwendet man elastische Verbindungsstücke mit Schweißklötzen, so kann auch dort geschweißt werden, wo die Gleise häufig umgelegt werden müssen. Wichtig für die Haltbarkeit der Stoßverbindung ist vor allem eine gute Unterstützung der Schienenenden, um mechanische Beanspruchungen von den Schweißstellen fern zu halten. Nach den Angaben des Vereins wird ein einfaches Gerät hergestellt, mit Hilfe dessen der Zustand der Stoßverbindungen überwacht werden kann[1]. Explosionen von Batteriebehältern der mit Nickel-Eisen-Akkumulatoren ausgerüsteten Zubringerlokomotiven sind auf die Eisenplatten zurückzuführen. Verwendet man anstatt Eisenelektroden Kadmiumplatten, so ist das während des Betriebes und der Ruhepausen im Batteriebehälter sich noch ansammelnde Gasgemisch nicht mehr explosionsfähig. Von 39 durch elektrischen Strom verursachten Unfällen, bei deren Untersuchung der Verein mitgewirkt hat, waren 17 auf eigenes, 2 auf fremdes Verschulden, 6 auf fehlerhafte Anlage, 9 auf unglücklichen Zufall und 2 auf Streuströme zurückzuführen; 3 Unfälle blieben ohne Aufklärung. (Glückauf Bd. 65, S. 1168.) *Ka.*

Prüfwagen mit Einrichtung zur Untersuchung verlegter Fahrschienen auf Risse und Fehlerstellen vom laufenden Wagen aus. — Die Meßeinrichtung ist für die Aufzeichnung der Fehlerstellen auf einem ablaufenden Papierstreifen sowie für gleichzeitige Markierung der Fehlerstelle an der Schiene eingerichtet und erlaubt mit zwei Mann Bedienung in der Stunde die Untersuchung einer Gleisstrecke von 7,5 km. Dabei entsprechen 1,5 mm des ablaufenden Papierstreifens einer Schienenlänge von 30 cm. Bei dem Meßverfahren von Sperry, welches sich nach den umfangreichen Voruntersuchungen überlegen gezeigt hat, auch gegenüber dem magnetischen Meßverfahren mit Suchspule oder der direkten wie indirekten Widerstandsmessung, machen sich die Fehler der Schienen als Stromstöße in der Apparatur bemerkbar. Die Überlegenheit dürfte besonders in der weitgehenden Unabhängigkeit von den Schwankungen des Hilfstromes zu erblicken sein. Es wird vom fahrenden Wagen aus über kräftige Bürstenkontakte durch die Schiene starker Gleichstrom geschickt, während gleichzeitig der Schienenkopf mit besonderen,

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1857.

Digitized by Google

dicht hintereinander liegenden Tastkontakten laufend bestrichen wird. Die durch Lunker oder Risse im Schienenkopf hervorgerufenen Stromdichteänderungen rufen zwischen den Tastkontakten Stromstöße verschiedener Intensität hervor, die nach Röhrenverstärkung Relais in Tätigkeit setzen. Diese betätigen die Schreibeinrichtung mit 7 Schreibfedern zur Aufzeichnung auf dem ablaufenden Papierstreifen und sind so abgestimmt, daß sie unterschiedlich auf die Verschiedenheit der Stromimpulse ansprechen. Von den 7 Schreibfedern zeichnen je 3 Federn für die rechte und linke Schiene, u. zw. abgestuft entsprechend der durch den Fehler hervorgerufenen Querschnittsänderung von 7, 15 und 25 %, während die mittlere Feder die Schienenenden als Mäanderlinie registriert.

Der Maschinensatz ist im vorderen Teile des Meßwagens untergebracht und besteht aus einer 25pferdigen Gasmaschine und einer Gleichstrommaschine für 2 V/4000 A mit 100 V/10 A Erregung. Die Stromzuleitung zu den Fahrschienen erfolgt durch je zwei im Abstande von 90 cm liegende Kontaktbürstensätze mit je 8 Schleifkontakten. Diese Kontakte bestehen aus massiven Kupferklötzen, welche durch starke Federn gegen den Schienenkopf gepreßt werden. Zwischen den Stromkontakten sind die Tastbürsten angeordnet, die beim Gleiten über die Fehlerstelle einen Stromstoß auf eines der angeschlossenen Relais entsprechend der Intensität des Stromstoßes übermitteln. Die Strom- und Tastbürstensätze werden von einem Gestell getragen, welches beweglich zwischen den Laufrädern des Wagens angeordnet ist und vom Wageninnern in der Höhe gesteuert werden kann. Neben den Kontaktbürsten ist noch je eine Spritzpistole vorgesehen, die zur Kennzeichnung der Fehlerstelle an der Schiene dient. Die magnetische Auslösung der Spritzpistole erfolgt ebenfalls durch ein Relais, wobei aber durch elektrische Abstimmung desselben dafür gesorgt ist, daß nur Fehlerstellen und nicht auch Schienenstöße die Spritzpistole auslösen. Die Druckluft für die Pistole wird durch ein Gebläse, angetrieben vom Motorgenerator, erzeugt. Außerdem führt der Wagen als Zubehör einen Fahrgeschwindigkeitsanzeiger und ein Paar rotierender Stahldrahtbürsten von 25 cm Dmr. zur Reinigung des Schienenkopfes, den Kontaktbürsten vorauslaufend, mit. Die rotierenden Bürsten werden von der Generatorwelle mit 2500 U/min angetrieben.

Auf einer Strecke der New York Central von etwa 250 km wurden 53 000 Schienen gemessen, die seit etwa 5½ Jahren verlegt waren. Es wurden dabei 0,06 % fehlerhafte Schienen festgestellt. Anordnung und Meßorgane sind entwickelt worden von der Sperry Development Co., Brooklyn, gemeinsam mit der American Railway Assoc., der American Railway Eng. Assoc. und der New York Central. (Railway Age Bd. 85, S. 955.) *Schö.*

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Fußend auf Äußerungen der Leiter unserer großen Versorgungsunternehmungen in den einzelnen Teilen des Reichs sowie der Landesregierungen und auf Grund eigener Erhebungen hat nunmehr Dr. O. v. Miller das erwartete Gutachten über die Reichselektrizitätsversorgung der Öffentlichkeit übergeben[2]. Es verdankt seine Entstehung, abgesehen vom Verfasser, der Initiative des Reichswirtschaftsministers Dr. A. J. Curtius, der in einem Vorwort bemerkt, daß es sich bei diesem Gutachten nicht um einen „Regierungsplan" handle, wohl aber um eine Arbeit, die mit ihren aufschlußreichen Listen und Plänen so wertvolle Anregungen für die künftige Entwicklung der deutschen Elektrizitätswirtschaft biete, daß es auf das lebhafteste zu begrüßen sei, wenn sie nunmehr durch die Veröffentlichung zur allgemeinen Erörterung gestellt werde. Auch der 3. Unterausschuß des Komitees zur Untersuchung der Erzeugungs- und Absatzbedingungen der deutschen Wirtschaft hat in diesen Tagen das Ergebnis seiner Enquete über die deutsche Elektrizitätswirtschaft publiziert[3]. Der Bericht behandelt die Struktur letzterer, ihre Organisation, die Preise, Kapital, Kosten sowie Erlöse und wird durch eine Reihe von Anlagen und Gutachten verschiedener Sachverständiger ergänzt. Beide Werke sollen hier demnächst eingehende Würdigung finden.

Die Stromerzeugung der Elektricitäts-Werke Liegnitz betrug im Jahr 1929 insgesamt 20,952 Mill kWh (19,273 i. V.), wovon 11,362 für die Überlandversorgung dienten (10,315 i. V.). Nutzbar abgegeben hat die Gesellschaft im ganzen 15,835 Mill kWh (14,281 i. V.) und davon 8,047 an das Land (7,293 i. V.). Der Straßenbahnbetrieb brachte weiterhin Verluste, und das Installationsgeschäft ist unter der Ungunst der wirtschaftlichen Verhältnisse zurückgegangen. Aus dem Betrieb erzielten die Werke 2 481 808 RM (2 413 002 i. V.); ihr Reingewinn von 658 587 RM (622 155 i. V.) gestattete die Verteilung von wieder 10 % Dividende auf 4,620 Mill RM Aktienkapital.

Nach dem Geschäftsbericht der Allgemeinen Gas- und Elektricitäts-Gesellschaft, Bremen, für 1929 hatten die von ihr geleiteten Elektrizitätsunternehmungen i. a. erhöhten Umsatz, doch wurden die Erträgnisse durch die unvermindert hohen Steuerbelastungen beeinträchtigt.

Trotz der allgemein schlechten Wirtschaftlage hat sich der Stromabsatz der Oberbayerischen Überland-Zentrale AG., München, 1928/29 normal entwickelt. Das nunmehr 1230 km lange Hochspannungsnetz umfaßt 2082 Ortschaften usw. (1993 i. V.) und 679 Transformatorenstationen (666 i. V.) mit einem Anschlußwert von 23 220 kVA (20 827 i. V.). Als Überschuß aus Stromlieferung, Zählermieten, Installationen usw. ergaben sich 2 079 804 RM (1 893 466 i. V.) und als Reingewinn mit Vortrag 588 327 RM (578 045 i. V.), aus dem auf unverändert 7,680 Mill RM Stammaktienkapital wieder 7 % Dividende ausgeschüttet wurden.

Der Stadtrat von Oldenburg hat ein Abkommen mit der Preußischen Elektrizitäts-AG. gutgeheißen, demzufolge die Stadt sich ebenso wie die Preag mit 3 Mill RM an der Gründung einer Oldenburgischen Stromversorgungs-AG. beteiligt und in diese ihr Gaswerk sowie das Gas- und Elektrizitätsnetz einbringt, während das Elektrizitätswerk nach der Frankf. Zg. an die Nordwestdeutschen Kraftwerke AG. übergeht. Das neue Unternehmen wird unter Führung der Preag die Zentrale für die ganze Versorgung Oldenburg-Ostfrieslands. Auch die Stadt Brake an der Weser hat den Verkauf ihres Elektrizitätswerks mit allen Nebeneinrichtungen an die Preag beschlossen.

Die Berliner Stadtverordnetenversammlung hat einen Antrag des Magistrats angenommen, ein im Besitz der Stadt befindliches Paket Aktien des Elektricitätswerks Südwest AG. im Betrag von 18,50 Mill RM zu 135 % an ein der Gesfürel-Loewe AG. nahestehendes Konsortium zu verkaufen, dem neben verschiedenen Banken auch die Elektrizitäts-AG. vormals Schuckert & Co., die Elektrische Licht- und Kraftanlagen AG., Berlin, und die Sofina in Brüssel angehören. Es wird auch eine Kapitalserhöhung des Elektricitätswerks Südwest auf 50 Mill RM und die Ausgabe einer Anleihe von 10 Mill $ für dieses durchführen.

Die auf eine Zusammenfassung der noch stark zersplitterten kommunalen Elektrizitätswirtschaft Württembergs (z. Z. werden von 280 Werken jährlich rd. 650 Mill KWh abgegeben) gerichteten Bestrebungen sind, wie es scheint, durch einen Vortrag des Generaldirektors Dr. Fischer von den VEW in letzter Zeit erheblich gefördert worden, und man arbeitet jetzt nach der Frankf. Zg. an einem Zusammenschluß des Bezirksverbandes Oberschwäbische Elektrizitätswerke mit dem des Heimbachkraftwerks, Freudenstadt. Gleichzeitig ist aber auch bekanntgeworden, daß die sehr zahlreiche Gemeinden versorgenden kommunalen Überlandwerke (Gemeindeverbände) Aistaig, Enzberg, Oehringen, Teinach und Tuttlingen sich zwecks gegenseitigen Schutzes der Absatzgebiete, gemeinsamer Materialbeschaffung, Angleichung der Strompreise und Lieferungsbedingungen usw. zu einer Interessengemeinschaft vereinigt und zur Regelung außerhalb dieser liegender Fragen mit dem Großkraftwerk Württemberg AG., Heilbronn, sowie mit dem Kraftwerk Altwürttemberg AG., Ludwigsburg, einen Freundschaftsvertrag geschlossen haben.

Das von der Stadt Tübingen und der Elektrische Kraftübertragung Herrenberg errichtete Wasserkraftwerk am Neckar für eine Jahresleistung von 5,6 Mill kWh ist vor kurzem in Betrieb genommen worden.

Die Badische Landeselektrizitätsversorgung AG. (Badenwerk), Karlsruhe, hat vor kurzem durch Vermittlung der Schweizerischen Kreditanstalt in Zürich eine weitere 6prozentige Anleihe von 12 Mill schw. Fr aufgenommen und wird überdies ihr Aktienkapital von 21 auf 27 Mill RM erhöhen. Die Beteiligungen am Schluchseewerk und an dem im Bau begriffenen Kraftwerk bei Schwörstadt sowie die Notwendigkeit weiterer Netzvergrößerungen haben diesen Geldbedarf hauptsächlich herbeigeführt.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 406.
[2] Vertrieb durch die VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis geb. 30 RM.
[3] E. S. Mittler & Sohn, Berlin 1930. Preis geb. 16,75 RM.

Digitized by Google

Zu einer Reihe von Talsperren, die neuerdings in Sachsen zum Schutz gegen Hochwassergefahren und zur Trinkwasserversorgung angelegt worden sind, gehört auch die bei Kriebstein im Tal der Zschopau, die zugleich elektrische Arbeit liefern soll.

Nach einem von Direktor Kühnert der Elektrizitätswerk Schlesien AG. gehaltenen Vortrag, über den die Elgawe-Tagesfragen berichten, betrug die Gesamtleistung der schlesischen Kraftwerke 1928 344 240 kW und ihre Stromlieferung 681,82 Mill kWh, wozu noch 80,68 Mill kWh von auswärts hinzukommen, so daß in Schlesien bei rd. 17 % Verlust 633,73 Mill kWh verkauft worden sind. Hieraus ergibt sich ein Nettostromverbrauch je Kopf der Bevölkerung von 137 kWh und ein Anteil der Provinz an der gesamten deutschen Elektrizitätsabgabe von 5.25 %.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zum Vortrags- und Diskussionsabend für jüngere Fachgenossen am Dienstag, dem 8. April 1930, abends 7½ Uhr in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB, Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Vortrag des Herrn Oberingenieurs Plüer über das Thema: „Umschaltung in städtischen Gleich- und Drehstrom-Netzen unter Berücksichtigung der Abnehmeranlagen."

Inhaltsangabe:

1. Gründe der Umschaltungen.
2. Durchführung der verschiedenen Umschaltungen:
   a) von Gleichstrom 2 × 110 V auf Gleichstrom 2 × 220 V,
   b) von Drehstrom 3 × 120 V auf Drehstrom 3 × 220 V,
   c) von Gleichstrom 2 × 220 V auf Drehstrom 3 × 380/220 V,
   d) von Drehstrom 3000 V auf Drehstrom 6000 V.
3. Installationstechnische Erfahrungen.
4. Einwirkung der Umschaltung auf Abnehmeranlagen.

2. Besprechung des Vortrags.

Zahlreiche Beteiligung der jüngeren Fachgenossen erwünscht.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg 1, Bismarckstr. 1.

Preisausschreiben!

Das Kuratorium der Zusatzstiftung zu Zeitlers Studienhaus-Stiftung, Berlin, dem auch ein Vertreter des Elektrotechnischen Vereins angehört, hat aus den eingereichten Preisaufgaben zur Lösung wirtschaftlicher, wissenschaftlicher oder technischer Fragen folgende ausgewählt:

1. Die neuzeitliche Schweißtechnik verdrängt infolge ihrer wirtschaftlichen Überlegenheit andere Verbindungsarten (Nieten, Falzen, Schrauben usw.) immer mehr. Ihrem Eindringen in einige Zweige der industriellen Fertigung und des Bauwesens (Dampfkesselbau, Schiffbau, Stahlbau) stehen jedoch noch Hemmungen entgegen, die darauf zurückzuführen sind, daß ein zuverlässiges und handliches Gerät zur Prüfung der Arbeitsgüte fehlt. Die Schaffung eines werkstattgerechten, schnellarbeitenden Prüfungsgerätes für Schweißnähte, ohne sie zu zerstören, ist der springende Punkt der ganzen Entwicklung. Heute prüft man mittelbar dadurch, daß man den Arbeiter ein Vergleichstück anfertigen läßt und dieses untersucht. Das unmittelbar wirkende Röntgenprüfverfahren ist noch nicht reif für die Verwendung auf der Baustelle. Am aussichtsreichsten erscheint die Verwendung magnetischer Felder und elektrischer Induktionen zur Untersuchung der Schweißnähte. Es ist ein Prüfgerät zu entwickeln, das in der Hand des üblichen Abnahme-Ingenieurs schnell und zuverlässig Fehlstellen in der Schweißnaht anzeigt.

Als Preis für die beste Lösung dieser Aufgabe ist ein Betrag von **5000 RM** ausgesetzt worden.

2. Entwicklung eines ruhenden Frequenzumformers für 50/16⅔ Hz mit möglichst geringen Störwirkungen auf den Fernsprechbetrieb.

Begründung: Die Frequenzumformung zur Versorgung der Bahnnetze aus den Landesnetzen geschah bisher ausschließlich durch rotierende Umformer. Mit Rücksicht auf die zukünftige Vollbahn-Elektrisierung ist es wünschenswert, einen ruhenden Frequenzumformer zu entwickeln, der jedoch keine Störwirkungen auf den Fernsprechbetrieb ausüben darf.

Als Preis für die beste Lösung dieser zweiten Aufgabe ist ein Betrag von **3000 RM** ausgesetzt worden.

3. „Die Auswirkung der Fürsorgeerziehung als Vorbeugung oder Heilung von Asozialität."

Als Preis für die beste Lösung dieser Aufgabe ist ein Betrag von **1200 RM** ausgesetzt worden.

4. „Der Alkoholismus in der Nachkriegszeit in Deutschland und im Ausland, an klinischem und statistischem Material geprüft."

Als Preis für die beste Lösung der vierten Aufgabe ist ein Betrag von **1000 RM** ausgesetzt worden.

Die Lösungen dieser Preisaufgaben müssen in deutscher Sprache abgefaßt bis spätestens 1. April 1931 an das „Kuratorium der Zusatz-Stiftung zu Zeitlers Studienhaus-Stiftung" in Berlin O 27, Schicklerstraße 5 II eingesandt sein.

Die Einsendung unter einem Kennwort ist erwünscht. In solchem Falle ist die genaue Anschrift des Einsenders in einem geschlossenen Umschlage mit gleichem Kennwort beizufügen.

Gemäß den Bestimmungen des Bürgerlichen Gesetzbuches über „Auslobung, die eine Preisbewerbung zum Gegenstande hat" (§ 661 Abs. 4) wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß das Eigentum an der eingesandten Lösung als kostenlos auf die Stadt Berlin übertragen gelten soll.

Der Wettbewerb steht für Jedermann offen.

Lesesaal für technische Zeitschriften und Bücher.

Wir machen unsere Mitglieder erneut darauf aufmerksam, daß der Elektrotechnische Verein im Lesesaal des VDI, Ingenieurhaus, Berlin NW 7, Friedrich Ebert-Straße 27, eine reichhaltige Zeitschriftenschau und Zeitschriften-Bibliothek unterhält, die dem forschenden Ingenieur beste Dienste leisten kann. So werden in dieser Bibliothek insbesondere sämtliche führenden elektrotechnischen Zeitschriften des Auslandes laufend ausgelegt, ältere Jahrgänge sind gebunden vorhanden und können im Lesesaal eingesehen werden. Die Mitgliedskarte des Elektrotechnischen Vereins berechtigt zum Eintritt in den Lesesaal des Ingenieurhauses und zur Benutzung aller dort verfügbaren Bücher und Zeitschriften.

Öffnungszeiten des Lesesaales:
Montag, Dienstag, Donnerstag von 9 Uhr bis 19 Uhr
Mittwoch und Freitag von 9 Uhr bis 21 Uhr,
Sonnabend von 9 Uhr bis 13 Uhr.

Liste
der Auslandszeitschriften, die vom E. V. gehalten werden:

Abstract-Bulletin of Lamp Development Laboratory, Nela Park

Annales des Postes, Télégraphiques et Téléphones

Annali dei Lavori Publici

Archives d'Electricité Médicale

Asea-Journal (Zeitschrift der Allgemeinen Schwedischen Elektrizitäts AG.)

Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi (A. C. E. C.)

Bell System Technical Journal

Bell Telephone Quarterly

Bollettino Radiotelegrafico

Boletin de la Asociación Argentina de Electrotecnicos, Buenos Aires

Bulletin de la Société Française des Electriciens

Digitized by Google

Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Bulletin Oerlikon
Bureau of Standards, Journal of Research
Chemical and Metallurgical Engineering
Communications from the Physical Laboratory of the University of Leiden
Electrical Communication
Electrical Review
Electrical World
Electrician
Electricidad
Electric Journal
Electric Railway Journal
Electro Farming
Electro-Techniek
Elettrotecnica, Mailand
Energia Elettrica
The Engineer
Engineering
Engineering Journal
Engineering News Record
Factory and Industrial Management
General Electric Review
Génie Civil
German-American Commerce Bulletin
Helvetica Physica Acta
Illustrated Official Journal (Patents)
Illustrated Official Journal (Abridgements of Specifications)
Index of Patents issued from the United States Patent Office
Industrial Management
Industrial Engineering
De Ingenieur, Utrecht
Iron Age
Journal de Physique et Le Radium
Journal of the American Institute of Electrical Engineers
Journal of the American Waterworks Association
Journal of the Institution of Electrical Engineers
Journal of the Institution American of Electrical Engineers
Journal of the Franklin Institute
Journal Télégraphique
Official Gazette of The U. S. Patent Office
Organ der Vereeniging van Electrotecnische Ambtenaren der Telegrafie
Philosophical Magazine Edinburgh Dublin London
Physical Review
Physical Society of London Proceedings
Post Office Electrical Engineers Journal
Proceedings of the Engineers Soc. of Western Pennsylvania
Proceedings of the Institute of Radio and Radio Eng.
Radio News
Radio Service Bulletin
Railway Age
Railway Electrical Engineer
Railway Engineer
Revista Electrotecnica
Revue Générale des Chemins de Fer
Revue Générale de l'Electricité
Science Abstracts
Scientific American
Scientific Papers of the Institute of Physical and Chemical Research
Scientific Papers of the Bureau of Standards Washington
Schweizerische Bauzeitung
Technologic Papers of the Bureau of Standards Washington
Technologist
Technicki List
Teknisk Tidskrift
Telegraph- and Telephon-Age
Telegraph and Telephon Journal, London
Telephone Engineer
Telephony
Tramway- and Railway-World
Transactions of the Faraday-Society
Tijdschrift voor Electrotechniek
Wireless World and Radio Review
World Power

Die Bücher und Zeitschriften dürfen nur in der Bücherei selbst benutzt werden. Im Interesse der Mitglieder empfehlen wir eine lebhafte Beteiligung.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

VDE-Sonderdruck-Verzeichnis.

Der VDE hat soeben ein neues Verzeichnis seiner Sonderdrucke erscheinen lassen, welches kostenlos, auch in mehreren Exemplaren, von der Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, zu beziehen ist.

Bekanntmachungen.

Kommission für Anlasser und Steuergeräte.

Auf Veranlassung des Sonderausschusses „Schlagwetter-Schutzvorrichtungen" hat die Kommission für Anlasser und Steuergeräte beschlossen, die in § 36 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten R. E. A./1928" enthaltene Bestimmung, daß für schlagwetter- und explosionsgefährdete Räume bei 250 und 550 V das Maß k für die Kriechstrecke und das Maß l für die Luftstrecke gegenüber den in Tafel III angegebenen Werten zu verdoppeln sei und das Maß c für den Abstand der Unterbrechungsstelle an den feststehenden Kontakten von der Öloberfläche 50 mm nicht unterschreiten dürfe, zu streichen. Ein formeller Antrag auf diesbezügliche Änderung des § 36 der R. E. A./1928 wird gelegentlich der an Stelle der diesjährigen Jahresversammlung abzuhaltenden Ausschußsitzung zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Die Unterkommission „Hochfrequenz-Heilgeräte" hat die Vorarbeiten für die Aufnahme der Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten auf Erteilung der Genehmigung zur Führung des VDE-Prüfzeichens jetzt abgeschlossen.

Bei diesen Vorversuchen haben sich die nachstehenden Änderungen an dem durch die Jahresversammlung 1929 mit dem 1. Juli 1929 in Kraft gesetzten Wortlaut der

„Regeln für den Bau und die Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten"

als erforderlich erwiesen.

Der Vorstand hat diesen Änderungen in seiner Sitzung vom 21. März 1930 zugestimmt und den nachstehend wiedergegebenen Wortlaut der betroffenen Paragraphen mit dem 1. April 1930 in Kraft gesetzt.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Änderungen der „Regeln für den Bau und die Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten".

IV. Bestimmungen.

A. Bau.

§ 12.

Anschluß- und Verbindungsleitungen.

In Absatz 2 werden die Worte „leichte Anschlußleitungen (NHH)" gestrichen, da diese Leitungen nicht mehr geliefert werden.

Zwischen Absatz 3 und 4 wird ein neuer Absatz folgenden Wortlautes eingefügt:

„Der Stecker soll mit einem Kennzeichen versehen sein, um unterscheiden zu können, in welchem Sinne er in die Dose eingeführt wird."

§ 13.

Aufschriften.

Dieser Paragraph erfährt folgende Erweiterung:

„Aufschriften sollen dauerhaft und gut leserlich am Hauptteil des Gerätes angebracht sein; sie sollen umfassen:

1. Nennspannung,
2. Stromart,
3. Ursprungzeichen,
4. Prüfzeichen des VDE, soweit von der Prüfstelle des VDE die Genehmigung hierzu erteilt ist."

§ 14.

Maßnahmen gegen Funkempfang-Störungen.

Dieser Paragraph erhält folgende geänderte Fassung:

„Die Geräte müssen so beschaffen sein, daß durch ihren Betrieb die Störung benachbarter Funkempfänger unter den in § 17 angegebenen Grenzwerten bleibt."

B. Prüfung.

§ 17.

Funkempfang-Störungen.

Dieser Paragraph erhält folgende geänderte Fassung:

„Prüfanordnung.

1. Die Prüfanordnung besteht aus:
einer besonderen Stromquelle (Benutzung des vorhandenen Starkstromnetzes ist nicht angängig),

Digitized by Google

einer Übertragungsleitung,
zwei Erdungen,
einem Vergleichstörsender,
einem Prüfempfänger,
einer Lautstärkevergleichsanordnung,
einem Phantom.

2. Die besondere Stromquelle wird gebildet aus
einem Motor und
einem Generator.

Je nach der auf dem Heilgerät angegebenen Stromart ist für die Prüfung ein Generator für Gleichstrom, für Wechselstrom oder für beide Stromarten zu verwenden.

Motor und Generator sind beide von Erde und gegeneinander gut zu isolieren und zwar derart, daß möglichst geringe Kapazität gegen Erde und gegeneinander besteht.

Die Zuleitungen zum Motor müssen gemeinsam in einem geerdeten Metallrohr verlegt sein.

Motor und Generator sollen möglichst funkenfrei arbeiten. Zwischen allen Klemmenpaaren sind je 2 Kondensatoren von 5 µF in Reihe zu schalten, deren Mitte an das Gehäuse der betreffenden Maschine und Erde gelegt wird.

Das Gehäuse des Generators muß eine Klemme zum Erden während der Prüfung haben.

3. Die Übertragungsleitung besteht aus 2 Drähten im Abstande von 30 cm.

Diese Drähte müssen von allen geerdeten Teilen sowie von Gebäuden, Fußböden und mit diesen verbundenen Metallteilen usw. einen Abstand von mindestens 100 cm aufweisen.

Die Drähte können blank oder isoliert sein; die Zuleitungen an den beiden Enden sollen möglichst senkrecht geführt sein.

Die Leitung ist geradlinig in einer Länge von 80 m, zweckmäßig im Freien, zu verlegen; sie beginnt am Generator.

4. In der Nähe des Anfang- und Endpunktes der Übertragungsleitung ist je eine gute Erdung vorzusehen (siehe Abb. 1).

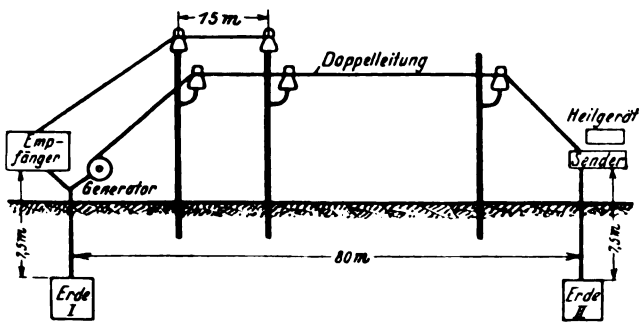


Abb. 1.

Der Erder muß im Grundwasser liegen.

Die Zuleitung zum Erder muß senkrecht geführt sein; sie darf keine größere Länge als 7,5 m zwischen Erdungsklemme und Grundwasser haben.

Die Erdungsstellen liegen unterhalb der beiden Drähte der Übertragungsleitung und zwar die Erde I in 5 m Abstand vom Anfang der Übertragungsleitung, die Erde II an ihrem Endpunkt.

Die Erde I dient zum Erden des Prüfempfängers und der Maschinengehäuse, die Erde II zum Erden der Übertragungsleitung während der Prüfung.

5. Am Ende der Übertragungsleitung ist der Aufstellungsplatz für das zu prüfende Hochfrequenz-Heilgerät und für den Vergleichstörsender vorzusehen. Beide sollen isoliert von der Erde aufgestellt sein.

Als Störsender wird ein fremdgesteuerter Röhrensender verwendet, dessen 25 %-ige Modulation von einem Stimmgabelsummer mit 800 Hz geliefert wird und der zwischen 200 und 2000 m Wellenlänge stetig abstimmbar ist.

Die Kopplung des Störsenders mit der Übertragungsleitung erfolgt induktiv auf eine Spule von 0,05 mH, die einerseits mit Erde und andererseits über einen Kondensator von rd 5000 cm mit der Mitte von zwei in Reihe geschalteten Kondensatoren von rd 0,5 µF verbunden ist, deren andere Pole an die beiden Drähte der Übertragungsleitung angeschlossen sind.

6. Als Prüfempfänger kann ein Empfangsgerät üblicher Art, jedoch unter Abschaltung des Niederfrequenzverstärkers verwendet werden. Geeignet ist ein Gerät mit einer Hochfrequenz- und einer Audionstufe.

Der Empfänger muß für Wellenlängen von 200 bis 2000 m stetig einstellbar sein und gleichmäßige Empfindlichkeit haben. Jede, auch ungewollte, Rückkopplung im Empfänger ist zu vermeiden.

Der Empfänger ist durch Batterien zu betreiben.

Der Erdungspunkt des Empfängers ist an Erde I am Anfang der Leitung anzuschließen.

Der Antennenanschluß des Empfängers ist mit einer eindrähtigen Antenne zu verbinden.

Die Antenne ist im Abstande von 30 cm von jedem der beiden Drähte der Übertragungsleitung parallel mit dieser zu führen (Dreieckanordnung). Sie darf keinen geringeren Abstand als 100 cm von der Erde oder von anderen Gebäudeteilen haben.

Die Antenne hat eine Länge von 15 m, ihre Ableitung eine Länge von 5 m.

Das Empfangsgerät ist in einem Abstande von 5 m vom Anfang der Übertragungsleitung unmittelbar an dem Erdungsanschluß anzuordnen.

Die Prüfung erfolgt durch Kopfhörer.

7. Zum Lautstärkevergleich ist ein Barkhausenscher Lautstärkemesser zu verwenden [siehe 1. Zeitschrift für technische Physik Nr. 12, Jahrgang 1926 „Über die Form eines neuen Schallmessers für die Praxis", 2. VDI, Band 71, Seite 1471, Jahrgang 1927, 3. Schalltechnik Nr. 3. Jahrgang 1928].

8. Als Ersatz für die bei der Benutzung des Gerätes zu behandelnde Person ist bei der Prüfung ein Phantom zu verwenden, das in der Nähe des Hochfrequenz-Heilgerätes, ungefähr an der Stelle, an der sich die zu behandelnde Person befinden würde, aufgestellt wird. Der Abstand des Phantoms von der Anschlußstelle für das Heilgerät soll 150 cm betragen.

Sonstige Metallteile sind in einem Abstand unter 4 m um das Phantom herum möglichst zu vermeiden oder zu erden.

Das Phantom besteht aus einer leitenden Fläche (z. B. aus einem mit Stanniol überzogenen Brett) von ungefähr 600 mm Breite und 1500 mm Höhe, die isoliert mit etwa 500 mm Abstand vom Boden aufgestellt wird und der ein selbstinduktionsfreier Widerstand von 300 Ω vorgeschaltet ist. Das freie Ende dieses Widerstandes ist durch einen kurzen Leitungsdraht mit einer dem Heilgerät vorzuschaltenden Funkenstrecke zu verbinden. Das andere, noch freie Ende dieser Funkenstrecke ist an die metallene Behandlungselektrode des Heilgerätes anzuschließen. Ist in der Gebrauchsanweisung für das Heilgerät eine geerdete Handschelle oder Fußplatte vorgeschrieben, so wird am unteren Ende des Phantomes ein zweiter Draht befestigt, der mit dieser Handschelle oder Fußplatte verbunden wird.

Prüfverfahren.

9. Zur Eichung der Prüfanlage wird der Empfänger eingeschaltet und der Störsender an die Übertragungsleitung angekoppelt. Bei Einstellung des Störsenders auf die in Abb. 2 für die verschiedenen Wellenlängen ange-

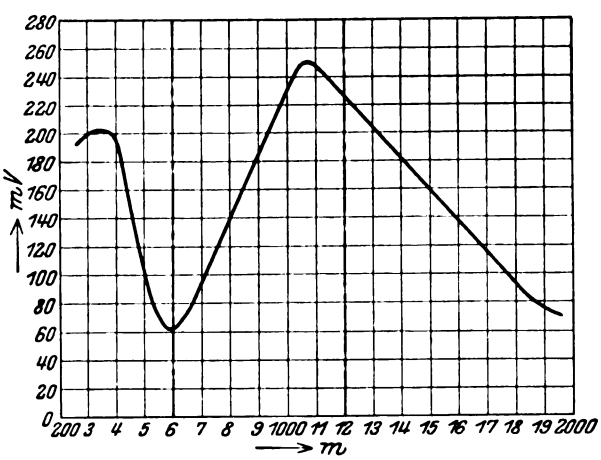


Abb. 2.

gebenen Werte soll der Empfänger im Lautstärkemesser bei den Wellen von 200 ... 600 m eine Lautstärke von 11 Phon, bei den Wellen von 600 ... 1200 m eine Lautstärke von 8 Phon und bei den Wellen von 1200 ... 2000 m eine Lautstärke von 6 Phon ergeben. Die so ermittelten Lautstärkewerte gelten als zulässige Höchstwerte für die Störungen durch die zu untersuchenden Heilgeräte.

Zur Prüfung der Störung durch die Maschinen wird der Störsender abgeschaltet, der Motor in Betrieb gesetzt, der Generator auf die erforderliche Prüfspannung gebracht und als Ersatz für das Heilgerät ein Widerstand von 75 Ω bei 110 V und von 300 Ω bei 220 V eingeschaltet.

Digitized by Google

Die am Empfänger gemessene Lautstärke muß in jedem Wellenbereich mindestens 4 Phon unter den vorstehend angegebenen Grenzwerten bleiben. Von Zeit zu Zeit, mindestens alle 3 h, ist während der Messungen eine Nachprüfung erforderlich.

10. Die Prüfung des Heilgerätes erfolgt in der Betriebsweise sowie mit der Spannung und der Stromart, wie sie in der Gebrauchsanweisung des Herstellers angegeben sind. Bei Geräten für mehrere Spannungen und Stromarten ist festzustellen, bei welcher sich die größte Störung ergibt. Hiermit sind dann sämtliche Prüfungen durchzuführen.

Die Speisung des Gerätes erfolgt durch die Übertragungsleitung aus dem Generator. Der Störsender ist hierbei abzuschalten.

Das Heilgerät ist zu prüfen

a) mit offenem Hochspannungspol ohne eingesetzte Behandlungselektrode,
b) mit Anschluß an das Phantom, wobei der Behandlungselektrode eine Funkenstrecke von 6 mm vorzuschalten ist.

Die Prüfung ist für die Anschlußarten a) und b) durchzuführen

1. ohne Erdung der Leitung an ihrem Ende,
2. mit Erdung des einen Leitungsdrahtes,
3. mit Erdung des anderen Leitungsdrahtes.

Dabei ist das Heilgerät auf stärkste Störung einzustellen und für jeden Wellenbereich zu messen, welchen Höchstwert die Störung erreicht.

11. Ein Heilgerät gilt als ausreichend störungsarm, wenn die gemessene Störlautstärke unter keiner der vorstehend angegebenen Bedingungen die Höchstwerte nach Ziffer 9 überschreitet."

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betr.: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

In der ETZ 1930, Heft 7, Seite 262, wurde bekanntgegeben, daß sich Sicherungspatronen mit dem Ursprungszeichen ⋔ im Handel befinden, die das VDE-Zeichen zu Unrecht tragen. Vor dem Ankauf dieser Sicherungspatronen wurde gewarnt.

Zur Vermeidung von Verwechselungen wird noch darauf hingewiesen, daß dieses Zeichen ⋔ mit dem Zeichen ⋔ der Firma Stückrath & Höhfeld, Gelsenkirchen, nicht identisch ist. Diese Firma besitzt die Berechtigung zur Führung des VDE-Zeichens für D-Patronen 6, 10, 15, 20 und 25 A 500 V.

Unter Bezugnahme auf die Veröffentlichung in der ETZ 1930, Heft 10, Seite 373, wird ergänzend mitgeteilt, daß die Firma Wilhelm Buckenmaier, Stettin-Hechingen, nicht nur Sicherungspatronen, sondern auch Paßschrauben, die das VDE-Zeichen zu Unrecht tragen, in den Verkehr gebracht hat.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 10. IV. 30, abds. 7½ h, Hörsaal 199 der Staatl. Akademie für Technik: Vortrag Dr. Hemleben, „Goethes Kampf für und gegen die Naturwissenschaft".

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 8. IV. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: Lichtbildervortrag Obering. Kuntze, „Elektrisierung der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen".

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein Königsberg. 7. IV. 1930, abds. 8 h, Hörsaal des Physikal. Inst. d. Universität, Steindamm 6: Vortrag Dr. Weinnoldt, „Neue Gesichtspunkte über den Bau von Fernkabeln".

Elektrotechn. Verein München. 9. IV. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 127 der T. H.: Vortrag Dr. Kesselring, „Der Expansionsschalter" (Hochleistungsschalter ohne Öl).

Deutsche Beleuchtungstechn. Gesellschaft (gemeins. mit der Ges. für angew. Optik), **Berlin.** 10. IV. 1930, nachm. 3 h, Physikal. Hörsaal der T. H.: a) Dr. Reeb, „Die Leuchtdichten als lichttechn. Primäreinheit". b) Dr. Joachim, „Lichtströme u. Beleuchtungstärken in opt. Systemen". c) Dr. Lihotzky, „Einführ. des Aperturbegriffs zur Lösung lichttechn. Aufgaben". — d) Dipl.-Ing. Weigel, „Über die Untersuch. reflekt. u. transmitt. Stoffe".

PERSÖNLICHES.

K. Hager. Der Direktor der Bayerischen Landesgewerbeanstalt Nürnberg, Geheimrat Professor Karl Hager, tritt aus Gesundheitsrücksichten im Laufe des Jahres in den Ruhestand.

Auszeichnungen. — Dem Oberbaudirektor Clemens Zell, 1. Vorsitzendem des Elektrotechnischen Vereins München, wurde von der T. H. München in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um den großzügigen Ausbau der Energieversorgung Münchens die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen.

Jubiläum. Am 13. IV. d. J. begeht Herr Direktor Erich Sieg, Generaldirektor der Gottfr. Hagen AG., Köln-Kalk, die Feier seiner 40jährigen Tätigkeit in der genannten Firma. Herr Dr. Sieg hat sich um die Entwicklung des elektrischen Akkumulators und durch Förderung der elektrotechnischen Wissenschaft und Industrie große Verdienste erworben. Er ist langjähriges Mitglied des Vorstandes und Ausschusses des Verbandes Deutscher Elektrotechniker sowie Begründer und Ehrenvorsitzender der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Köln.

LITERATUR.

Besprechungen.

Arbeiten aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Aachen. Bd. 3, 1928. Herausg. v. Prof. Dr.-Ing. W. Rogowski. Mit zahlr. Textabb. u. 226 S. in 4°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1929. Preis kart. 14 RM.

Die Aufsätze des Bandes 3 berichten über die Forschungsarbeit des Institutes namentlich in drei Richtungen: Weiterentwicklung des Kathodenoszillographen, Untersuchung von Wanderwellen- und Überspannungsvorgängen, besonders in Spulen, Erforschung des Durchbruchs fester und gasförmiger Isolierstoffe. Auf dem erstgenannten Gebiet werden u. a. der Glühkathodenoszillograph für Innenaufnahmen sowie Sonderausführungen für die Aufzeichnung kleiner Spannungen beschrieben. Den Überspannungen in Netzen und ihrer Bekämpfung sind zwei ausführliche Arbeiten gewidmet, eine weitere den Ausschaltüberspannungen, deren Unabhängigkeit von der Größe der Induktivität bestätigt wird. Die dem Spulenproblem geltenden Arbeiten haben über die Spannungsverteilung, Resonanzen u. dgl. viel Klarheit gebracht; die Untersuchungen über den elektrischen Durchbruch lieferten neue Gesichtspunkte zur Townsendschen Theorie und zur Entwicklungsgeschichte des Durchschlags. — Die auf den genannten Gebieten tätigen Forscher werden es begrüßen, einen wichtigen Teil der einschlägigen Arbeiten im vorliegenden Bande gesammelt vorzufinden.

Winkler.

Handbuch der Physik, herausg. v. H. Geiger und K. Scheel. Bd. 20: Licht als Wellenbewegung. Bearb. v. mehr. Fachgel., redig. v. H. Konen. Mit 225 Abb., XV u. 967 S. in 4°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 86 RM, geb. 89 RM.

Der 20. Band des groß angelegten Handbuches der Physik hat eine weit über die reine Physik hinausgehende allgemeine Bedeutung, enthält er doch die Grundlagen für die Neugestaltung des Weltbildes. Mit der Art, wie die Physik, insbesondere die Optik, in den zu Anfang dieses Jahrhunderts erschienenen Lehr- und Handbüchern behandelt wurde, hat dieser dem Lichte gewidmete Band kaum noch eine Ähnlichkeit. Quanten- und Relativitätstheorie; die neueren Vorstellungen über den Aufbau der festen Körper auf Grund der Röntgenspektogramme, den Bau der Atome und den physikalischen Raum; die durch das Studium der Kathodenstrahlen und der Elektronenbewegung erschlossenen neuen Erkenntnisse; die Erfahrungen beim Photoeffekt u. a. m. haben die Grundlagen der Physik

Digitized by Google

vollständig geändert, und sie haben vor allem zu den alten Unstimmigkeiten bei der Auffassung des Lichtes neue Widersprüche offenbart, die einen vollständigen Neubau der Theorie des Lichtes und der Materie erforderlich machten. Dieser Arbeit waren die letzten Jahrzehnte physikalischer Forschung vornehmlich gewidmet.

Mit diesen Fragen beschäftigt sich auch der 20. Band des Handbuches der Physik. Der ganze Fragenkomplex wird in allen Phasen der Entwicklung eingehend behandelt. Das große Tatsachenmaterial, wie es allmählich erkannt und in den einzelnen Erkenntnisstufen zur Aufstellung der verschiedenen Theorien geführt hatte, wird in großer Ausführlichkeit unterbreitet. Der bearbeitete Stoff gliedert sich in drei Hauptabschnitte.

A. Die Natur des Lichtes. Hier werden von L. Grebe, Bonn, die klassischen und modernen Interferenzversuche sowie ihre elementare Theorie behandelt. Es schließen sich Kapitel über die Beugung einschließlich der atmosphärischen Beugungserscheinungen (Kranzerscheinungen, Regenbogen, Halo usw.), von R. Mecke, Bonn, behandelt, und die von G. Szivessy, Münster i. W., bearbeitete Polarisation an. Die wieder von Grebe behandelten Strahlungsgesetze machen den Beschluß dieses ersten Hauptabschnittes.

B. Fortbildung der Wellentheorie. In dem zweiten Hauptabschnitte bearbeitete W. König, Gießen, die elektromagnetische Lichttheorie, in der Beugungserscheinungen, die Lichtausbreitung in der Materie, Spiegelung und Brechung, die Metalloptik und der Lichtdruck unter dem Gesichtspunkte elektromagnetischer Schwingungen behandelt werden. G. Wolfsohn, Berlin-Dahlem, gibt eine strenge Theorie der Interferenz und Beugung; da diese im Rahmen der elektromagnetischen Lichttheorie ohne weiteres keinen Platz findet, zieht er die funktionstheoretische Methode von Sommerfeld heran, der den zweifach überdeckten Riemannschen Raum benutzt, um zu einer Lösung der Schwingungsgleichung zu kommen. Von A. Landré, Tübingen, rührt die Behandlung der Optik, Mechanik und Wellenmechanik sowie der Optik und Thermodynamik her. In einem einleitenden Überblicke wird die Diskrepanz zwischen der Newtonschen Korpuskulartheorie und der klassischen Wellenmechanik präzisiert und gezeigt, wie durch die Einführung des Hamiltonschen Prinzipes auch in die Optik, nachdem es sich bereits für die Mechanik und die Astronomie so überaus fruchtbar erwiesen hatte, die Schwierigkeiten zu überwinden gewesen sind, indem de Broglie und insbesondere Schrödinger und auf einem anderen Wege Heisenberg die klassische „geometrische" Mechanik zu einer undulatorischen Mechanik erweiterten, bei der die Quanten bereits als Fundament für den Neubau der Mechanik benutzt wurden. — „Die physikalische Deutung der Theorien von Schrödinger und Heisenberg konnte entweder als kontinuierlich-hydrodynamische oder als wahrscheinlichkeitstheoretisch-statistische Aussage gesucht werden. Die Entscheidung ist zugunsten der statistischen Deutung ausgefallen, und die Theorie kann gekennzeichnet werden als die Lehre von der Interferenz gewisser Wahrscheinlichkeitsfunktionen in einem Koordinatenraume von so vielen Dimensionen als die Zahl der Freiheitsgrade der zu behandelnden Systeme angibt. Der Streit zwischen kontinuierlicher Wellenlehre und diskontinuierlicher Lichtquantenlehre ist durch die statistische Interpretation des Wellenfeldes als eines Wahrscheinlichkeitsfeldes für das Auftreten von Lichtkorpuskeln geschlichtet worden." Man sieht, daß die frühere physikalische Methode, die in der Vermittlung realer Vorstellungsbilder bestanden hatte, einer rein mathematischen Vorstellungsmethode gewichen ist, für deren Verständnis allerdings nicht nur die Kenntnis der Hamiltonschen und der relativistischen Mechanik, sondern vor allem auch der neuesten mathematischen Operationen: der Vektorenrechnung, der Matrizen- und Quantenalgebra usw. erforderlich ist. Für den mathematisch geschulten Leser ergeben sich anschauliche Vorstellungen unmittelbar aus den Ableitungen; der gewöhnliche Leser, der nur die älteren mathematischen Operationen einschließlich der Funktionentheorie beherrscht, wird aber vergeblich versuchen, die Schranke zu überwinden, die zwischen der älteren und der neueren Mathese besteht.

Die Absorption, normale und anormale Dispersion werden von K. L. Wolf, Königsberg, und K. F. Herzfeld, Baltimore, behandelt. Die Darstellung beginnt mit der Ableitung nach Drude und Voigt, wie sie sich in den Lehrbüchern findet, die „zwar kurz und elegant ist, aber nicht erkennen läßt, worauf es ankommt. Es folgt dann eine neue, umständlichere, aber in dem letzten Punkt durchsichtigere Ableitung", die aber auch nur für den verständlich wird, der mit den bereits erwähnten neueren Rechenmethoden vertraut ist.

C. Kristalloptik. G. Szivessy, Münster i. W., bearbeitete das Spezialkapitel über Kristalloptik (mit Ausschluß der Röntgenoptik), während H. Ley, Münster i. W., die Polarisation und chemische Konstitution behandelte. Die Behandlung geschieht auf der Grundlage der Kristallgittertheorie, von der man zur Kristalloptik gelangt, indem man das Verhalten der Gitter unter dem Einfluß des schnell wechselnden Feldes einer Lichtquelle ermittelt. Die Gittertheorie gestattet eine zwanglose Erklärung der Dispersion und der optischen Aktivität; außerdem aber liefert sie noch die durch das Experiment bestätigten Zusammenhänge zwischen den optischen Parametern und anderen physikalischen Eigenschaften der Kristalle, wie z. B. Beziehungen zwischen den ultraroten Eigenfrequenzen und den Elektrizitätskonstanten sowie den spezifischen Wärmen. Auf absorbierende Kristalle ist die Theorie zur Zeit noch nicht ausgedehnt. Nach einer Einleitung, in der das Problem zunächst allgemein behandelt wird, folgt die Optik der nicht absorbierenden, nicht aktiven Kristalle und dann die der nicht absorbierenden, aktiven Kristalle und schließlich die der absorbierenden Kristalle, bei deren Behandlung man zunächst noch auf eine phänomenologische Darstellung angewiesen ist, die sich allerdings auch auf den Maxwellschen Feldgleichungen aufbaut. H. Ley stellt in dem Schlußkapitel die wichtigeren Gesetzmäßigkeiten zusammen, die zwischen dem optischen Drehungsvermögen und der chemischen Konstitution vorhanden sind. Vornehmliche Behandlung finden die aktiven Kohlenstoffverbindungen.

Im Gegensatz zu dem an dieser Stelle besprochenen 19. Band des Geiger-Scheelschen Handbuchs ist der 20. Band wesentlich theoretisch gefaßt, während die Fragen der Praxis stark zurücktreten.

H. Lux.

Die Steuerung der Materialbewegung in Fabriken mit Einzel- und Massen-Fertigung. Prakt. Anwend. d. Grundsätze v. Taylor u. Ford. Von Dr.-Ing. M. Ahlburg. (Arbeiten a. d. Michel-Institut f. Fabrikwirtschaft, Berlin. Herausg. v. E. Michel.) Mit 7 Abb. i. Text u. einem Begleitwort v. E. Michel, VIII u. 110 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929, Preis kart. 4,50 RM.

Der Titel des Buches entspricht eigentlich nicht ganz dem Inhalt, weil ein großer Teil der behandelten Fragen mit Materialbewegung nichts zu tun hat. Der Verfasser beschränkt sich lediglich auf eine vergleichende Kritik der Grundsätze von Taylor und Ford und sucht nachzuweisen, daß letzten Endes alle Grundsätze von Taylor in den Fordschen Betrieben in höchster Vollendung infolge der Beschränkung der Fabrikation auf ein Erzeugnis verwirklicht werden konnten. In der Einleitung sind die allgemeinen Forderungen der Betriebswissenschaft zur Rationalisierung von Betrieben behandelt, im Hauptteil die Grundsätze von Taylor und Ford allgemeiner Art, die besondere Untersuchung dieser Grundsätze auf dem Gebiete der Arbeitsvorbereitung, der Arbeitsausführung, der Arbeitsübersicht, der geldlichen Erfolgskontrolle und der Vertriebspolitik. Zum Schluß geht der Verfasser noch auf die Anwendungsmöglichkeiten der beschriebenen Grundsätze beider Reformatoren in der deutschen Industrie ein. Das Buch ist sehr interessant geschrieben und verrät eine große Literaturkenntnis des Verfassers. F. Kreide.

VDE-Vorschriftenbuch 17. Aufl. 1930

erschienen. Zu beziehen durch Verlag des VDE, Berlin W57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der Beschäftigungsgrad der nordamerikanischen Elektroindustrie im Jahr 1929. — Während der Beschäftigungsgrad (rate of operations) der Elektrofabriken in den V. S. Amerika nach den auf dem Verbrauch elektrischer Arbeit beruhenden statistischen Angaben der El. World 1928 durchschnittlich um nahezu 7 % über dem von 1927 und rd. 9 % über dem von 1926 gelegen hatte, übertraf sein mittlerer Wert 1929 den des Vorjahres um rd. 25 %, eine Steigerung, an der praktisch alle elektrotechnische Erzeugnisse herstellenden Werke beteiligt waren. Die Produktion der großen Unternehmungen hat sich aber stärker entwickelt als die der kleinen; ihr Beschäftigungsgrad war im Dezember um 28 % höher als im letzten Monat von 1928, während bei der Gruppe der kleineren Fabriken diese Erhöhung nur nahezu 4 % ausmachte. Setzt man nach El. World die Beschäftigung der nordamerikanischen Elektroindustrie in dem Zeitabschnitt 1923/25 = 100, so ergibt sich für die Jahre 1924/29 die in Abb. 1[1] dargestellte Entwicklung dieses „index of activity",

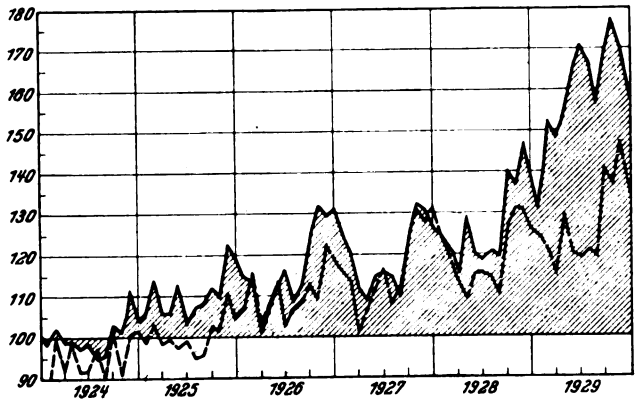


Abb. 1. Die Entwicklung des Beschäftigungsgrades der nordamerikanischen Elektroindustrie seit 1923 (1923/25 = 100). Die gestrichelte Kurve bezieht sich auf das Vorjahr.

der im Durchschnitt des abgelaufenen Jahres 159,8, 1928 aber 127,4 und 1927 nur 119,5 betrug. Sein geringster Wert entfiel mit 131,3 auf den Januar, der höchste mit 180,6 auf den Oktober, während er 1928 im März (115,3) am kleinsten und im November (146,4) am größten war. Der Januar 1930 hat ihn wieder auf 156,2 gedrückt (131,3 i. V.).

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[2]. — Im Oktober 1929 hatte die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile einen Wert von 14 919 904 $ und war damit um 4 608 374 $ oder nahezu 45 % größer als im gleichen Monat des Vorjahres (10 311 530 $). Der November verringerte den Ausfuhrwert auf 13 548 437 Dollar, doch übertraf dieser Betrag den des Parallelmonats von 1928 (10 851 706 $) noch um 2 696 731 $ bzw. 25 %. Im Dezember ergab sich dann mit 12 469 583 $ eine weitere Abschwächung; das Mehr gegen den letzten Monat des Vorjahres stellte sich auf 2 216 086 $, d. s. 22 %. Insgesamt erreichte der Elektroexport der V. S. Amerika im abgelaufenen Jahr nach den vorläufigen Angaben 149 607 854 $, eine um 38 880 354 $ oder 35 % größere Summe als 1928 (110 727 500 $).

Aus der Geschäftswelt. — Die Vereinigten Zünder- u. Kabelwerke AG., Meißen, konnten 1929 ihr Exportgeschäft weiter ausbauen und dadurch den Umsatz wesentlich steigern. Das infolge der rationellen Ausnutzung der Fabrikationseinrichtungen günstige Ergebnis gestattete eine Dividende von 14 % auf 2,325 Mill RM Stammaktienkapital (12 % i. V.). Die Einnahmen betrugen 2 012 640 RM (1 653 221 i. V.) und der Reingewinn mit Vortrag 449 297 RM (388 067 i. V.). — Der Beschäftigungsgrad war bei der Deutsche Telephonwerke und Kabelindustrie AG., Berlin, 1928/29 befriedigend, die Preislage für einen Teil der Fabrikate aber immer noch schlecht. Im Telephonwerk überschritten die Ablieferungen an die Reichspost die des Vorjahres, der Umsatz im Privattelephongeschäft nahm zwar zu, litt jedoch weiter unter starkem Preisdruck. Auch in der leitungsgerichteten Telephonie, in Gleichrichtern und Rechenmaschinen stieg der Umsatz. Belangreiche Aufträge brachte das Rohrpostgebiet, Verluste dagegen das Rundfunkgeschäft. Das Kabelwerk konnte die Umsatzziffern des Vorjahres wieder einhalten. Der Rohüberschuß stellte sich auf 3 517 540 RM (3 470 217 i. V.), der Reingewinn auf 112 613 RM (87 309 i. V.). Eine Dividende wurde wieder nicht verteilt. — Die vor kurzem gegründete Standard Elektrizitäts-Gesellschaft AG., Berlin, hat die Aktienmajorität der Telephonfabrik Berliner AG. und im Zusammenhang damit auch die der Österreichischen Telephonfabrik AG. vorm J. Berliner in Wien übernommen. — Von der Hochspannungs-Gesellschaft m. b. H., Köln-Zollstock, wird mitgeteilt, daß die mit ihr seit 1926 in Interessengemeinschaft befindliche Elektrizitäts-Gesellschaft „Colonia" m. b. H., Köln-Zollstock, durch Fusionsvertrag auf sie übergegangen sei und das Stammkapital jetzt 0,5 Mill RM betrage. — In Berlin ist vor kurzem mit 2 Mill RM Kapital die Fernschreiber AG. gegründet worden. Sie hat die maßgebliche Beteiligung an der Elektrische Ferndrucker G. m. b. H. und die Deutsche Tickerdienst G. m. b. H. erworben. Bei ihrem Aufbau steht ihr die Mitwirkung der Siemens & Halske AG. und der C. Lorenz AG. zur Verfügung, die beide zusammen mit einer Anzahl Banken das Aktienkapital des neuen Unternehmens übernommen haben.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Fritz H. Geburtig, Fabrik elektrothermischer Maschinen und Apparate G. m. b. H., Dresden (50 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrothermischer Maschinen und Apparate sowie von Artikeln der elektrischen Branche; Dr. Unger & Co. G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Fabrikation und Vertrieb elektromedizinischer Apparate und verwandter Artikel; Städtische Werke AG., Kassel (12 Mill RM): Errichtung, Erwerb und Betrieb von Anlagen zur Erzeugung, Gewinnung und Verteilung von elektrischem Strom usw. Gründer sind die Stadt Kassel, der Elektrozweckverband Mitteldeutschland, die Elektrizitäts-AG. Mitteldeutschland, der Zweckverband Überlandwerk 'Edertalsperre, Kassel und die Elektrizitätsgesellschaft Fulda AG.; Tungsram G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Vertrieb der „Tungsram"-Glühlampen und sonstiger elektrotechnischer Artikel; Licht- und Kraftversorgung Westthüringen AG., Herleshausen a. d. Werra (0,1 Mill RM): Versorgung der Bevölkerung mit Licht-, Heiz- und Kraftmitteln aller Art usw.; Aktiengesellschaft für Telefon- und Signal-Anlagen AG., Hamburg (0,1 Mill RM): Herstellung und Vertrieb von Telephon- und Signalanlagen; Albert Thode & Co., Hamburg (25 000 RM): Fabrikation, Kauf und Verkauf von elektrotechnischen und Spezialartikeln für den Bedarf von Straßen-, Eisen- und Transportbahnen sowie Schiffen; Creed Telegraphenapparate-G. m. b. H., Berlin (1 Mill RM): Herstellung und Vertrieb bzw. Verwendung von Telegraphenapparaten, besonders solcher, die nach dem Creed-System erzeugt sind; Curt Fistl G. m. b. H., Berlin (23 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrischer Steckkontakte und ähnlicher Artikel; Deutsche Hochfrequenz-Werkstätten Dr.-Ing. Friedrich C. Saic & Co. G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Hochfrequenzheilgeräten, Störschutzvorrichtungen usw.; Kommunale Aufnahmegruppe für Aktien G. m. b. H., Essen (0,1 Mill RM): Erwerb und Verwaltung von Aktien usw. deutscher Unternehmungen zur Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit (es handelt sich bei dieser Gründung um eine festere Bindung der kommunalen RWE-Aktionäre); Elektro-Industrie-Berlin-Friedrichshagen, Fabrik isolierter Drähte G. m. b. H., Berlin-Friedrichshagen (20 000 RM); Schleswig-Holsteinische Stromversorgungs-AG., Rendsburg (4 Mill RM): Erzeugung bzw. sonstige Beschaffung, Lieferung und Verteilung elektrischer Arbeit usw. Gründer sind u. a. der Schleswig-Holsteinische Elektrizitäts-Verband, Rendsburg, und die Preußische Elektrizitäts-AG., Berlin; C. Theod. Wagner, Vertriebs-Aktiengesellschaft, Wiesbaden (0,2 Mill RM): Verkauf der von C. Theod. Wagner AG., Wiesbaden, herzustellenden elektrischen Uhren und Apparate für Stark- und Schwachstrom und der Vertrieb aller Arten letzterer.

[1] Nach El. World Bd. 95, 1930, S. 416.
[2] El. World Bd. 95, 1930, S. 124, 318, 464. Vgl. ETZ 1929, S. 1868.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 15: Welche Firma stellt elektrische Handbohrmaschinen mit nebenstehendem Fabrikzeichen her? HE

Abschluß des Heftes: 29. März 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrokarren im Dienste der Bahnhofspostämter.

Mitteilung der AEG.

Mit den großen Bahnhöfen sind fast stets Bahnpostämter verbunden, in denen die Bearbeitung der mit der Eisenbahn ankommenden und abgehenden Postsendungen erfolgt. Hier strömen in der Hauptsache in den Nachmittags- und Abendstunden gewaltige Mengen von Paketen und anderen Postsendungen zusammen, die von den Stadtpostämtern angeliefert werden. Die Anlieferung erfolgt zumeist mittels Kraftwagen, deren Inhalt in die verschiedenen Postkarren, geordnet nach Empfangsstation, entleert wird. Da es sich um die Beförderung gewaltiger Massen über zum Teil weite Entfernungen handelt, suchte die Deutsche Reichspost schon frühzeitig Mittel und Wege, um den Angestellten der Post die schwere Arbeit des Schiebens der Postkarren zu erleichtern. Zu berücksichtigen war hierbei, möglichst ein Fördermittel zu finden, das gestattete, die vorhandenen Gepäckkarren nach Durchführung geringfügiger Änderungen weiterhin zu verwenden.

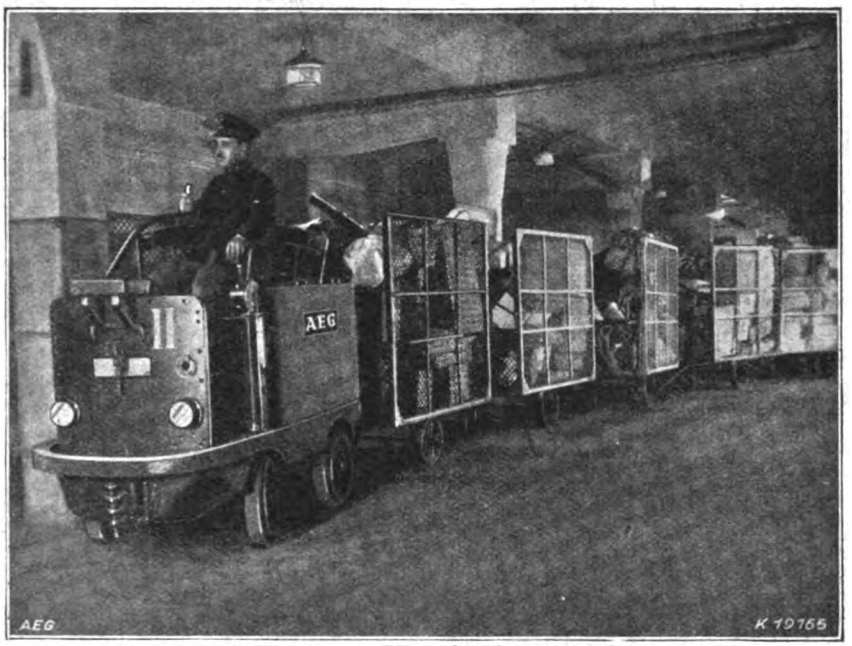


Abb. 1. AEG-Elektroschlepper ES 8002 im Dienste eines Bahnpostamtes.

Mit dem von der AEG seit 8 Jahren hergestellten Elektroschlepper ES 8002 wurde ein Fördermittel geschaffen, das den von der Post zu stellenden Anforderungen entspricht. Es handelt sich um ein Fahrzeug, dessen Treibräder durch Elektromotoren angetrieben werden, und das einen Kraftspeicher als 40zellige Akkumulatoren-Batterie mit sich führt. Das Fahrzeug hat zwei automobilartig lenkbare Räder, die ebenso wie die angetriebenen Räder der Hinterachse mit Vollgummireifen versehen sind. Lenkung und Bedienung erfolgen durch den auf dem Batterieschutzkasten sitzenden Fahrer. Eine auf Zug und Druck abgefederte Kupplung gewährleistet ein stoßfreies Anfahren und Anhalten mit Anhängelast.

Abb. 2. AEG-Elektrokarren EK 752 zur Beförderung von Postsäcken zu den Zügen.

Die betriebsmäßige Verwendung eines derartigen Elektroschleppers läßt Abb. 1 erkennen. Es werden hier gleichzeitig 5 beladene Anhängewagen gezogen und es ist ohne weiteres zu ersehen, welche wirtschaftlichen Vorteile die Verwendung eines derartigen Elektroschleppers mit sich bringt.

Sind geringere Mengen oder nur Briefpostsäcke zu den abgehenden Zügen zu befördern, so finden auch Elektrokarren mit fester Plattform Verwendung, wie in Abb. 2 ein solcher dargestellt ist. Diese Fahrzeuge können natürlich auch bis zu einem gewissen Grade zum Ziehen von Anhängelasten Verwendung finden.

Um das Umladen auf den Bahnpostämtern zu vermeiden, sind einzelne Dienststellen der Deutschen Reichspost dazu übergegangen, in den Stadtpostämtern die Sendungen schon im Postkarren zu verladen und diese Karren in Spezialwagen zum Bahnhof zu befördern. Hier werden die Postkarren von Hochhub-Elektrokarren aufgenommen und mit diesen zu den Bahnpostwagen befördert. Alsdann wird die Plattform des Elektrokarrens bis zum Boden des Bahnpostwagens gehoben, so daß ein Hinüberrollen des Karrens möglich ist. Für die Ausführung dieser Arbeit findet ein Elektrostapelkarren Verwendung, der dem in Abb. 3 gezeigten ähnlich ist.

Die Vorteile der Verwendung von Elektrokarren im Bahnpostdienst wirken sich außerdem noch bei der Umladung von Postsendungen aus. Hier ist es sehr oft erforderlich, zur Erreichung der Anschlußzüge mit größter Beschleunigung die mit einem Zuge ankommenden Postsendungen zu den anderen manchmal entfernt liegenden Bahnsteigen zu befördern. Das große Fassungsvermögen des Elektrokarrens und seine Geschwindigkeit ermöglichen es, auch dann, wenn nur wenig Zeit zur Verfügung steht, den Anschlußzug zu erreichen und eine frühere Postbestellung am Empfangsorte zur Durchführung zu bringen.

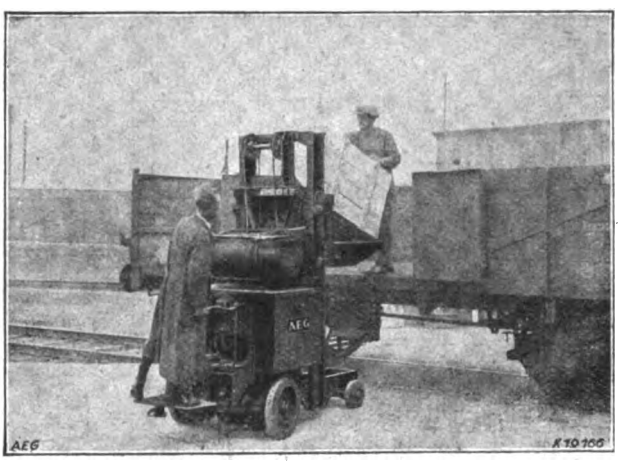
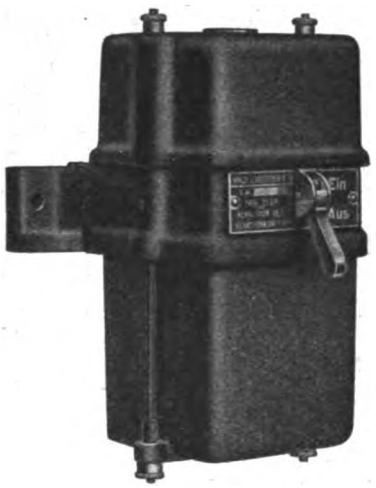


Abb. 3. AEG-Elektrostapelkarren für 1500 kg Tragfähigkeit.

Digitized by Google



Klein-ölschalter 25III VH t

Klein-ölschalter 25III VH t mit aufgebautem Amperemeter

WERTARBEIT
unser Grundsatz
SEIT 1886

VH t

Der billigste KLEIN-OELSCHALTER

bis 500 Volt

gewährt

zuverlässigen Motorschutz

Verwendungsbereich:
von 1,5 bis 25 Amp. 500 Volt

Wenig Einzelteile
Schnelle, einfache Montage
Hervorragende Isolierung
Solide Kontakte
Hohe Schaltgeschwindigkeit
Einwandfreies Abschalten schwerster Kurzschlüsse

Fordern Sie Drucksachen von

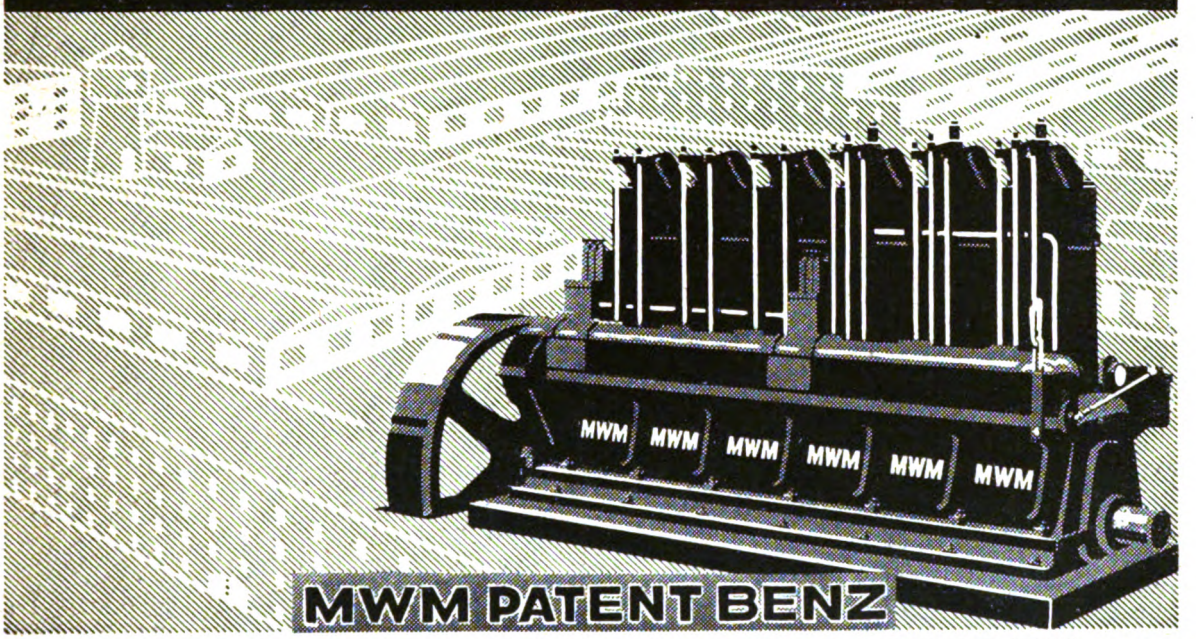
VOIGT & HAEFFNER
AKTIENGESELLSCHAFT
FRANKFURT A. M.

Digitized by Google

Wir liefern prompt:
Weco-Klemmen, Abzweigscheiben, Rohr- und Rohrdraht-Dosen
mit
Schlitz und Mantel
Klemmen, letzt. DRP. die gegen **Drehung** nach links und rechts gesichert sind
Verlangen Sie bitte Muster und Preise!
Wester, Ebbinghaus & Co., Hanau
Elektrotechnische Fabrik (Mainhafen)

Glimmer
(Mica)
HANSEATISCHE GLIMMER-IMPORT-GES. M. B. H., HAMBURG 25

Erfolgreiche Betriebe verwenden



MWM PATENT BENZ
KOMPRESSORLOSE DIESEL MOTOREN
MOTOREN-WERKE MANNHEIM A.G.
VORM. BENZ ABT. STATIONÄRER MOTORENBAU
MANNHEIM
964

Bei der Schriftleitung der „ETZ" eingegangen:

Bücher.

Anorganische Chemie. Ein Lehrbuch zum Weiterstudium u. z. Handgebrauch. Von Prof. Dr. F. Ephraim. 4. verm. u. verb. Aufl. Mit 81 Abb. u. 4 Taf., XII u. 809 S. in gr. 8°. Verlag Theodor Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1929. Preis geh. 28 RM geb. 30 RM.

Metallographie der technischen Kupferlegierungen. Von Dipl.-Ing. A. Schimmel. Mit 199 Abb. i. Text, einer mehrfarb. Taf. u. 5 Diagramm-Taf., VI u. 134 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geh. 19 RM, geb. 20,50 RM.

AEG. Technischer Jahresbericht 1929. Herausg. von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. Mit 216 Abb. i. Text u. 95 S. in 2°.

Millenets Patent-Tabelle (Wandkarte). 15. Aufl. Carl Heymanns Verlag, Berlin 1930. Preis 6 RM.

Weltanschauung eines Technikers. Mit einer Beil.: Ein Schaltplan unseres Denkwerkzeuges. Von E. Meisner. Mit 137 u. 16 S. in 8°. Carl Heymanns Verlag, Berlin 1927 u. 1929. Preis geh. 8 RM.

Bestimmungen über Einrichtung und Betrieb der Aufzüge. (Die überwachungspflichtigen Anlagen in Preußen, Bd. 1.) Von H. Jaeger, F. Wolter u. A. Rühl. 4. Aufl. Mit XI u. 136 S. in 8°. Carl Heymanns Verlag, Berlin 1930. Preis geb. 7 RM.

Die Bauteile der elektrischen Maschinen in 80 Tafeln. Von H. Trenkmann u. A. v. Königslöw. Sammelmappe in 2°. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1930. Preis der Mappe 9,60 RM.

Festschrift zum 70. Geburtstag von Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Wilhelm Heraeus. Herausg. v. Dr. W. Geibel unt. Mitw. v. H. Reichardt. Mit einem Bild v. Dr. W. Heraeus, zahlr. Abb. u. Tab. i. Text, V u. 178 S. in gr. 8°. Verlag von G. M. Albertis Hofbuchhdlg. Bruno Clauß, Hanau 1930. Preis geh. 5 RM.

Fortsetzung auf Seite 40.

Digitized by Google

29. Financial and economic annual of Japan 1929. Herausg. v. Department of Finance, Tokyo. Mit 1 Karte, zahlr. Tab., VI u. 264 S. in 4°. Preis kart. 2 Yen.

Commercial a.c. measurements. Von G. W. Stubbings. Mit 169 Abb. i. Text, XVI u. 325 S. in 8°. Verlag Chapman & Hall, Ltd., London 1930. Preis geb. 15 s.

Die technisch-wissenschaftlichen Vereine. (Deutsche techn.-wissensch. Forschungsstätten, Teil 1.) Von Dipl.-Ing. Boeck. Mit XI u. 135 S. in 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis kart. 5 RM, f. VDI-Mitgl. 4,50 RM.

Brasilien. Von Dr.-Ing. G. Sinner. (Techn.-wirtsch. Auslandsführer, Bd. 1.) Mit 2 Taf., zahlr. Abb. u. Tab., XVI u. 292 S. in kl. 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis geb. 11,50 RM, f. VDI-Mitgl. 10,35 RM.

Indien. Von Dr. sc. pol. A. Nobel. (Techn.-wirtsch. Auslandsführer, Bd. 2.) Mit 2 Taf., 4 Abb. u. zahlr. Tab., XII u. 200 S. in kl. 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis geb. 9,50 RM, f. VDI-Mitgl. 8,50 RM.

Japan. Von Dr.-Ing. W. Schütz. (Techn.-wirtsch. Auslandsführer, Bd. 3.) Mit 10 Abb., 66 Taf. u. 3 Karten, VII u. 246 S. in kl. 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis geb. 11,50 RM, f. VDI-Mitgl. 10,35 RM.

Die technischen und wirtschaftlichen Grundlagen für die Gewinnung von Gezeitenenergie. Von Dr.-Ing. W. Stürzenacker. Mit 31 Abb. u. einer Karte, IV u. 52 S. in 2°. In Kommission bei der VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis kart. 7 RM.

Beitrag zur Frage der Ermittlung der mechanischen Verluste bei Schachtförderanlagen (Forschungsarb. auf dem Gebiete des Ingenieurwesens H. 328). Von Dr.-Ing. A. Vierling. Mit 36 Abb., 12 Zahlentaf., IV u. 35 S. in 2°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis geh. 6 RM, f. VDI-Mitgl. 5,40 RM.

Die elektrischen Kabel (Samml. Göschen Bd. 1019). Von H. Heinzelmann. Mit 71 Abb. u. 133 S. in kl. 8°. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1930. Preis geb. 1,80 RM.

Achter Bericht der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, Berlin, umfassend ihre Tätigkeit vom 1. IV. 1928 bis zum 31. III. 1929. Mit 209 S. in 8°.

[Der Bericht gibt einen Begriff von der außerordentlich umfangreichen und wertvollen Tätigkeit der Notgemeinschaft. Laufende Aufwendungen sind nötig zur Ergänzung von Bibliotheken, zur Veröffentlichung wissenschaftlicher Arbeiten und schließlich für die zahlreichen einzelnen Experimentalforschungen, die z. T. als Gemeinschaftsforschung von der Notgemeinschaft organisiert werden. Im Rechnungsjahr 1928 wurden z. B. für Experimentalforschung 3,1 Mill RM bewilligt, davon 106 800 RM für Elektrotechnik, 637 082 RM für Physik; die Gesamtbewilligungen für Elektrotechnik betrugen 132 070 RM. An elektrotechnischen Forschungsarbeiten wurden z. B. Versuche betr. Isolierstoffe, Blitz und Wanderwellen, hohe Gleichspannungen, Isolatoren, Aufnahme von Schwingungen, Repulsionsmotoren unterstützt. Die Notgemeinschaft konnte weiter eine Reihe junger Forscher durch Stipendien in die Lage versetzen, sich der reinen Forschung weiter zu widmen, sie konnte Reisen und Ausgrabungen ermöglichen und besonders auch die Auslandsbeziehungen der deutschen Wissenschaft pflegen. Am Schluß des Berichtes findet sich eine ausführliche Übersicht über Einnahmen und Ausgaben sowie eine Liste über Aufbau und Personalbestand der Organisation.] *Wi.*

Normformate. Dinbuch 1. Im Auftrage des Dt. Normenausschusses herausg. von Dr. Porstmann. Mit zahlr. Abb. u. 168 S. in 8°. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis kart. 3,50 RM.

[Das Dinbuch 1 berichtet über die Formatnormung (Briefe, Formulare, Zeichnungen, Zeitschriften, Bücher, Karteien u. dgl.) sowie über die bisher erzielten Erfolge. Das an sich gewiß trockene Thema wird durch die Anordnung, schwarze und bunte Abbildungen und eine lebendige Darstellungsform so schmackhaft gemacht, daß jedem, der sich mit der Formatfrage zu befassen hat, dieses Buch in erster Linie empfohlen sei.] *nkl*

Englisch-Deutsches und Deutsch-Englisches Wörterbuch der Chemie. Teil I: Englisch-Deutsch. Von W. H. Thurow. Mit VIII u. 261 S. in kl. 8°. Verlag Dr. Arthur Tetzlaff, Berlin-Schöneberg 1929. Preis geb. 13 RM.

[Das Wörterbuch bietet trotz seines beschränkten Umfanges eine recht reiche Auswahl von Ausdrücken (17 000 Stichwörter) in gut übersichtlichem Satz. Die Erläuterungen sind auf ein Mindestmaß beschränkt, genügen aber völlig. Die Rechtschreibung der deutschen Wörter ist nach Jansen einheitlich durchgeführt. Die Korrektur ist sorgfältig, Übersetzungsfehler konnte der Referent nicht feststellen. Das handliche Buch ist zumal auch Nichtchemikern, z. B. den Elektroingenieuren, zu empfehlen.] *Wi.*

BHS-Taschenbuch für Metallfachleute. 175 S. Herausgegeben von der Borg-Heckmann-Selve AG., Altena. 1929.

[Mit einer ausführlichen Beschreibung der Erzeugnisse (Halbzeug aus Kupfer, Nickel, Aluminium und deren Legierungen) der BHS A G. sind allgemeine technische Daten und Zahlentafeln verbunden, die für jeden, der mit Nichteisenmetallen zu tun hat, von Wichtigkeit sind. Sie bilden ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für den Konstrukteur und Einkäufer. Auch sämtliche Normblätter aus dem Gebiet der Nichteisenmetalle sind aufgenommen, so daß das Taschenbuch nach Inhalt wie nach Ausstattung über den Rahmen der üblichen Werkprospekte hinausgeht.]

Aufgaben aus Technischer Mechanik (Statik, Festigkeitslehre, Dynamik). Von Prof. Dr. L. Föppl. Mit 315 Abb. i. Text, VIII u. 188 S. in gr. 8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1930. Preis geb. 15 RM.

Reichsbahn und Kraftwagenverkehr. Herausg. v. d. Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Hauptverwaltung, Berlin, Jan. 1930. Mit 88 S. in gr. 8°. Im Buchhandel nicht erhältlich.

Reichsbahn und Binnenschiffahrt. (Denkschrift zu dem allgem. u. vorläuf. Programm d. Arbeitsausschusses I d. Ausschusses zur Prüfung d. Fragen d. binnenländ. Verkehrs). Herausg. v. d. Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Hauptverwaltung, Berlin, Febr. 1930. Mit zahlr., teils farbig. Taf. u. Tab. u. 124 S. in 2°. Im Buchhandel nicht erhältlich.

Einführung in die Physik der Röntgen- und Gamma-Strahlen. Von M. u. L. de Broglie. Übersetzung von L. v. Seuffert m. einem Geleitwort v. Prof. L. Graetz. Von den Verf. erg. dt. Ausg. Mit 33 Abb. i. Text u. 11 Taf., VIII u. 208 S. in gr. 8°. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1930. Preis geh. 21 RM, geb. 23 RM.

Listen und Drucksachen.

(Bezug durch die Firmen.)

Wilhelm Morell, Tachometerfabrik, Leipzig C 1. Liste 220: Hand-Tachometer; D 221: Morell-Fabrikate: 222: Ortsfeste Tachometer u. Tachographen.

Osram G. m. b. H., K.-G., Berlin. Licntheft S 1: H. Lingenfelser, Die Beleuchtung v. Tennisplätzen (Sonderabdruck aus Licht u. Lampe 1929, Nr. 21); S. 2: E. Summerer, Das künstl. Licht in d. Baukunst. (Sonderabdruck aus Licht u. Lampe 1929, H. 20); S 3: A. Gaertner u. L. Schneider, Die Beleuchtung als Mittel z. Rationalis. im Steinkohlenbergbau (Sonderabdruck aus El. i. Bergb. Bd. 4, H. 12).

Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin-Siemensstadt. Preisl. M2b, 1. Teil, Jan. 1930: Gleichstrom-Maschinen Type GV 100 — GV 362 M1, Nachtrag II, Jan. 1930: Kl. Gleichstrom-Anbaumotoren f. Leist. bis 7,5 kW; S 15, Jan. 1930: Gekaps. Umspann-Verteilungsgerät. Prosp. 357/12: Haushaltleuchten; 461/5: Stromabnahmeklemmen 461/6: Fahrmotoren-Rollmotoren f. d. Landwirt; 469/12: El. Frühbeet- u. Gewächshaus-Beheizung; 3214/6: Motorschutz-Schalter bis 60 A 500 V mit thermisch verzög. Überstromauslösung; 3723/2: El. beheizte Trockenschränke; 4421/38: Die neue SSW-Spinnzentrifuge für 15 000 U/min; Druckschr. 464/18: Kleinfräse K5; 3123/11: L. Braren, Die kinemat. Grundlagen u. d. Aufbau des Compur-Getriebes; 4132/2: F. Rothe, Steuerungen für Greiferwinden.

Zeiß Ikon AG., Goerz-Werk, Berlin-Zehlendorf. Spiegel-Licht-Blätter H. 4, Febr. 1930: Sonderheft: Beleuchtung u. Raumgestaltung.

Siemens-Schuckertwerke A.-G., Berlin-Siemensstadt. Druckschr.-Nr. 1311/1: Blindenbeschäftigung. Von Direktor P. H. Perls 6. erw. Aufl. Nov. 1929.

[Unter dem Motto „Arbeit nicht Mitleid" hat der Direktor des Kleinbauwerks, Paul H. Perls, der sich durch seine rastlosen Bemühungen in Interesse der Blinden große Verdienste erworben hat, eine Broschüre herausgegeben, und zwar erscheint dieselbe bereits in der 6. erweiterten Auflage in neuem Gewande mit 37 Abbildungen. Der Inhalt der Broschüre behandelt speziell die Beschäftigung der Blinden in der Industrie und weist neue Wege, wie Blinde an Maschinen beschäftigt werden können. Eine Anzahl Bilder mit erläuterndem Text gibt übersichtlichen Aufschluß über das bisher geleistete und zeigt besonders schwierige Fälle, in denen es gelungen ist, auch verkrüppelte Blinde wieder arbeitsfähig zu machen.]

Digitized by Google

Engineering Library

APR 24 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

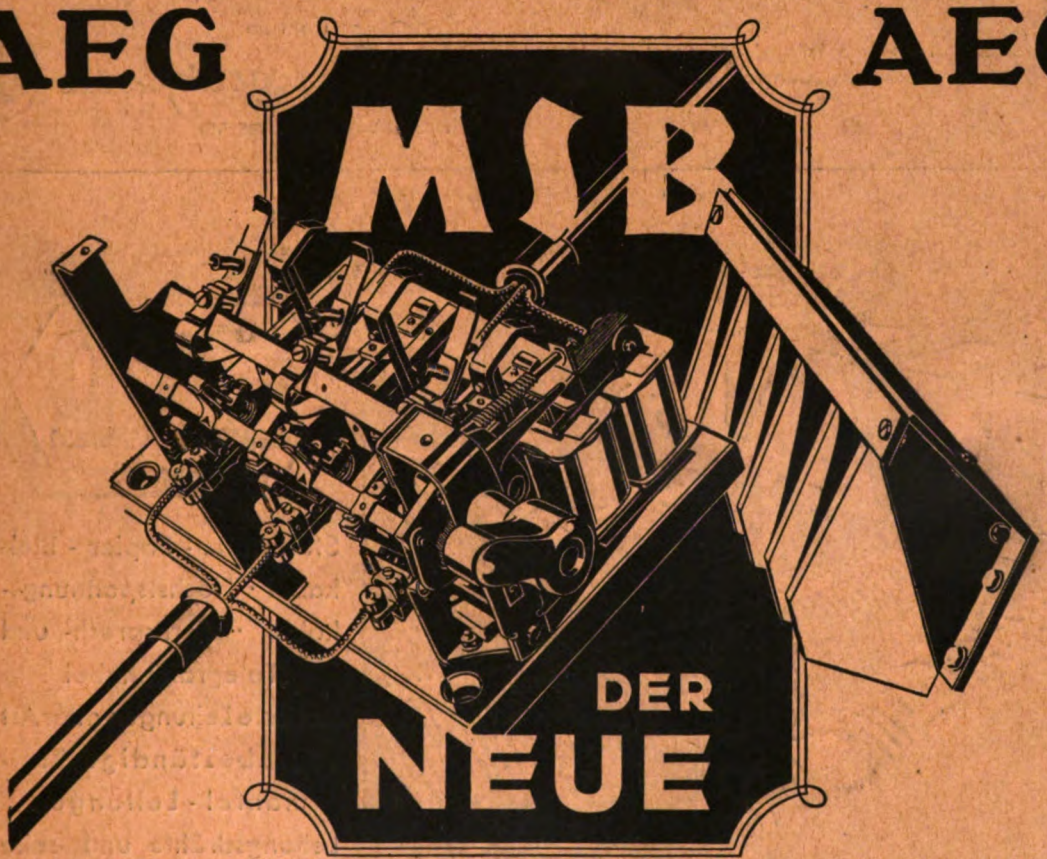
INHALT

Arbeitsspeicher in den Alpen. Von K. Krauß. 525
Die Sicherung des Betriebes bei Wasserwerken mit elektr. Antrieb. Von M. Gaze. 531
„Entohmung". Von F. Emde. 533
Der Rhythmus als ökonomisches Prinzip in der Lichtreklame. Von F. Pauli. 535
Mitt. d. PTR. Nr. 279. 536

Rundschau:
Störung an einer Freileit. durch trockene Witterung. 537
Maßnahmen gegen das Zusammenschlagen v. Freileit. 537
Überströme beim Einschalten v. Transform. 537
Fördermasch.-Sperreinricht. 538
Zur techn. Anwend. des Differentialeisenprüfers. 538
Die Kosten v. Registrierinstrumenten. 539
Energiewirtschaft. 539
Rechtspflege. 539
Vereinsnachrichten. 540
Sitzungskalender. 553
Persönliches. E. Gumlich †, A. v. Ettingshausen, F. Fuchs. 553
Briefe a. d. Schriftleit.: R. Baffrey, F. Sieber u. F. Heiles. 553
Literatur: P. Debye, J. Suman. 555. Neue Zeitschriften. 555
Geschäftliche Mitteilungen. 555
Berichtigung. 556

AEG AEG

MSB



DER NEUE

MOTORSCHUTZSCHALTER

Siehe auch Mitteilung der AEG, Seite 33

Druckschriften Sa/V 364, 368, 372

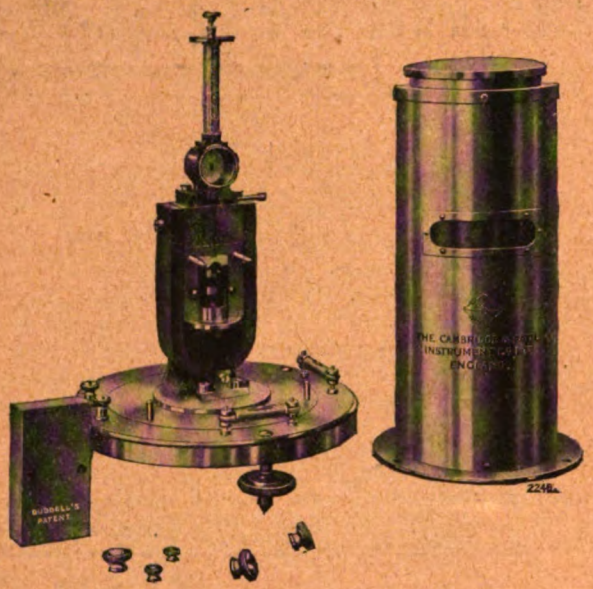
15. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(525-556) 10. APRIL 1930

VDE-Vorschriftenbuch 17. Auflage (1930) ist erschienen
Zu beziehen durch Verlag des »VDE«, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

Des Osterfestes wegen muß der Anzeigenteil des Heft 16 am Sonnabend, 12. April, vorm. 8 Uhr und des Heft 17 am Donnerstag, 17. April, vorm. 8 Uhr, abgeschlossen werden.

Thermo-Spiegel-Galvanometer



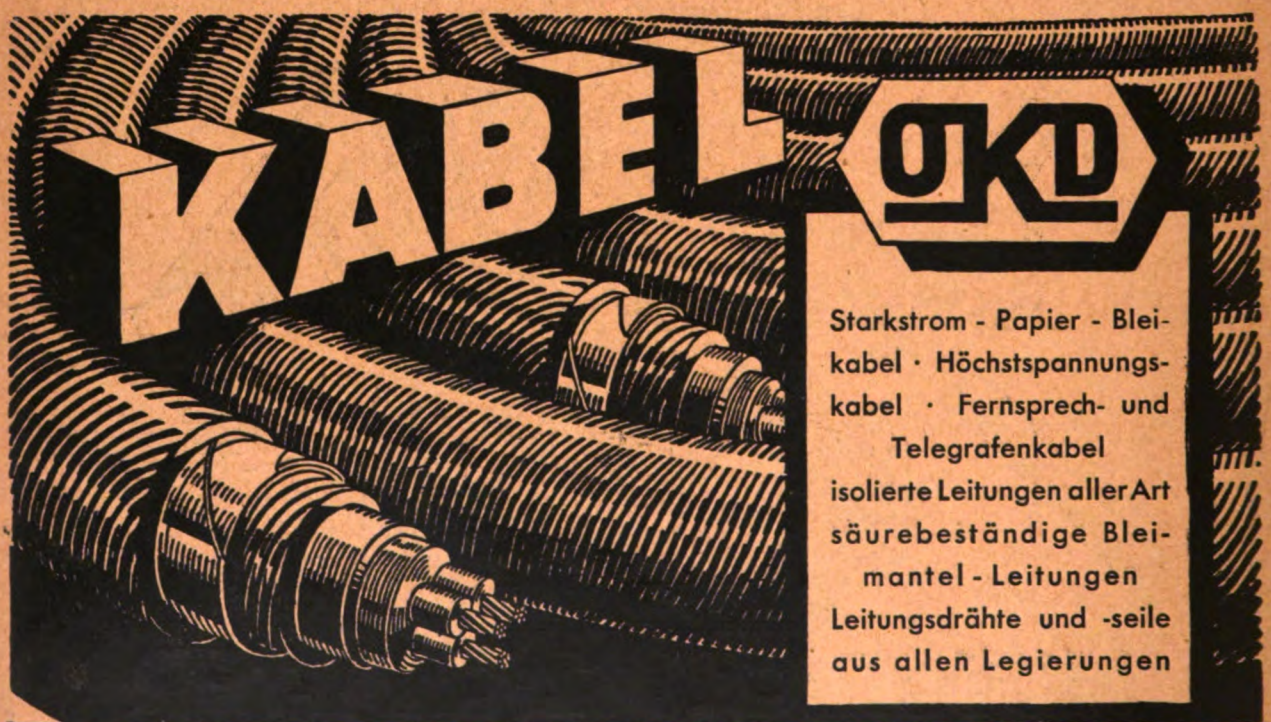
Duddell-Thermo-Spiegel-Galvanometer
Fabrikat „Cambridge"

zur
Messung geringer Wechselströme jeder Frequenz

Man verlange die soeben erschienene Preisliste Nr. 2
über
Spezial-Instrumente für die Radio- und Hochfrequenztechnik

Generalvertrieb:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

db



OSNABRÜCKER KUPFER-U.DRAHTWERK

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 10. April 1930 | Heft 15

Arbeitsspeicher in den Alpen.

Von Dr.-Ing. **Kurt Krauß**, Wien.

Übersicht. Analyse des Belastungsgebirges: Aus dem Belastungsgebirge wird durch Integration der einzelnen Tagesdiagramme ein kWh-kW-Körper abgeleitet, der als Hilfsmittel für Untersuchungen über die Verteilung der Belastung auf Grundlast, Tageslast und Spitze dient. — Jahresausgleich: Dem Belastungsgebirge gegenübergestellt wird der Verlauf des natürlichen Arbeitsdargebotes alpiner Wasserkräfte. Ein Schaubild für die Bewertung von Jahresspeicheranlagen wird entwickelt und an einem Beispiel erläutert. Der zweckmäßigste Vorgang beim Einsatz der im Verbundbetrieb mitarbeitenden Dampfkraftwerke, besonders im Hinblick auf den Ausgleich zwischen nassen und trockenen Jahren, schließt die Untersuchung des Jahresausgleichs ab. — Tagesausgleich: Wirksamkeit der Tagesspeicher von Kettenwerken; Einfluß schwankender Wasserführung auf die Wirkung von Tagesspeichern. Aufteilung des Belastungsgebirges auf Laufwasserkräfte, Dampfwerke, Winterkraft- und Jahrespumpenspeicherwerke, Jahresspeicherwerke und Tagesspeicherwerke mit unvollständigem Jahresausgleich.

Als Ergebnis wird die Erkenntnis gewonnen, daß bei Mitwirkung zahlreicher großer tagesspeicherfähiger Werke mit verminderter winterlicher Wassermenge diesen die Spitzendeckung zuzuweisen ist und die Errichtung eigener Spitzenwerke mit ungünstiger Benutzungsdauer vermieden werden kann. Die Pumpenspeicherung bietet in alpinen Systemen einen wertvollen Behelf für die Jahresspeicherung, kommt aber für Tagesspeicherung nur in Ausnahmefällen in Betracht. Bei Beobachtung dieser Einteilung läßt sich allen zusammenarbeitenden Kraftwerksgruppen eine günstige Benutzungsdauer sichern.

Als Ergänzung zu einer früheren eigenen[1] und einigen kürzlich erschienenen fremden[2] Arbeiten soll die Wirkungsweise und die daraus zu folgernde vorteilhafteste Anordnung und Betriebsweise von Speicherkraftwerken in alpinen Flußsystemen untersucht werden im Hinblick auf das Zusammenarbeiten mit einem künftigen deutschen Reichssammelnetz. Dieses Zusammenarbeiten liegt zunächst im Interesse der Alpenländer, die auf andere Weise kaum eine Verwendungsmöglichkeit für das reichliche Arbeitsdargebot ihrer Gewässer finden könnten. Ein nur einseitiges Interesse aber wäre nicht imstande, den gedachten Verbundbetrieb zu verwirklichen; vielmehr müssen auch seine Vorteile für die deutschen Elektrizitätswerke erschlossen werden, die auf der Möglichkeit beruhen, für jeden Teil der im Jahre zu leistenden Arbeit den jeweils billigsten Energieträger zu verwenden. Hier ist somit die Aufgabe zu lösen, die schwankende, besonders die Spitzenlast von den Dampfkraftwerken fernzuhalten und den Wasserkraftwerken zu übertragen, trotzdem aber diesen und den Übertragungsleitungen eine angemessene Benutzungsdauer zu sichern. Dies gelingt durch zweckmäßige Anordnung und Betriebsweise von Jahres- und Tagesspeicherwerken. Der Verbundbetrieb aller alpinen Kraftwerke untereinander und mit den großen deutschen Dampfkraftwerken bietet nun bezüglich der Kraftverteilung auf Wasser und Dampf, auf ganz oder teilweise jahresspeicherfähige, tagesspeicherfähige und Laufwasserkräfte und für die Ausnutzung der Speicher Möglichkeiten, die wesentlich von jenen der als klassisch zu bezeichnenden Beispiele des Verbundbetriebes einzelner Speicherkraftwerke mit anderen Kraftwerken abweichen.

Das Belastungsdiagramm eines einzelnen Tages, auch die Gegenüberstellung der Belastungsdiagramme eines Sommer- und eines Wintertages und die Kurve des täglichen Arbeitsverbrauches über das Jahr, die bisher für Untersuchungen über Speicherung und Spitzendeckung verwendet wurden, vermögen noch kein vollständiges Bild über die Möglichkeiten zu geben, die sich für das Zusammenwirken von Jahres- und Tagesspeicheranlagen eröffnen. Die vorgenannten Hilfsmittel der Untersuchung werden mit Vorteil ergänzt durch eine Analyse des Belastungsgebirges, bei welcher dieses sozusagen in den Strom des Dargebotes getaucht wird, der es im Sommer hoch überflutet, während die Winterspitzen weit aus der winterlichen Ebbe herausragen; dann wird durch Speicherung und schließlich durch den Einsatz der Dampfkraft so lange an dem Dargebot modelliert, bis es mit dem Belastungsgebirge übereinstimmt.

1. Analyse des Belastungsgebirges.

In Abb. 1 ist das Belastungsgebirge dargestellt, wie es für das deutsche Reichsnetz zu erwarten ist. Die Maßstäbe sind so gewählt, daß sowohl die Höchstleistung

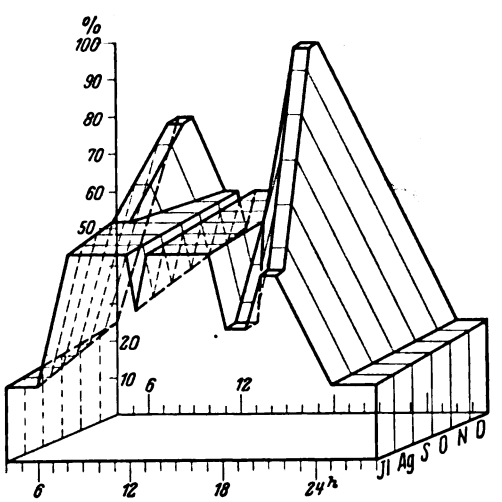


Abb. 1. Schema des Belastungsgebirges.

als auch die Zeit von 24 Stunden durch die Längeneinheit = 100 % dargestellt wird. Die einzelnen Tagesdiagramme laufen nicht von Mitternacht zu Mitternacht, sondern von 4 Uhr bis 4 Uhr, um den Block der veränderlichen Tageslast, die sich noch etwas über die Mitternacht hinaus erstreckt, zusammenhängend zu erhalten. Alle Krümmungen und Zacken an den Graten des Belastungsgebirges werden beiseitegelassen; auch kann angenommen werden, daß es beiderseits des belastungsreichsten Tages symmetrisch verläuft. Die Betrachtung des Belastungsgebirges kann sich dann auf das Halbjahr Juli ... Dezember beschränken.

[1] Der Belastungsausgleich in großen alpinen Wasserkraftnetzen, Wasserkraft-Jahrbuch 1925/26, S. 108.

[2] Haas u. Kromer, Die Wirtschaftlichkeit von Lauf-Wasserkräften ETZ. 1928, S. 1429, 1764. — Die Speicher-Wasserkräfte und ihre Wirtschaftlichkeit, ETZ. 1928, S. 1716, 1892.
M. Seidner, Speicherwasserkräfte als Spitzenkraftwerke, ETZ. 1928, S. 1543.
Während der Niederschrift dieser Arbeit erschien: J. Ornig, Tagesfragen der österreichischen Energiewirtschaft, El. u. Maschinenb. Bd. 47, 1929, S. 653, 677.

Digitized by Google

Aus den einzelnen Tagesbelastungsdiagrammen lassen sich je zwei Kurven ableiten, die wertvolle Aufschlüsse über die für den Belastungsausgleich wichtigen Eigenschaften des Diagramms geben. Zunächst die Benutzungsdauerlinie (auch „geordnetes Belastungsdiagramm" genannt): Denkt man das Diagramm Abb. 2a aus lauter horizontal aufeinandergeschichteten, in der Abszissenrichtung nicht zusammendrückbaren Stäbchen aufgebaut und diese dann an die Ordinatenachse geschoben, so gibt der Linienzug Abb. 2b über der Benutzungsdauer

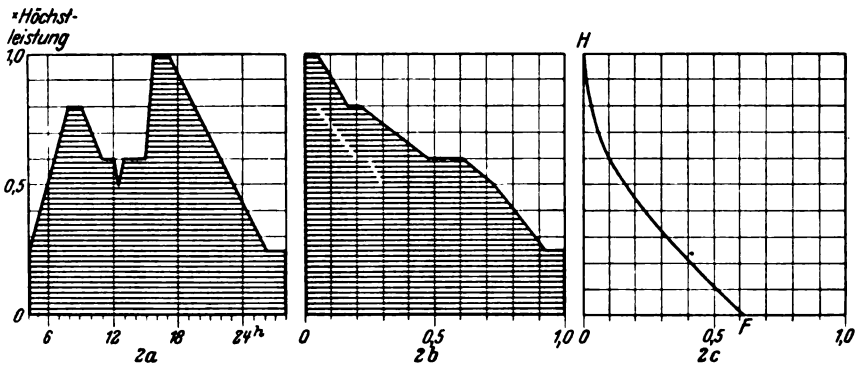


Abb. 2. Geordnetes Belastungsdiagramm und kWh-kW-Kurve.

als Abszisse die zugehörige Leistung als Ordinate an. Bildet man zu diesem Linienzug der Benutzungsdauer die Integralkurve, wobei man von oben beginnt und die Integralwerte von der Ordinatenachse aus in der Abszissenrichtung aufträgt, so erhält man die aus der amerikanischen Literatur über Tarifbildung bekannte kWh-kW-Kurve, Abb. 2c. Der Maßstab für die Abszissen der Integralkurve wird so gewählt, daß die Längeneinheit den Verbrauch der Leistungseinheit (= Höchstleistung) während der Zeiteinheit (= ganzer Tag) entsprechend hundertprozentiger Ausnutzung der mit der Höchstleistung erzeugbaren Arbeit darstellt. Der Fußpunkt F der Integralkurve auf der Abszissenachse gibt dann den Ausnutzungsgrad der Höchstleistung an, für das in Abb. 2a ... 2c behandelte Diagramm etwa 0.61. Jede einzelne Abszisse der Integralkurve zeigt an, welcher Bruchteil der möglichen Arbeit auf jene Leistung entfällt, die einen bestimmten Wert überschreitet. So zeigt Abb. 2c, daß auf die beiden Lichtspitzen des Tagesdiagramms Abb. 2a, denen die obersten 40 % der Leistung zugehören, eine Arbeit von 0,1 der möglichen oder, da von dieser nur 61 % ausgenutzt werden, etwa 15 % der wirklichen Gesamtarbeit entfallen.

Führt man die vorerwähnten Operationen an allen zur yz-Ebene parallelen Schichten des Belastungsgebirges aus, so erhält man den in Abb. 3 dargestellten kWh-kW-Körper, der folgende Eigenschaften besitzt: Sein Kreuzriß, der Schnitt w mit der xz-Ebene, stellt den Verlauf der täglichen Höchstbelastung, seine Spur f auf der xy-Ebene den Verlauf des täglichen Arbeitsbedarfes dar. Am Übergang zwischen Spitze und Tageslast und zwischen dieser und der Grundlast sind (einspringende) Kanten s und g vorhanden, deren Grundrisse s' und g' die Anteile der Spitzen-, Tages- und Grundlast an der Gesamtarbeit jedes Tages anzeigen. Sobald aber Arbeitsgrößen auf den Tag, also auf eine Zeiteinheit, bezogen werden, ergibt sich wieder eine Größe der Dimension Leistung. Erscheint diese, wie in den Kurven $f=f'$, g' und s', als Funktion der Zeit, dann führt die Integration wieder auf eine Arbeit; die — · · — gezeichnete Kurven f^+, g^+, s^+ geben als Integralkurven zu f', g' und s' mit ihren Abszissen die Gesamtarbeit und den Anteil der Grund-, Tages- und Spitzenlast an dieser für das Halbjahr und damit wegen der Annahme symmetrischen Verlaufs der Belastung auch für das ganze Jahr an. Da die perspektivische Darstellung der Abb. 3 den Kreuz- und besonders auch den Grundriß undeutlich zeigt, sind dort diese Risse um die linke bzw. untere vordere Kante umgeklappt nochmals herausgezeichnet. Die Integralkurven f^+, g^+ und s^+ zeigen darin, daß die Gesamtarbeit des Jahres etwa 0,5 des Betrages erreicht, der bei ganzjährig andauernder Höchstbelastung erzielt würde. Von der Jahresarbeit entfallen etwa 46 % auf die Grundlast, 48 % auf die Tageslast und nur 6 % auf die Spitze.

Diese Darstellung berücksichtigt noch nicht, daß an Sonnabenden, Sonn- und Feiertagen ein Teil der Tageslast entfällt. Es handelt sich an Sonnabenden um 4, an Sonn- und Festtagen um 8 h und eine Leistung von etwa 30 % der Höchstleistung. Da auf 7 Tage ein Sonnabend und auf 6 Tage ein Sonn- und Feiertag entfällt, beträgt diese Arbeit

$$\left(\frac{0{,}17}{7}+\frac{0{,}33}{6}\right).0{,}3=(0{,}0243+0{,}0556).0{,}3=0{,}08.0{,}3=0{,}024$$

der Vollarbeit oder etwa 5 % der gesamten Jahresarbeit. Das Belastungsgebirge ergibt somit eine Ausnutzung der Höchstleistung zu 47,5 % oder eine Benutzungsdauer der Höchstleistung von etwa 4150 h.

2. Der zeitliche Verlauf des Dargebotes.

Alpine Flüsse sind durch reichliche Wasserführung im Sommer und stark verminderte im Winter gekennzeichnet, zum Unterschied gegen subalpine (Mittelgebirgs- und Tiefland-) Flüsse, deren Wasserführung meist zwei durch ein starkes Frühjahrshochwasser und eine schwächere Anschwellung im Herbst getrennte Tiefstände im Winter und Hochsommer aufweist, von denen der sommerliche tiefer ist. Schlüsselwert für die Beurteilung des Jahresausgleichs alpiner Gewässer ist die Größe s, das Verhältnis der Abflußmenge des Sommerhalbjahres zu jener des Winterhalbjahres. Dieser Wert ist ebenso wie die übrigen Kennzeichen der verschiedenen Spielarten, in denen der alpine Charakter auftritt, in der Zahlentafel 1 eingetragen[3].

In Abb. 4 sind die Abflußcharakteristiken der in der Zahlentafel angegebenen Gewässertypen dargestellt, wobei jedesmal die mittlere sekundliche Abflußmenge des Jahres gleich 100 % gesetzt ist. Gemäß der für das Belastungsgebirge gewählten Darstellungsweise läuft die Zeitskala dieser und der folgenden Abbildungen ebenfalls von Anfang Juli bis Anfang Juli. In Spalte 8 der Zahlentafel ist der Anteil jeder der Gewässertypen am Gesamtdargebot aller alpinen Wasserkräfte eingetragen. Mit Hilfe dieser Werte ist in Abb. 5 der zeitliche Verlauf des Gesamtdargebots ermittelt, indem die im Verhältnis dieser Werte verkleinerten Ordinaten der Kurven aus

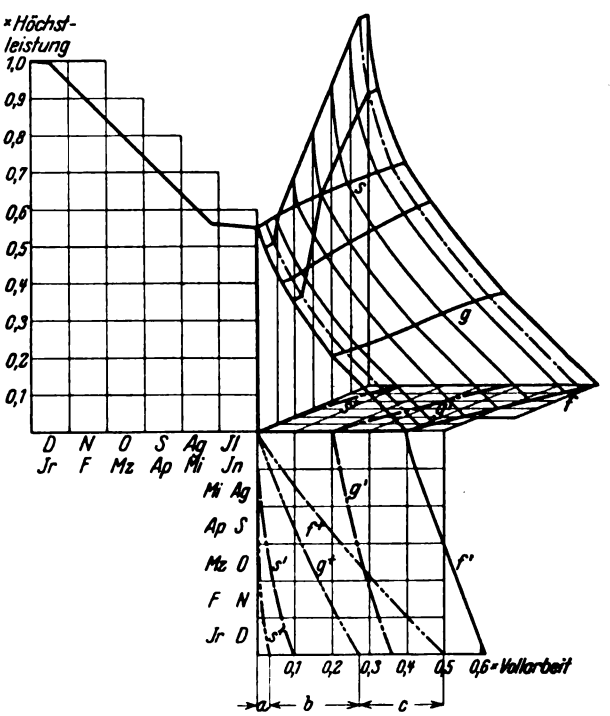


Abb. 3. kWh-kW-Körper.

[3] Für die Bemerkungen über Stärke und zeitlichen Verlauf des Abflusses aus alpinen Einzugsgebieten wurden die Angaben von Dr. J. Ornig in: „Wasserwirtschaftliche Grundlagen der österr. Verbundwirtschaft und der Ausbaugröße von Laufwasserkräften", Wasserwirtschaft 1925, und die ausführliche Studie von G. Fantoli über die Abflußverhältnisse des Splügengebietes in L'Energia el. Bd. 2, 1925, H. 9, benutzt.

Digitized by Google

Zahlentafel 1.

Art des Einzugsgebietes	Dauer der Mangelzeit (Monate, in denen weniger als $^1/_{12}$ der Jahresabflußmenge abfließt)	Abfluß in der Mangelzeit in % der Gesamtjahresabflußmenge	Normales Niederwasser in % der mittleren sekundlichen Abflußmenge	Abflußreichster Monat	s	Für Jahresausgleich nötiger Speicherraum in % der Jahresabflußmenge	Anteil am gesamten Arbeitsdargebot der Ostalpen in % etwa
Gletscher	Oktober bis Mai	etwa 10	etwa 5	Juli	etwa 10	55 ... 60	5
hochalpin (über 2000 m unvergletschert)	Oktober bis April	10 ... 15	5 ... 10	Juni	6 ... 10	45 ... 50	18
alpin (1000 ... 2000 m unvergletschert, mit ununterbrochener Winterschneedecke)	Oktober bis März	15 ... 20	10 ... 15	Mai	4 ... 6	30 ... 35	27
größere Flüsse:							
a) mit viel Gletschergebieten (Inntypus)	Oktober bis April	24 ... 32	etwa 25	Juni od. Juli	2 ... 3	20 ... 25	15
b) ohne Gletscher (Ennstypus)	Oktober bis März	25 ... 35	etwa 25	Mai	2 ... 3	20 ... 25	10
Donau	Oktober bis März	30 ... 35	35 ... 40	Juni od. Juli	etwa 2	etwa 15	25

Das Niederwasser fällt in Normaljahren in allen alpinen Gewässern in den Februar

Abb. 4 addiert wurden. Zum Vergleich ist außerdem der Verlauf des täglichen Arbeitsbedarfes während des ganzen Jahres gemäß der Linie *f* aus Abb. 3 eingetragen. Der große Unterschied zwischen den Ordinaten der Linien – – – – des Dargebotes und ═══ des Bedarfes und die Größe der zwischen diesen Linien liegenden Flächen

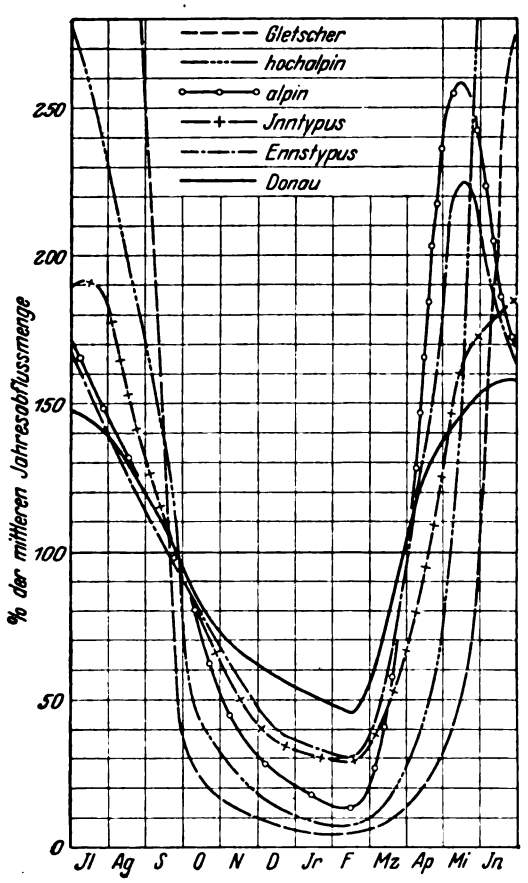


Abb. 4. Abflußkennlinien alpiner Einzugsgebiete.

— welch letztere ein Maß für die mangelnde bzw. überschüssige Arbeit bilden — zeigen, welche Bedeutung der Aufgabe des Jahresausgleiches zukommt; wird sie nicht gelöst, so könnte aus den Alpenwasserkräften nur ein Netz versorgt werden, dessen Arbeitsbedarf die durch die .....-Linie begrenzte, in Abb. 5 schraffierte Fläche nicht überschreitet. Dabei gelangt man aber nur zu einer teilweisen B e nutzung, nicht zur A u s nutzung der Alpenwasserkräfte.

An erster Stelle sind daher die Vorkehrungen für den Jahresausgleich zu behandeln, wobei es zunächst nur darauf ankommt, täglich die benötigte Arbeitsmenge und nur diese bereitzustellen; die Verteilung dieser Arbeit über die Stunden des Tages und das Zusammenwirken von Tages- und Jahresausgleich werden vorerst zurückgestellt.

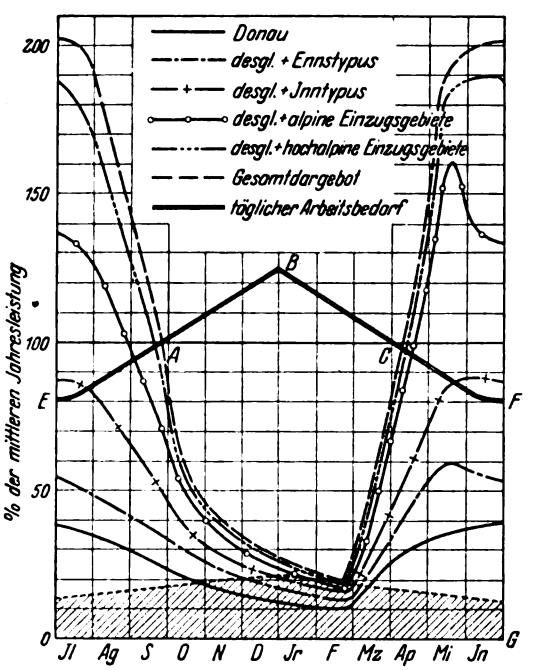


Abb. 5. Jährlicher Verlauf des täglichen Arbeitsdargebots und -bedarfs.

3. Der Jahresausgleich.

Die Fläche *ABCDA* (Abb. 5) zwischen der Linie ═══ des Bedarfes und der Linie – – – – des Dargebotes beträgt etwa 40 % der Fläche *OEBFGO*, die den Arbeitsbedarf des Jahres anzeigt; daher müßten 40 % der Gesamtarbeit eines Jahres gespeichert werden, um nur mit alpinen Wasserkräften ein Belastungsgebirge nach Art der Abb. 1 ausfüllen zu können, wenn alle in der Zahlentafel 1 unterschiedenen Gruppen in gleichem Maße beteiligt sind; solange der Ausbau der von Natur aus verhältnismäßig am besten ausgeglichenen Donau hinter den übrigen zurückbleibt, wird der Mangel im Winter verhältnismäßig noch größer sein. Die Ausnutzung aller in den Alpen dargebotenen Speichermöglichkeiten bringt aber nur eine Speicherarbeit von etwa 20 % der Gesamtjahresarbeit ein. Ohne Mitwirkung von Dampfkraftwerken könnte daher nur die Hälfte des Rohdargebotes für die Speisung eines Netzes verwendet werden, dessen Bedarf nach dem Bela-

Digitized by Google

stungsgebirge (Abb. 1) verläuft; der Wirkungsbereich der Alpenwasserkräfte müßte somit enger begrenzt werden als bei Zusammenarbeit mit Dampfkraftwerken. Außerdem ist aber Vorsorge für den Ausgleich der säkularen Schwankungen zwischen nassen und trockenen Jahren zu treffen. Wollte man auch dazu Wasserspeicher verwenden, so müßten über den oben genannten Betrag hinaus noch weitere Mengen an Speicherenergie bereitgestellt werden, deren Größe nicht genau bestimmt werden kann, da Amplitude und Frequenz der säkularen Schwankungen der Wasserspende noch nicht ermittelt sind, jedoch mindestens gleich groß wie die für den Jahresausgleich benötigte ist. Es wäre daher nicht zweckmäßig, aus den Alpenwasserkräften einen Teil Mitteleuropas getrennt zu versorgen, sondern man muß Wasser- und Dampfarbeit im ganzen Netz mischen.

Hier entsteht die Frage, ob es überhaupt zweckmäßig ist, für den Jahresausgleich Wasserspeicher zu verwenden oder ob die Lieferung der in den Wasserkraftwerken fehlenden Arbeit im Winter besser ganz den Dampfkraftwerken übertragen wird. Zur Beantwortung entnehme man der Abb. 5, daß die für den Jahresausgleich erforderliche Arbeitsmenge 40 % der Jahresarbeit beträgt; eine Untersuchung nach dem im Abschnitt 4 entwickelten Vorgang zeigt weiter, daß die Ausgleichsarbeit mit einer höchsten Leistung von 70 % der gesamten Höchstleistung eingesetzt werden muß. Wird daher die Ausgleichsarbeit von eigenen Dampfkraftwerken geliefert, so erreichen diese eine Benutzungsdauer von $\frac{40}{70}$ der Benutzungsdauer, die oben für die Höchstleistung im ganzen mit 4150 h ermittelt wurde, also von 2400 h. Da das Dampfkraftwerk nahe dem Verbrauchsschwerpunkt liegt, das Wasserkraftwerk aber fern im Hochgebirge, sind noch rd. 10 % Leitungsverluste zugunsten des Wärmekraftwerkes anzusetzen. Ein Jahresspeicherbecken mit dem Arbeitsinhalt A ersetzt dann ein Dampfkraftwerk mit der Leistung W_D

$$W_D = \frac{0{,}9\,A}{2400}\ \text{kW}.$$

Die Leistung des Wasserkraftwerkes und die Kosten für dieses selbst können hier außer Ansatz bleiben, da diese Leistung ja vorhanden ist und nur während der Mangelzeit nicht betrieben werden kann. Wird der Ausbau eines Wasserkraftwerkes ohne Jahresspeicher für wirtschaftlich befunden, dann wird im Zusammenhang damit die Anlage eines Jahresspeichers wirtschaftlich sein, wenn die zusätzlichen Anlagekosten je Kilowattstunde Arbeitsinhalt des Speichers (Grunderwerb, Talsperre, Mehrkosten für den Bau des Stollens als Druckstollen, Ausrüstung des Wasserschlosses, dafür unter Umständen Minderkosten für die durch das Aufstauen verringerte Stollenlänge) k_s der Beziehung folgen

$$k_s = \frac{p_d}{p_s}\,\frac{0{,}9\,k_d}{2400} + \frac{b}{p_s},$$

in welcher Gleichung außer den früheren Bezeichnungen bedeuten:

k_d die Anlagekosten des Dampfkraftwerkes je Kilowatt,
b die Brennstoffkosten je Kilowattstunde,
p_d den Prozentsatz für Kapitaldienst des Dampfwerkes,
p_s desgl. für das Speicherbecken.

Um die zulässige Größenordnung von k_s zu finden, sei gesetzt

$$p_s = 0{,}10, \quad p_d = 0{,}17, \quad k_d = 280\ \text{RM/kW}, \quad b = 0{,}8\ \text{Pf},$$
$$k_s = 1{,}7 \cdot 10{,}5 + 8 = 25{,}8\ \text{Pf/kWh}.$$

Solange daher die zusätzlichen Anlagekosten für einen Jahresspeicher von $100 \cdot 10^6$ kWh Arbeitsinhalt unter der Größenordnung von etwa 25 Mill RM bleiben, ist die als Jahresspeicherwerk ausgebaute Wasserkraft der Kombination Laufwerk + Reservedampfkraftwerk überlegen. Da sich in vielen Fällen geringere Kosten für die Speicheranlagen ergeben, ist die Anwendung der Jahresspeicherung grundsätzlich gerechtfertigt.

Die Jahresspeicherung ist daher für den hier behandelten Verbundbetrieb weniger als Mittel für die Sicherung und überhaupt Ermöglichung der Stromlieferung im Winter zu werten, wie in abgeschlossenen, nur von Wasserkraftwerken versorgten Netzen, sondern als Mittel für die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der gesamten Energiegewinnung. Sie hilft vermeiden, daß gerade zur Zeit des größten Bedarfes ein großer Teil der Maschinen in den Wasserkraftwerken stillsteht und man dafür Reserve in den Dampfkraftwerken halten muß, erspart daher an installierter Gesamtleistung. Sie ermöglicht ferner einen höheren Ausbau der Wasserkräfte, weil man bei größeren Werten von s zur Vermeidung eines zu krassen Mißverhältnisses zwischen reichlicher Sommer- und knapper Winterleistung die Ausbaugröße der Werke nur für einen Bruchteil der möglichen Sommerleistung bemessen darf, so daß ein großer Teil des Sommerwassers nutzlos über den Überfall geht; die Jahresspeicherung gestattet daher intensivere Ausnutzung des Rohdargebotes. Im Verbundbetrieb ist es dann nicht immer nötig, bis auf $s > 1$ zu kommen, weil auch noch mit $s = 1{,}5 \ldots 2$ die Arbeit eines Wasserkraftwerkes im Belastungsgebirge untergebracht werden kann, also eine Kraftwerksleistung, die im Sommer täglich 1,5- ... 2mal mehr arbeitet als im Winter. Besonders für die Ausnutzung der großen Stufen der Hauptflüsse ist es günstig, wenn durch die Wirkung höherliegender Jahresspeicher der Abfluß während des ganzen Winters auf 0,4 des Jahresmittels gehalten wird, gegenüber dem Rohzustand, in welchem der Winterabfluß unter ein Viertel des Jahresmittels sinkt.

Das Wasser legt in den Alpenflüssen und in den Wasserführungen der Kraftwerke täglich einen Weg von der Größenordnung 100 ... 180 km zurück. Die ausgleichende Wirkung jedes Jahresspeichers kommt daher allen unterhalb gelegenen Kraftwerken zugute, wenn sie auch durch das Hinzukommen weiterer Einzugsgebiete mit unausgeglichenem Abfluß in den tieferen Stufen sozusagen „verdünnt" wird. Auch addiert sich die Wirkung von parallelgeschalteten Speichern der Zubringertäler im Hauptfluß und kann dort die Wasserführung sehr erheblich selbst dann verbessern, wenn im Haupttal selbst kein Jahresspeicher angelegt werden kann. Darum soll man bei der Planung von Jahresspeichern nicht nur an das unmittelbar mit dem Speicher zusammenhängende Kraftwerk denken, sondern vor allem die Wirkung des Speichers auf das ganze Flußgebiet beachten, dem er angehört: die Aufteilung der Jahresspeicher ist für ganze Flußgebiete als einheitliche, zusammenhängende Aufgabe, nicht als eine Frage der Projektierung einzelner Kraftwerke zu behandeln.

Für die Abschätzung der erforderlichen Größe der Jahresspeicher können folgende Zahlen einen ersten Anhalt bieten: Bei einer jährlichen Abflußhöhe von 1 m fließen aus 100 km² Einzugsgebiet jährlich $100 \cdot 10^6$ m³ ab. Die Abflußhöhe von 1 m trifft im Durchschnitt für die großen Flußgebiete der Nordalpen mit ziemlich guter Annäherung zu. In hochgelegenen vergletscherten Einzugsgebieten der Uralpen wird dieser Wert wegen der mit der Höhe zunehmenden Niederschläge, des Fehlens einer wasserverbrauchenden Tier- und Pflanzenwelt und der im Urgestein geringen Versickerung um bis zu etwa 60 % überschritten; südlich der Uralpen und in den östlichen Ausläufern der Alpen wird wegen der geringeren Niederschlagshöhe nur die Hälfte bis zwei Drittel dieses Wertes erreicht. Für ein vergletschertes Einzugsgebiet von 10 km² wird daher im Einklang mit Zahlentafel 1 bei einem jährlichen Abfluß von $16 \cdot 10^6$ m³ für vollkommenen Jahresausgleich ein Stauraum von $0.6 \cdot 16 \cdot 10^6$ m³ = $10 \cdot 10^6$ m³ nötig sein. Für vergletscherte Einzugsgebiete gilt daher annähernd die einfache Beziehung: Stauraum für Jahresausgleich in 10^6 m³ = Einzugsgebiet in km². Für die anderen in der Zahlentafel angeführten Gewässertypen ist der erforderliche Stauraum je km² Einzugsgebiet wegen des geringeren und gleichmäßigeren Abflusses wesentlich kleiner, für die Enns z. B. nur ¼ ... ⅓ · 10^6 m³/km² Einzugsgebiet.

Es bedarf keines besonderen Beweises, daß ein einziger großer Speicher geringere Anlagekosten verursacht als mehrere kleine gleichen Gesamtinhaltes. Ferner ist unmittelbar ersichtlich, daß in der Gleichung für den Arbeitsinhalt A des Speichers[4]

$$A = \frac{Q\,H}{500}$$

für einen gegebenen Speicherinhalt Q (in m³) A (in kWh) um so größer erhalten wird, je größer das in sämtlichen darunterliegenden Stufen ausgebaute Gefälle H (in m) gemacht werden kann; denn die gespeicherte Wassermenge leistet ja in allen diesen Stufen Arbeit. Schließlich wird man in den höchsten Stufen der Alpentäler die klarsten geologischen Verhältnisse für die Gründung der Sperre und die geringsten Schwierigkeiten für die Grundeinlösung finden. Diese Erwägungen führen dazu, Jahresspeicher vor allem in die höchsten Talstufen zu verlegen und ohne Rücksicht auf die Größe des Einzugsgebietes so groß als möglich auszubauen, wobei ein

[4] ETZ 1928, S. 1716; Wasserkraft Jahrbuch 1925/26, S. 117.

Digitized by Google

Speicher auch für den Ausgleich zweier oder dreier benachbarter Täler dienen kann. Ein großer Speicher mit kleinem Einzugsgebiet wird dann mehr als nur den Ueberschuß der Sommermonate aufnehmen können; das zugehörige Kraftwerk wird dadurch befähigt, im Winter täglich mehr Arbeit zu leisten als im Sommer. Ein Sonderfall wird erreicht, sobald der Speicher den ganzen Sommerabfluß seines Einzugsgebietes aufnimmt; das Kraftwerk vereinigt dann seine ganze Arbeitsabgabe auf den Winter und steht im Sommer still (Winterkraftwerk). Ist der Speicherinhalt im Vergleich zum Einzugsgebiet noch größer, dann reicht der natürliche Zufluß eines Sommers für die Füllung des Beckens nicht aus und es wird nötig, aus tieferen Stufen mit zusätzlichem Einzugsgebiet im Sommer Wasser in den Speicher hochzupumpen, um es im Winter zu verarbeiten (Jahrespumpenspeicherung, z. B. Wäggitalwerk). Diese Pumpenspeicherung kann sich, wenn das Einzugsgebiet der auf den Speicher folgenden Stufe für seine Füllung auch noch nicht ausreicht, auch über zwei oder mehrere Stufen erstrecken. Je nach der Größe des gesamten obenliegenden Jahresspeicherraumes lassen sich die in Zahlentafel 2 zusammengestellten Arten von Wasserkraftwerken unterscheiden:

Zunächst werden die den wichtigsten, durch die Mündung bedeutender Zubringer gegebenen Höhenstufen des Haupttales zukommenden Abflußmengen des Hauptflusses beiderseits der Ordinatenachse so aufgetragen, daß auf der einen Seite die ohne Speicherwirkung sich ergebenden Abfluß- und Arbeitsmengen des Winter-, auf der andern Seite des Sommerhalbjahres liegen. Die Winterarbeit ohne Speicherwirkung ist in Abb. 7 überdies durch enge Schraffur hervorgehoben. Dieses Arbeitsdiagramm des Hauptflusses wird durch starke Linien eingegrenzt. Auf seine Stufen werden die Abfluß- und Arbeitsdiagramme der in den Höhen dieser Stufen mündenden Zubringer $A \ldots J$ gestellt; auch diese Diagramme zeigen links von ihren Ordinatenachsen die durch enge Schraffur hervorgehobene natürliche Winterarbeit, rechts die Sommerarbeit. An die Ordinatenachse anschließend ist die in Jahresspeichern zurückgehaltene Wassermenge angetragen und durch die weitschraffierte, durch — · — · — -Linie abgegrenzte Fläche die Speicherarbeit bezeichnet. Waagerechte Linien grenzen die Höhenstufen und Arbeitsflächen der aufeinanderfolgenden Kraftwerke ab. Abwärts der Mündung in den Hauptfluß sind die Streifen, die den Arbeitszuschuß aus den Speichern der Nebentäler darstellen,

Zahlentafel 2.

Wasserkraftwerk	s	Speicherraum in % des Jahresabflusses bei Abflußtype				
		Gletscher	hochalpin	alpin	Inn, Enns	Donau
mit verminderter Winterarbeit	> 1	< 55	< 45	< 30	< 20	< 15
mit vollständigem Jahresausgleich	$s = 1$	55 ... 60	45 ... 50	30 ... 35	20 ... 25	etwa 15
mit erhöhter Winterarbeit	$0 < s < 1$	60 ... 95	50 ... 90	35 ... 85	25 ... 75	—
Winterkraftwerk	$s = 0$	etwa 95	90 ... 95	85 ... 90	etwa 75	—
Jahrespumpspeicherwerk	$s < 0$	> 95	> 95	> 90	—	—

Die Wirkungsweise von Jahresspeicheranlagen auf das ganze zugehörige Flußgebiet zeigt am deutlichsten ein Schaubild, das als Ordinaten absolute Höhen, als Abszissen jährliche Abflußmengen darstellt; die Flächen

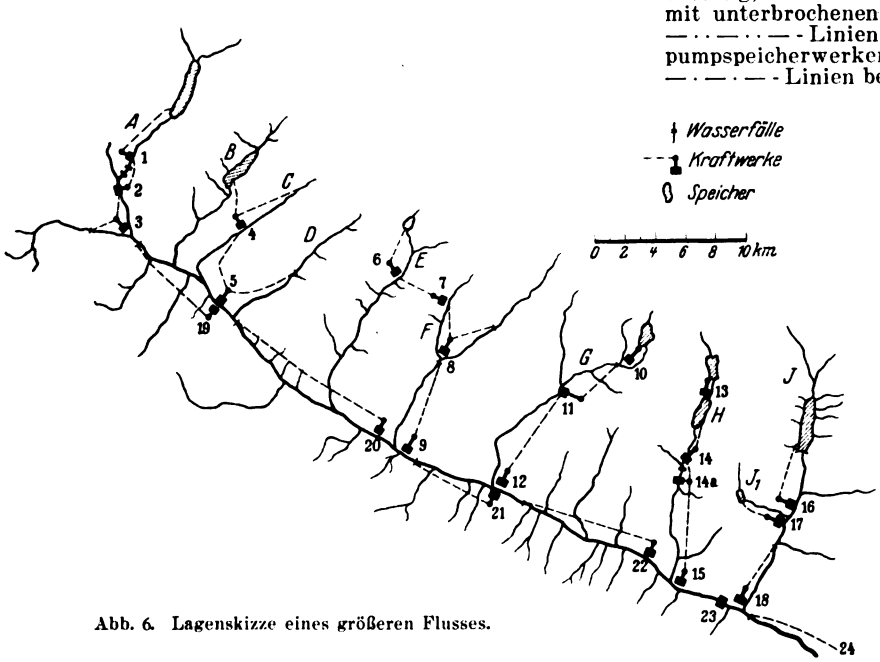


Abb. 6. Lagenskizze eines größeren Flusses.

haben dann die Bedeutung Abflußmenge mal Höhe gleich Arbeit. Wegen der Beziehung $A = \frac{Q\,H}{500}$ wählt man bei Ausführung auf Millimeterpapier die Maßstäbe zweckmäßig so, daß 1 mm des einen einer halben, 1 mm des anderen einer ganzen dekadischen Einheit der dargestellten Größe entspricht; 1 cm² entspricht dann einer ganzen dekadischen Arbeitseinheit. Z. B.: 1 mm = 10 m, 1 mm = $5 \cdot 10^6$ m³ ergibt

$$1\ \text{cm}^2 = \frac{50 \cdot 10^6\ \text{m}^3 \cdot 10 \cdot 10\ \text{m}}{500} = 10 \cdot 10^6\ \text{kWh}$$

Die zweckmäßigste Ausgestaltung dieses Schaubildes sei in Abb. 7 am Beispiel des Oberlaufes eines größeren Flusses erläutert, dessen Lagenskizze Abb. 6 zeigt.

zu einer zusammenhängenden Fläche an die Hauptordinatenachse gerückt. Für jedes der Kraftwerke 1 ... 24 stellt somit die ganze, eng und weit schraffierte Fläche zusammen die Winterarbeit unter dem Einfluß der Speicherung, die weiße die Sommerarbeit dar. Schraffierung mit unterbrochenen Linien und Eingrenzung mit dünnen — · — · — · — -Linien bezeichnet Ladearbeit von Jahrespumpspeicherwerken; Eingrenzung mit ganz starken — · — · — -Linien bereits jetzt ausgebaute Arbeitsmengen; schwarze Flächen endlich die Arbeit jener Wassermengen, auf deren Ausnutzung zugunsten der Speisung von Wasserfällen verzichtet wird. Das Schaubild zeigt, wie die ausgleichende Wirkung eines einzigen, in der höchsten Talstufe angeordneten Jahresspeichers auch in den folgenden Stufen und besonders auch im Hauptfluß zur Geltung kommt trotz des Hinzutretens unausgeglichener Abflüsse aus weiteren Einzugsgebieten. Am Beispiel der Täler *B*, *C*, *D* in den Stufen 4 und 5 sowie *E* und *F* in Stufe 7, 8 und 9 ist zu erkennen, wie die Zusammenfassung mehrerer benachbarter Täler unter die Wirkung eines gemeinsamen Speichers den Ausbau solcher Täler überhaupt erst ermöglicht, in denen kein eigener Speicher errichtet werden kann; denn ohne den namhaften Zuschuß im Winter aus den Speichern in *B* bzw. *E* könnte eine so ungleich auf Sommer und Winter verteilte Abflußmenge wie die der Täler *C*, *D* und *F* nicht ausgenutzt werden. Bei dem Tal *G* ist ersichtlich, daß der in dessen höchster Stufe 10 bereits bestehende Speicher erst nach Ausbau auch der folgenden Stufen 11 und 12 gut ausgenutzt sein wird, weil sich dann sein nutzbarer Arbeitsinhalt mehr als verdoppelt, ohne daß am Speicher selbst etwas verändert wird.

Am Beispiel der Täler *A* und *H* endlich läßt sich zeigen, daß die auch wirtschaftlich zu begründenden Forderungen des Naturschutzes mit dem Wasserkraftausbau in Einklang gebracht werden können, so daß ein Gegeneinanderausspielen dieser beiden Bestrebungen abwegig ist. Im Tal *A* sollen, ohne auf die Ausnutzung dieser wertvollen Stufe zu verzichten, die bedeutenden Wasserfälle zwischen 1460 und 1080 m Seehöhe geschont werden; auch teilweiser Wasserentzug muß vermieden werden, weil die Fälle eben durch die Wucht ihrer großen Wassermassen wirken. Es genügt aber, wenn sie in der Hauptreisezeit

Digitized by Google

von Mitte Juni bis Anfang September während des Tages ihre ungeschmälerte Wassermenge führen, wozu nur etwa ein Drittel der Sommerabflußmenge erforderlich ist. Auf die Ausnutzung dieser Wassermenge und der entsprechenden, durch die schwarze Fläche im Diagramm dargestellten Arbeit muß zwar verzichtet werden, es bleibt aber die ansehnliche Wassermenge der Sommernächte, des Frühlings und Herbstes für das den Fällen parallelgeschaltete Kraftwerk 2 verfügbar. Der Speicher in der obersten

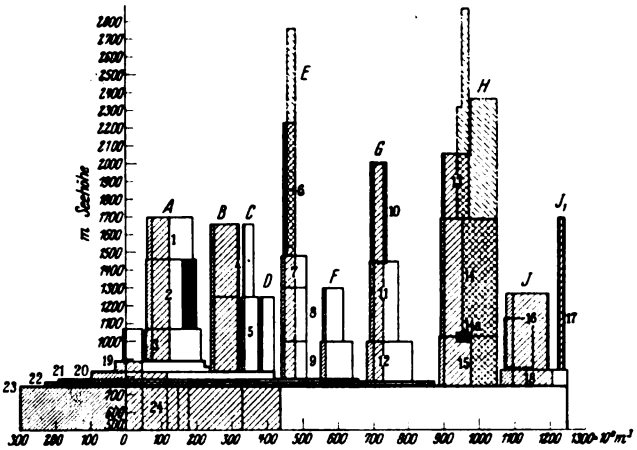


Abb. 7. Schaubild für die Wirkung von Jahresspeichern.

Stufe und das seinen Abfluß regelnde Kraftwerk 1 ermöglichen die entsprechende Verteilung der Zuflüsse. Im Tal *H* ist ein Wasserfall unter anderen Bedingungen zu erhalten: Der ganze Abfluß dieses Tales wird in Jahresspeichern zurückgehalten und überdies am Wasserfall vorbei aus dem Hauptfluß Wasser in die Hochspeicher gepumpt. Hier wird die Stufeneinteilung am besten so gewählt, daß ein Kraftwerk (14) unmittelbar über dem Fall liegt und unter dem Fall ein Pumpwerk (14 a) errichtet wird, das das wieder nur zu gewissen Tagesstunden des Hochsommers über den Fall gesandte Wasser wieder in die Oberwasserführung des folgenden Kraftwerkes 15 drückt. Wegen der im Vergleich zur Stufenhöhe dieses Kraftwerkes geringen Höhe des Falles ist dieser Vorgang nur mit kleiner Arbeitseinbuße (schwarze Fläche 14 a in Abb. 7) verbunden; er erfordert aber zusätzliche Einrichtungen (Pumpwerk). Diese Aufwendungen für die Erhaltung eines Wasserfalles könnten ungerechtfertigt hoch erscheinen; die Zerstörung eines Naturschaustückes, an dem als Anziehungspunkt für den Fremdenverkehr wichtige wirtschaftliche Interessen der Umgebung hängen, fordert aber Widerstände heraus, die unter Umständen das Zustandekommen eines Projektes verhindern können. Obwohl an sich unproduktiv, werden solche Vorkehrungen daher doch angebracht sein, sofern sie die Wirtschaftlichkeit des Projektes nicht nennenswert beeinträchtigen.

Die Auswertung des Schaubildes Abb. 7 zeigt, daß in allen 24 Kraftwerken dieses Beispieles sich die Winter- zur Sommerarbeit wie 4 : 1 verhält. Das starke Überwiegen der Winterarbeit zeigt den großen Einfluß nur dieser acht, z. T. recht bescheidenen und in keinem Fall außergewöhnlich großen Speicher — keiner überschreitet $100 \cdot 10^6$ m³ Nutzinhalt — auf den Leistungsausgleich von 24 Kraftwerken. Es könnte sogar scheinen, daß die Speicher zu groß sind. Dies ist aber nicht der Fall, denn das Beispiel behandelt nur einen kleinen, die Speicherung besonders begünstigenden Teil der Ostalpen; schon die nächsten Stufen desselben Flusses und seine nächsten Zubringer ändern das Verhältnis der Winter- zur Sommerleistung von 4 : 1 in 2 : 1, benachbarte Flußsysteme mit nur wenigen ausbaufähigen Speicherräumen kehren es vollends zugunsten der Sommerarbeit um. Man hat nicht zu befürchten, daß die Errichtung von Jahresspeichern zu weit gehen könnte, solange die am Beginn dieses Abschnittes abgeleitete Bedingung für die Wirtschaftlichkeit eingehalten wird.

Das Beispiel zeigt, daß es richtig ist, zur Errichtung von Jahresspeichern i. a. nur die oberste Talstufe zu verwenden; dadurch wird nicht nur für die tieferen Stufen der Seitentäler, sondern auch für den Hauptfluß eine brauchbare Verteilung des Abflusses auf Winter und Sommer erzielt.

Außer den Hochspeichern kommen noch die Seen als Jahresspeicher in Betracht, die zwar ansehnliche Wassermengen, aber wegen ihrer geringen Seehöhe nur verhältnismäßig geringe Arbeitsmengen aufzunehmen vermögen, nämlich etwa ein Zehntel des Arbeitsinhaltes aller alpinen Speicher. Die Untersuchung des ganzen Ostalpengebietes zeigt, daß etwa ein Fünftel der Gesamtarbeit eines Jahres in Jahresspeichern zurückgehalten werden kann. Von dieser Speicherarbeit wird nicht ganz ein Drittel in den zu den Speichern unmittelbar gehörenden Kraftwerken geleistet, fast drei Viertel in den tieferliegenden Stufen; auf die einzelnen Gruppen von Kraftspendern verteilt sie sich nach Zahlentafel 3.

Zahlentafel 3.

Es entfallen auf die Gruppe	% der gesamten Speicherarbeit	% der gesamten Jahresarbeit	% der Jahresarbeit der Gruppe
Gletscher	20	4	80
hochalpin	40	8	45
alpin	12,5	2,5	10
größere Flüsse	20	4	16
Donau	7,5	1,5	6

Zahlentafel 4 zeigt dann die Verteilung in % des Gesamtarbeitsdargebotes auf Einzeldargebote mit verschiedenen Werten von *s*, wie sie von der Natur geboten wird und wie sie durch Ausnutzung aller Möglichkeiten für Jahresspeicherung verbessert werden kann. Mittelwert von *s* für das Gesamtdargebot ist roh 4,4, bei Verbesserung durch Errichtung aller möglichen Jahresspeicher etwa 1,6.

Zahlentafel 4.

s	Ohne Speicherung	Mit Speicherung	*s*	Ohne Speicherung	Mit Speicherung
8 ... 10	10	—	2 ... 3	20	30
6 ... 8	15	—	1 ... 2	10	50
4 ... 6	20	—	0 ... 1	—	18
3 ... 4	25	—	< 0	—	2

Die bisherige Untersuchung erstreckt sich nur auf die Beeinflussung des Wertes *s* durch die Speicherung, also auf die allgemeine Arbeitsverteilung auf Winter- und Sommerhalbjahr. Bei einem und demselben Wert von *s* kann aber die Arbeit auf die einzelnen Monate in verschiedener Weise verteilt sein. Hierauf können auch Maßnahmen der Betriebsführung einen Einfluß äußern, wenn man in Jahresspeichern ein ansehnliches Arbeitsquantum verfügbar hat. Diese Verteilung muß geklärt sein, ehe an die Aufteilung des Belastungsgebirges auf die einzelnen Gattungen von Kraftwerken geschritten wird.

Grundsätzlich bestehen die in Abb. 8 a und b dargestellten Möglichkeiten, dadurch gekennzeichnet, daß im Normaljahr während der Wintermonate das eine Mal die Dampf-, das andere Mal die Wasserkraftwerke täglich dieselbe Arbeit zu leisten haben. Bestechend an einem Betrieb nach Abb. 8a ist, daß die Dampfkraftwerke dank der während des ganzen Winters gleichmäßigen Belastung eine sehr günstige Benutzungsdauer erzielen. Trotzdem ist die Betriebsführung nach Abb. 8b vorzuziehen, u. zw. wegen des säkularen Ausgleichs.

Unregelmäßigkeiten in der Wasserspende aufeinander folgender Jahre können nämlich in folgender Weise auftreten:

1. Verminderte Wassermenge in regenarmen Sommern.

Man wird auch dann trachten, mit vollständig gefüllten Jahresspeichern in den Winter einzutreten, und hierzu die Dampfkraftwerke auch im Sommer stärker heranziehen.

2. Verminderte Wasserspende in trockenen, strengen Wintern.

Hier sind, einzeln oder zusammen auftretend, folgende Störungen zu erwarten:

a) Das Tiefstwasser tritt vorzeitig ein und fällt mit der Höchstbelastung zusammen.

b) Das Tiefstwasser erreicht abnorm tiefe Stände.

Beide Fälle erfordern vorzeitige Ausgabe der Speicherarbeit, weil im Falle a die notwendige tägliche Arbeit nur erreicht wird, wenn die Wasserkraftwerke ihre programmäßige Leistung beisteuern; was an natürlichem Zufluß fehlt, muß aus den Speichern ersetzt werden. Der Betrieb muß daher nach Abb. 8c geführt werden. Der Fall b scheint an sich nicht so schlimm, weil zur Zeit des Tiefstwassers die Lieferung der Wasserkraftwerke ohnedies vorwiegend Speicherarbeit ist, die nur wenig erhöht werden müßte, um den Ausfall an natürlichem Zufluß zu

Digitized by Google

decken. Aber ein solcher Tiefstand fällt meist mit starkem Frost zusammen, der auch den Betrieb von Dampfkraftwerken in mannigfacher Weise erschwert (Transportschwierigkeiten für die Kohle auf Bahnen und Wasserstraßen, Einfrieren der Kondensation, Kühlwasser-

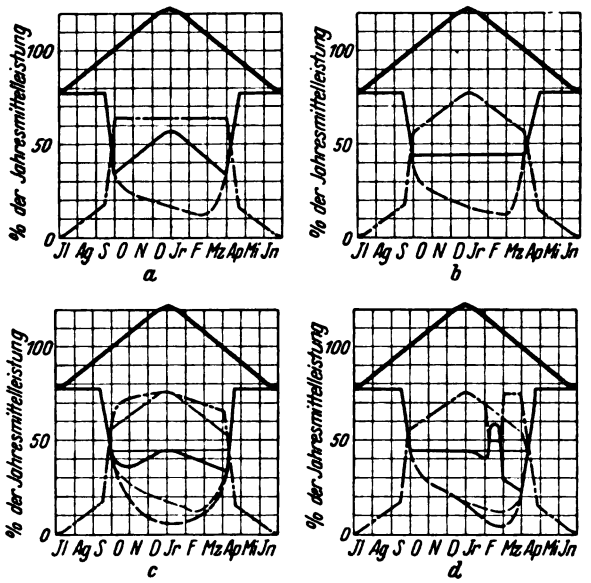


Abb. 8. Einsatz der Jahresspeicherarbeit und der Dampfkraftwerke.

mangel), so daß man in solcher Notzeit, wie auch die Erfahrungen des Winters 1929 gezeigt haben, am sichersten auf Wasserkraftwerke mit Jahresspeichern zählen kann. Die Folge ist wieder starke Inanspruchnahme der Speicher durch einen Betrieb nach Abb. 8d.

c) Verspäteter Eintritt der Schneeschmelze.

In allen diesen Fällen wird es nötig, gegen Ende des Winters die Dampfkraftwerke stärker heranzuziehen. Dies ist nicht möglich, wenn der Normalbetrieb nach Abb. 8a geführt wird, weil dann die Dampfkraftwerke während des ganzen Winters voll beansprucht sind. Wird der Normalbetrieb aber nach Abb. 8b geführt, so ist zu Ende des Winters die Dampfkraft nicht voll ausgenutzt, und ihre Inanspruchnahme läßt sich soweit steigern wie in Normaljahren zur Zeit der Höchstbelastung. Dies reicht aber auch immer aus, wie aus der nachfolgenden Aufstellung über die Arbeitsverteilung hervorgeht.

Es entfallen:

von der Jahresarbeit:

auf das Sommerhalbjahr	45 %
„ das Winterhalbjahr	55 „
„ Wasserkraftwerke	60 „
„ Dampfkraftwerke	40 „

von der Arbeit der Wasserkraftwerke:

auf das Sommerhalbjahr	62 %	
„ das Winterhalbjahr	38 „	
davon aus Speichern		20 %
aus natürlichem Zufluß		18 „

von der Arbeit der Dampfkraftwerke:

auf das Sommerhalbjahr	20 %
„ das Winterhalbjahr	80 „

Demnach verteilt sich die Jahresarbeit:

im Sommerhalbjahr auf Wasserkräfte	37 %	
auf Dampfkraft	8 „	
im Winterhalbjahr auf Wasserkraft	23 „	
davon aus Speichern		12 %
aus natürlichem Zufluß		11 „
auf Dampfkraft	32 „	

Endlich die Arbeit des Sommerhalbjahres:

auf Wasserkraft	82 %
„ Dampfkraft	18 „

und die Arbeit des Winterhalbjahres:

auf Wasserkraft	42 „	
davon aus Speichern		22 %
aus natürlichem Zufluß		20 „
auf Dampfkraft	58 „	

Bei Betrieb nach Abb. 8b wären die Dampfkraftwerke imstande, in jedem Halbjahr 39 % der Gesamtjahresarbeit zu übernehmen, sie bieten somit eine Reserve im Sommerhalbjahr von 31 %, im Winterhalbjahr von 7 % der Jahresarbeit. Dies reicht für folgenden ungünstigsten Fall aus:

Sommerhalbjahr:	Bedarf	45 % der Jahresarbeit
	Dampfkraftwerke	39 „
	Wasserkraftwerke	6 „

Da zur Sommerarbeit im Normaljahr und im ungünstigsten Jahr noch die 12 % der Jahresarbeit hinzuzuzählen sind, die unter allen Umständen in Jahresspeichern zurückgehalten werden sollen, könnte der Sommerzufluß der Wasserkraftwerke im ungünstigsten Jahr im Verhältnis 18 : 49 oder fast auf ein Drittel abnehmen, ohne daß eine Störung der Energieversorgung zu befürchten wäre.

Winterhalbjahr:	Bedarf	55 % der Jahresarbeit
	Speicherarbeit	12 „
	Dampfkraftwerke	39 „
natürlicher Zufluß der Wasserkraftwerke		4 „

Gegenüber dem Normaljahr ist somit eine Abnahme des natürlichen Zuflusses im Verhältnis 4 : 11 oder ebenfalls fast auf ein Drittel ohne Kürzung der Stromlieferung möglich.

Die Abnahme der Abflußmenge auf ein Drittel des Normalwertes ist ein Fall, für den gerüstet zu sein wohl das Äußerste ist, was von den Elektrizitätswerken gefordert werden kann. In solchen Jahren müßten dann die Dampfkraftwerke das ganze Jahr hindurch voll arbeiten. In allen Jahren, die eine so katastrophale Trockenheit nicht bringen, besteht dagegen die willkommene Möglichkeit, die Dampfkraftwerke im Sommer zu Erhaltungsarbeiten am hochbeanspruchten wärmetechnischen Teil, z. B. Erneuerung des feuerberührten Mauerwerks usw., abwechselnd aus dem Betrieb zu ziehen.

(Schluß folgt.)

Die Sicherung des Betriebes bei Wasserwerken mit elektrischem Antrieb.

Von **M. Gaze**, Berlin.

Übersicht. **Es werden die verschiedenen Möglichkeiten der Sicherung des Betriebes bei Stromunterbrechungen erörtert und an Hand von Beispielen beschrieben.**

Bei der Erweiterung bestehender Dampfpumpwerke mit elektrisch betriebenen Pumpen, ebenso bei der Errichtung neuer elektrischer Wasserwerke spielt die Frage der zuverlässigen Stromversorgung eine wichtige Rolle. Als lebenswichtiger Betrieb muß das Wasserwerk unter allen Umständen vor Betriebsunterbrechungen geschützt werden, wofür es verschiedene Mittel und Wege gibt.

I. Sicherung der elektrischen Energiezufuhr.

Bei der heutigen Entwicklung der Überlandwerke mit ihren weitverzweigten Hochspannungsnetzen, die zum großen Teil miteinander gekuppelt sind, bestehen bei Neuerrichtung eines Wasserwerkes jederzeit bequeme Anschlußmöglichkeiten und so hinreichende Reserven, daß heute die elektrische Energie unbedenklich für den Betrieb eines Wasserwerkes herangezogen werden kann. In der Regel wird für den Anschluß des Wasserwerkes, dessen Lage sich in erster Linie nach den Bedürfnissen des Ver-

Digitized by Google

sorgungsgebietes richtet, eine meist kürzere, mitunter aber auch längere Stichleitung notwendig, welche die Verbindung mit der für die Stromversorgung in Betracht kommen-

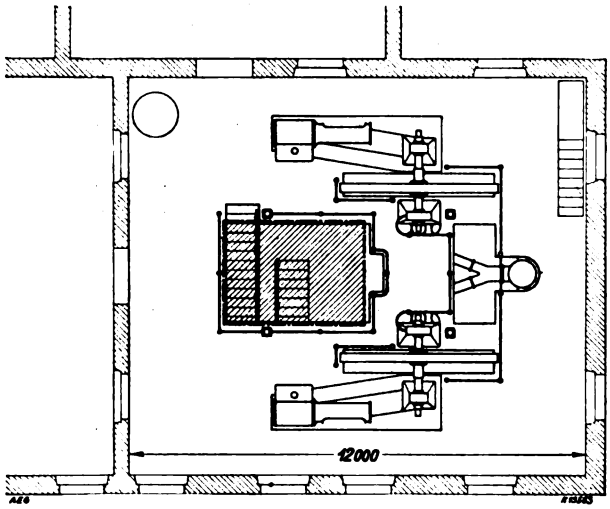


Abb. 1. Wasserwerk Göppingen. Der schraffierte Teil zeigt den Raumbedarf der später eingebauten elektrisch angetriebenen Pumpen.

den Freileitung herstellt. Um die Sicherheit der Energieversorgung zu gewährleisten, wird es häufig nötig sein, noch eine zweite Leitung als Reserve zu verlegen. Wenn dazu die Möglichkeit gegeben ist, ist es jedoch zweckmäßiger, das Wasserwerk in eine Verbindungsleitung zweier Kraftwerke zu bringen oder in einen Ring eines Überlandnetzes einzubeziehen. Es ist dann durch Anwendung des Selektivschutzes[1] möglich, die Stetigkeit der Strombelieferung sicherzustellen. Die Betriebsicherheit ist bei dieser Anordnung die denkbar günstigste.

II. Sicherung durch Anschluß an ein Gruppenwasserwerk.

Es gibt Fälle, bei denen das Rohrnetz eines neuen größeren Gruppenwasserwerkes in der Nähe eines älteren, über sehr gutes Grund- und Quellwasser verfügenden, kleineren Wasserwerkes verlegt wird. Bei einer Erweiterung oder Betriebsänderung des kleinen Wasserwerkes kann es dann von Vorteil sein, durch den Anschluß an das Rohrnetz des Gruppenwasserwerkes die Sicherung der Wasserlieferung herbeizuführen. Ähnlich lagen die Verhältnisse beim Umbau des Wasserwerkes Göppingen[2] auf elektrischen Betrieb, wobei der Anschluß an die Württembergische Landeswasserversorgung eine Rolle spielte. Der Übergang auf elektrischen Betrieb stellte sich auch dadurch vorteilhafter, daß gemäß Abb. 1 von der alten Dampfanlage viel Platz für andere Zwecke verfügbar war und der elektrische Betrieb selbsttätig eingerichtet werden konnte.

[1] Vgl. z. B. ETZ 1924, S. 612 u. 1136.
[2] Vgl. AEG-Mitt. 1929, S. 300.

III. Sicherungsmaßnahmen im Wasserwerk selbst.

Beim Übergang eines Dampfpumpwerkes auf elektrischen Betrieb müssen die Dampfpumpen so lange in Betrieb oder betriebsbereit bleiben, bis der elektrische Betrieb völlig einwandfrei arbeitet. Das Unterdampfhalten der Dampfpumpen ist aber sehr unwirtschaftlich, weshalb sie im allgemeinen als Reserve nicht in Betracht kommen. Ist jedoch das Gelände derart gestaltet, daß in einer Höhe, die einen genügenden Versorgungsdruck gewährleistet, billige Erdbehälter gebaut werden können, so bilden diese ein sehr günstiges Mittel zur Sicherung der Wasserlieferung bei Störungen im Pumpwerk. Es kann dabei gegebenenfalls genügend Zeit vorhanden sein, um eine Dampfpumpe in Betrieb zu bringen und mit dieser zunächst das Wasser für lebenswichtige Betriebe, wie Krankenhäuser, zu fördern. Bei der Erbauung von Erdbehältern ist zu berücksichtigen, daß diese mit Nachtstrom gefüllt werden können, für den die Elektrizitätswerke bekanntlich einen günstigeren kWh-Preis berechnen.

Als Reserve günstiger ist gegenüber der Dampfmaschine der Dieselmotor, weil letzterer in kürzester Zeit betriebsbereit ist.

Kreiselpumpe und Elektromotor erhalten gleiche Drehzahl, sind aber so angeordnet, daß entweder der Elektromotor direkt oder der Dieselmotor mittels Riemens die Pumpe antreibt. Der Raumbedarf und die Höhe der Baukosten werden hierdurch sehr groß. Richtiger ist es, das Wasserwerk mit elektrischem Antrieb ganz unabhängig

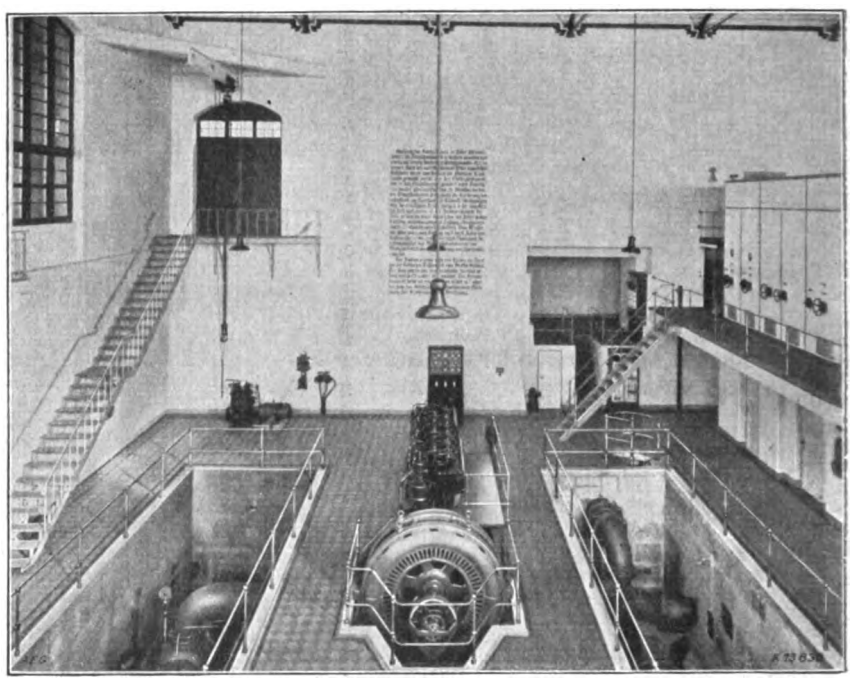
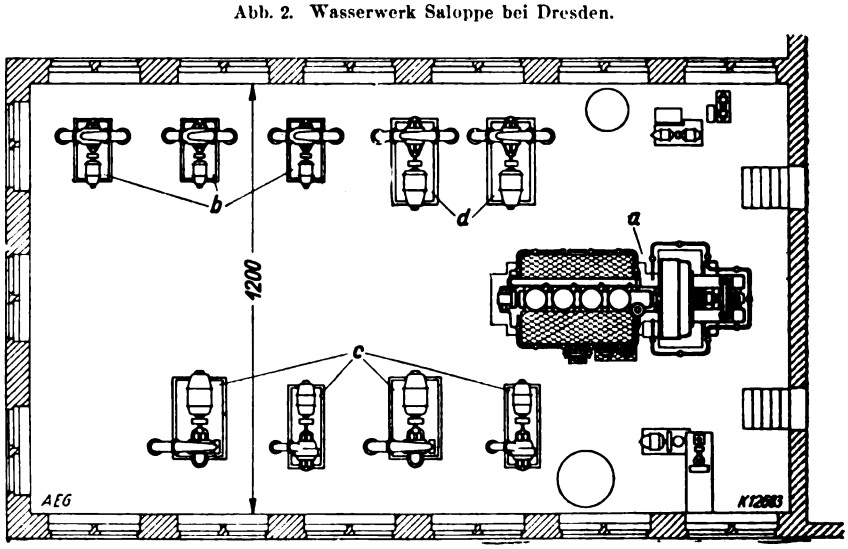


Abb. 2. Wasserwerk Saloppe bei Dresden.



a 260 PS-Dieselmotor der Deutschen Werke, gekuppelt mit AEG-Generator für 235 kVA, 250 U/min, mit Außenpolrad
b Rohwasserpumpen
c Reinwasserpumpen
d Spülpumpen

Abb. 3. Pregelwasserwerk Königsberg.

Digitized by Google

von der Dieselreserve zu projektieren und den Dieselmotor mit einem Generator zu kuppeln, der an beliebiger Stelle stehen kann, da er ja nicht mehr mechanisch mit den Pumpen verbunden ist, sondern nur durch Verbindungsleitungen mit der Schaltanlage, von der aus die Motoren eingeschaltet werden. Diese Anordnung findet immer mehr Eingang.

So zeigt Abb. 2 das vom Dampf- auf elektrischen Betrieb umgebaute Wasserwerk Saloppe bei Dresden. In der Mitte des Maschinenraumes stehen ein 300pferdiger Körting-Dieselmotor von 300 U/min, direkt mit einem Drehstromgenerator gekuppelt, in den Schächten links und rechts davon die elektrisch angetriebenen Kreiselpumpen. Nach gleichen Gesichtspunkten ist das neue Pregelwasserwerk der Stadt Königsberg in Ostpreußen gebaut (Abb. 3). Die sämtlichen Maschinen stehen in einem einzigen Maschinensaal, wodurch die Übersicht und Bedienung denkbar günstig ist.

Der mit dem Dieselmotor gekuppelte Generator hat trotz der zum Parallelbetrieb erforderlichen großen Schwungmassen einen verhältnismäßig kleinen Durchmesser, so daß der Raumbedarf des Maschinensatzes sehr gering ist und durch ihn die lichte Weite des Maschinenraumes und die Spannweite des Krans kaum beeinflußt werden.

„Entohmung".

Von **Fritz Emde**, Stuttgart.

Übersicht. Der Begriff Blindleistung ist nur für Sinusstrom erklärt und ist daher auf andern Wechselstrom nicht übertragbar. Es gibt aber eine mit der Blindleistung eng verwandte Größe, die sich aus augenblicklichen Werten von Strömen und Spannungen bilden und deshalb auf beliebig von der Zeit abhängige Ströme anwenden läßt. Bei periodisch von der Zeit abhängigen Strömen genügt es, den Mittelwert jener Größe zu benutzen. Man kann sich die Blindleistung stationär durch das Feld strömend vorstellen. Die Quellen und Senken dieser Strömung sind durch die neue Größe bestimmt.

Oft hat man sich mit der Frage beschäftigt, wie man den Begriff Blindleistung auf nicht sinusartige Wechselströme übertragen könne; aber ohne Gewaltsamkeiten und Künsteleien kann es dabei nicht abgehen. Der Begriff Blindleistung ist wesentlich auf Sinusströme beschränkt und läßt sich nicht verallgemeinern. Wir wollen hier nun auf eine mit der Blindleistung eng verwandte Größe aufmerksam machen, die aus augenblicklichen Werten von Strömen und Spannungen gebildet ist und sich daher auch ohne weiteres auf nicht sinusartige Wechselströme anwenden läßt. Wir beginnen mit dem einfachen Fall eines unverzweigten sinusartigen Einphasenstromes und gehen erst dann zu nicht sinusartigen Strömen und zu allgemeineren Betrachtungen über.

I. Sinusartiger Wechselstrom.

Die Spannung U und der Strom I seien gegeben durch

$$U = A\sqrt{2}\sin(\omega t - \alpha), \qquad I = B\sqrt{2}\sin(\omega t - \beta).$$

Wir bilden daraus den Ausdruck[1]

$$2M = U^2 \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\frac{I}{U}\right) = U\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t} - I\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t}$$

und erhalten

$$\begin{aligned} M &= \omega A B[\sin(\omega t - \alpha)\cos(\omega t - \beta) \\ &\qquad - \cos(\omega t - \alpha)\sin(\omega t - \beta)] \\ &= \omega A B \sin(\beta - \alpha) \\ &= \omega N_b. \end{aligned}$$

Obgleich M aus augenblicklichen Werten gebildet ist, ist es doch von der Zeit abhängig, nämlich gleich dem Produkt aus der Kreisfrequenz ω und der Blindleistung N_b. Die Größe M muß immer dann gleich Null sein, wenn I/U eine Konstante, also der Strom proportional der Spannung ist, wenn also wenigstens formal das Ohmsche Gesetz gilt. Wir wollen deshalb die Größe M die „Entohmung" nennen. Sie hat die Dimension [W/s]. Messen wir die Blindleistung in Kilowatt, die Entohmung in Megawatt/Sek., so haben wir bei 50 Hz die Zahlenwertgleichung

$$M = 0{,}314\, N_b.$$

Was wird nun aus der Entohmung, wenn Strom und Spannung nicht sinusartig sind?

II. Nicht sinusartiger Wechselstrom.

Es seien Spannung und Strom durch Fouriersche Reihen ausgedrückt:

$$U = \sum_{h=1}^{\infty} A_h \sqrt{2}\sin(h\omega t - \alpha_h).$$

$$I = \sum_{k=1}^{\infty} B_k \sqrt{2}\sin(k\omega t - \beta_k).$$

Dann rechnet man aus

$$\frac{M}{\omega} = \sum_{h=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{\infty} A_h B_k [k\sin(h\omega t - \alpha_h)\cos(k\omega t - \beta_k) - h\cos(h\omega t - \alpha_h)\sin(k\omega t - \beta_k)].$$

Das läßt sich umformen in

$$\frac{M}{\omega} = \sum_{h=1}^{\infty}\sum_{k=1}^{\infty} A_h B_k \left\{\frac{k+h}{2}\sin[(h-k)\omega t - \alpha_h + \beta_k] + \frac{k-h}{2}\sin[(h+k)\omega t - \alpha_h - \beta_k]\right\},$$

oder wenn man die Einzelschwingungen von der Ordnung $h \mp k = n$ zusammenfaßt, $2h$ statt $h \pm k$ schreibt und nach der Frequenz ordnet,

$$\frac{M}{\omega} = \sum_{h=1}^{\infty} h A_h B_h \sin(\beta_h - \alpha_h) + \frac{1}{2}\sum_{n=1}^{\infty}\sum_{h=-\infty}^{+\infty} h A_{n-h\over 2} B_{n+h\over 2} \sin\left(n\omega t - \alpha_{n-h\over 2} - \beta_{n+h\over 2}\right).$$

Hierin treten auch Größen mit negativen Zeigern auf. Sie sind durch die negativ genommene entsprechende Größe mit demselben positiven Zeiger zu ersetzen ($A_{-k} = -A_k$). Der Summationszeiger h darf nur solche Werte annehmen, die $n \pm h$ gerade machen. (Man wird mit $h = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots$ beginnen, also die Glieder paarweise aufschreiben.)

Wenn entweder die Spannung oder der Strom oder beide nicht sinusartig sind, so ist M nicht konstant, sondern enthält Schwingungen. Um zu einer von der Zeit unabhängigen Größe zu gelangen, bilden wir den zeitlichen Mittelwert. Die erste Summe ist selbst schon konstant, die zweite hat den Mittelwert Null. Der zeitliche Mittelwert von M ist daher

$$\overline{M} = \sum_{h=1}^{\infty} M_h,$$

wo

$$M_h = \omega h A_h B_h \sin(\beta_h - \alpha_h) = \omega h N_{bh}.$$

Da uns nur dieser konstante Wert $\overline{M}$ angeht, so verabreden wir, daß wir fortan unter der Entohmung den Mittelwert $\overline{M}$ und nicht den augenblicklichen Wert M verstehen wollen. Bei Sinusstrom fallen beide zusammen. Danach können wir folgende Sätze aufstellen.

Die Entohmung eines beliebigen Wechselstromes ist die Summe der Entohmungen

[1] Vgl. El. u. Maschinenb. Bd. 39, S. 546 (1921).

Digitized by Google

der einzelnen Sinusströme, in die der Wechselstrom zerlegt werden kann.

Entohmungen von Sinusströmen verschiedener Frequenz dürfen addiert werden.

Die Blindleistung ist nur für Sinusstrom erklärt. Mit Hilfe der Entohmung kann man nun, wenn man will, die Blindleistung auch für einen beliebigen Wechselstrom definieren:

$$N_b \equiv \frac{\overline{M}}{\omega} = N_{b_1} + 2N_{b_2} + 3N_{b_3} + \dots$$

Danach ist die Blindleistung eines beliebigen Wechselstromes die Summe der h-fachen Blindleistungen der Sinusströme, in die man den Wechselstrom zerlegen kann, wobei h die Ordnung des Sinusstromes bedeutet.

Blindleistungen von Sinusströmen verschiedener Frequenz dürfen nicht ohne weiteres addiert werden.

Wenn entweder nur die Spannung oder nur der Strom von der Sinusform abweicht, so ist

$$N_b = N_{b_1}, \qquad \overline{M} = M_1.$$

Die starken Verzerrungen der Gleichrichterströme bewirken eine große Abweichung der Scheinleistung von der Wirkleistung. Da hierbei die Spannung fast vollkommen sinusartig sein kann, so kann jene Abweichung nicht als Blindleistung angesprochen werden, denn bei sinusförmiger Spannung ergibt nur die Grundwelle des Stromes eine Blindleistung.

Die Entohmung läßt sich leicht mit zwei Leistungszeigern messen; denn $\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$ kann durch die Spannung einer Drosselspule gemessen werden und $\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}t}$ durch den Ladestrom eines Kondensators. Daraus ergibt sich ohne weiteres, wie die beiden Leistungszeiger zu schalten sind, wenn die Entohmung gemessen werden soll.

III. Die Entohmung als Stromsenke.

Bisher haben wir nur einen unverzweigten Einphasenstrom betrachtet. Statt nun im einzelnen zu zeigen, daß die Entohmung auch bei verwickelten Schaltungen, bei schief belasteten Mehrphasensystemen usw. brauchbar ist, ziehen wir es vor, einen allgemeinen Satz aufzustellen, der dem Poyntingschen Satz von der Strömung der elektromagnetischen Energie nachgebildet ist und bei dem man überhaupt nicht an irgendwelche besonderen Anordnungen der Körper, auch nicht einmal an lineare Stromkreise zu denken braucht. Die Allgemeingültigkeit der Entohmung wird so am deutlichsten zu erkennen sein.

Die Dichte des elektromagnetischen Energiestromes wird bekanntlich durch den Vektor $\mathfrak{S} = [\mathfrak{E}\,\mathfrak{H}]$ angegeben, wo $\mathfrak{E}$ die elektrische und $\mathfrak{H}$ die magnetische Feldstärke bedeuten. In ähnlicher Weise bilden wir einen Vektor

$$2\mathfrak{T} = \left[\mathfrak{E}\,\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t}\right] - \left[\frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t}\,\mathfrak{H}\right].$$

Er hat die Dimension $\left[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{s \cdot cm^2}}\right]$.

Als einfaches Beispiel, an dem wir uns klar machen können, welche Rolle der Vektor $\mathfrak{T}$ spielt, betrachten wir eine stehende Sinuswelle. Es seien $\mathfrak{i}, \mathfrak{j}, \mathfrak{k}$ zueinander senkrechte Einheitsvektoren (Rechtssystem), und es seien

$$\mathfrak{E} = \mathfrak{j}\sqrt{\frac{w}{\Delta}} \cdot 2\cos\omega x \sqrt{\Delta\Pi}\cos\omega t,$$

$$\mathfrak{H} = \mathfrak{k}\sqrt{\frac{w}{\Pi}} \cdot 2\sin\omega x \sqrt{\Delta\Pi}\sin\omega t.$$

Wie man in einem Wechselfeld die Scheinleistung in Wirkleistung und Blindleistung zerlegt, kann man auch den Poyntingschen Strahlvektor $\mathfrak{S} = [\mathfrak{E}\,\mathfrak{H}]$ in einem Wechselfeld in einen Wirkstrahl S_w und einen Blindstrahl S_b zerlegen. Bei einer stehenden Welle ist der Wirkstrahl $S_w = 0$. Für unser Beispiel rechnet man leicht aus

$$S_b = -\frac{w}{\sqrt{\Delta\Pi}}\sin 2\omega x \sqrt{\Delta\Pi},$$

$$\mathfrak{S} = \mathfrak{i}\,S_b \sin 2\omega t, \qquad \mathfrak{T} = \mathfrak{i}\,\omega S_b.$$

S_b und $\mathfrak{T}$ bilden eine erstarrte Welle, $\mathfrak{S}$ eine stehende Welle von doppelter Frequenz. Die Wellenlänge ist bei allen dreien halb so groß wie bei $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{H}$. Jeder Wellenknoten $S_b = 0$ fällt entweder mit einem elektrischen Knoten $\mathfrak{E} = 0$ oder mit einem magnetischen Knoten $\mathfrak{H} = 0$ zusammen. Der Vektor $\mathfrak{T}$ hat dieselbe Dimension wie der Vektor

$$\frac{\partial \mathfrak{S}}{\partial t} = 2\mathfrak{T}\cos 2\omega t,$$

also die Dimension einer Leistungstromdichte, während $\mathfrak{S}$ die Energiestromdichte bedeutet. Ferner findet man

$$\operatorname{div}\mathfrak{S} = \frac{\mathrm{d}S_b}{\mathrm{d}x}\sin 2\omega t, \qquad \operatorname{div}\mathfrak{T} = \omega\frac{\mathrm{d}S_b}{\mathrm{d}x},$$

$$\frac{\mathrm{d}S_b}{\mathrm{d}x} = 2\omega w \cos 2\omega x \sqrt{\Delta\Pi}.$$

Der Vektor $\mathfrak{T}$ hat an jeder Stelle die Richtung vom nächsten elektrischen zum nächsten magnetischen Wellenbauch, also von der nächsten Stelle größter elektrischer (negativer) zur nächsten Stelle größter magnetischer (positiver) Blindleistungsdichte (s. Abb. 1). Bei einem elektrischen Wellenbauch befinden sich Quellen, bei einem magnetischen Wellenbauch Senken der stationären $\mathfrak{T}$-Strömung.

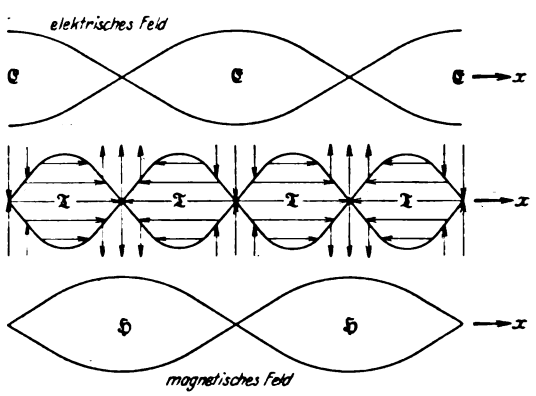


Abb. 1. $\mathfrak{T}$-Strömung im Felde einer ebenen stehenden Welle.

Für die Dichten w_m und w_e der magnetischen und der elektrischen Energie rechnet man sich leicht aus

$$w_m + w_e = w(1 + \cos 2\omega x \sqrt{\Delta\Pi}\cos 2\omega t),$$

$$w_m - w_e = -w(\cos 2\omega x \sqrt{\Delta\Pi} + \cos 2\omega t);$$

die zeitlichen Mittelwerte davon sind

$$\overline{w_m} + \overline{w_e} = w, \qquad \overline{w_m} - \overline{w_e} = -\frac{1}{2\omega}\frac{\mathrm{d}S_b}{\mathrm{d}x}.$$

Die Blindleistungsdichte ist aber

$$n_b = 2\omega(\overline{w_m} - \overline{w_e}) = -\frac{\mathrm{d}S_b}{\mathrm{d}x},$$

daher

$$-\operatorname{div}\mathfrak{T} = \omega n_b = m.$$

Die Senken der $\mathfrak{T}$-Strömung sind der Blindleistungsdichte n_b proportional, nämlich gleich der Entohmungsdichte m. Da die Blindleistung keine Funktion der Zeit t ist, so können wir zwar nicht eine Beziehung

$$-\operatorname{div}\mathfrak{T} = \frac{\partial n_b}{\partial t}$$

erwarten und die Vorstellung von einer Strömung der Substanz „Blindleistung" nicht folgerichtig durchführen. Lassen wir jedoch $m = \omega n_b$ als Ersatz für $\frac{\partial n_b}{\partial t}$ gelten, so können wir annehmen, daß der Vektor $\mathfrak{T}$ an jeder Stelle die Richtung angibt, in der die Blindleistung strömt, und daß sein Betrag ein Maß für die Blindleistung ist, die in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit strömt. Die Entohmungsdichte m gibt für jede Stelle an, wie stark diese Strömung dort versickert.

Digitized by Google

Was wir uns an dem Beispiel der stehenden Welle klar gemacht haben, soll jetzt als allgemeingültig nachgewiesen werden. Um div $\mathfrak{T}$ für ein beliebiges Feld zu berechnen, benutzen wir die Umformung

$$-\operatorname{div}[\mathfrak{A}\,\mathfrak{B}] = \mathfrak{A}\operatorname{rot}\mathfrak{B} - \mathfrak{B}\operatorname{rot}\mathfrak{A};$$

daher treten rot $\mathfrak{E}$ und rot $\mathfrak{H}$ auf. Wir ersetzen sie durch die Größen, mit denen sie nach den Maxwellschen Gleichungen

$$\operatorname{rot}\mathfrak{H} = \mathfrak{G} + \frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t},$$

$$\operatorname{rot}\mathfrak{E} = -\frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial t}$$

übereinstimmen. So bekommen wir

$$-2\operatorname{div}\mathfrak{T} = \left(\mathfrak{E}\frac{\partial}{\partial t} - \frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t}\right)\left(\mathfrak{G} + \frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t}\right) + \left(\mathfrak{H}\frac{\partial}{\partial t} - \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t}\right)\left(-\frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial t}\right).$$

Bei der Auflösung der Klammern heben sich die beiden Glieder weg, die $\mathfrak{G}$ enthalten, und es bleibt übrig

$$-2\operatorname{div}\mathfrak{T} = \mathfrak{E}\frac{\partial^2 \mathfrak{D}}{\partial t^2} - \frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t}\frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t} - \mathfrak{H}\frac{\partial^2 \mathfrak{B}}{\partial t^2} + \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t}\frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial t}$$
$$= \frac{\partial}{\partial t}\left(\mathfrak{E}\frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t} - \mathfrak{H}\frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial t}\right) + 2\left(\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t}\frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial t} - \frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t}\frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t}\right).$$

Hierin sind

$$\mathfrak{E}\frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t} = \frac{\partial w_e}{\partial t} \quad \text{und} \quad \mathfrak{H}\frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial t} = \frac{\partial w_m}{\partial t}$$

die Zunahmen der Dichten der elektrischen und der magnetischen Energie in der Zeiteinheit. Führen wir noch $\mathfrak{B} = \Pi\,\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{D} = \Delta\,\mathfrak{E}$ ein, so bekommen wir

$$-\operatorname{div}\mathfrak{T} = \frac{1}{2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}(w_e - w_m) + \Pi\left(\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t}\right)^2 - \Delta\left(\frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t}\right)^2.$$

Wir nehmen jetzt an, daß das Feld periodisch veränderlich, also ein Wechselfeld sei. Das erste Glied rechts hat dann den zeitlichen Mittelwert Null. Daher wird

$$-\operatorname{div}\overline{\mathfrak{T}} = \Pi\overline{\left(\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t}\right)^2} - \Delta\overline{\left(\frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t}\right)^2}.$$

Beschränken wir uns vorübergehend auf ein Sinusfeld. In einem Feld, in dem alle Feldkomponenten sinusartig mit derselben Periode von der Zeit abhängen, bilden die Feldvektoren $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{H}$ im allgemeinen elliptische Drehfelder. (Das Kreisdrehfeld und das Wechselfeld von fester Doppelrichtung sind Grenzfälle davon.) Da hier jedoch nur die Beträge dieser Vektoren und ihrer Ableitungen nach der Zeit auftreten, so berechnen sich die zeitlichen Mittelwerte ebenso einfach wie bei skalaren Größen:

$$\overline{\left(\frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t}\right)^2} = \omega^2\overline{\mathfrak{E}^2}, \qquad \overline{\left(\frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t}\right)^2} = \omega^2\overline{\mathfrak{H}^2}.$$

Daher ist im Sinusfeld

$$-\frac{\operatorname{div}\overline{\mathfrak{T}}}{2\omega^2} = \frac{\Pi}{2}\overline{\mathfrak{H}^2} - \frac{\Delta}{2}\overline{\mathfrak{E}^2} = \overline{w_m} - \overline{w_e}.$$

In einem beliebigen Wechselfeld stellen wir $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{E}$ durch Fouriersche Reihen dar, zerlegen also das Feld in Sinusschwingungen und bekommen

$$-\frac{\operatorname{div}\overline{\mathfrak{T}}}{2\omega^2} = \sum_k k^2(\overline{w_{mk}} - \overline{w_{ek}}).$$

Nun bedeutet aber

$$2\omega k(\overline{w_{mk}} - \overline{w_{ek}}) = n_{bk}$$

die Dichte der Blindleistung der Schwingung von der Ordnung k. Daher bekommen wir schließlich

$$-\operatorname{div}\overline{\mathfrak{T}} = \omega\sum_k k\,n_{bk} = \overline{m}.$$

Die Senken der $\overline{\mathfrak{T}}$-Strömung sind gleich der Entohmungsdichte $\overline{m}$.

Damit ist gezeigt, daß der Begriff Entohmung einem beliebigen Wechselfeld, d. h. einem irgendwie periodisch von der Zeit abhängigen elektromagnetischen Feld eigentümlich ist, ganz unabhängig davon, wie die Stromkreise beschaffen sind, die das Feld erregen.

Der Rhythmus als ökonomisches Prinzip in der Lichtreklame.

Von **Fritz Pauli**, Außig.

Als ich am 30. X. 1926 im VdI-Hause in Berlin vor einem Auditorium von Reklamefachleuten den Lehrsatz aufstellte:

> Aperiodische bzw. nicht abgestimmte zusammengesetzte Werbemittel wirken unlustvoll und ermüdend im Gegensatz zu periodischen bzw. abgestimmten Werbesystemen, die eine rhythmische Gestaltung der psychischen Komplexe bewirken[1].

behandelte ich im Rahmen der rhythmischen Gestaltung von Werbemitteln aller Art auch die Lichtreklame, deren Anwendung besonders in den Städten immer größeren Umfang annimmt. Kein anderes Werbemittel ist wohl so geeignet, lediglich durch Einschaltung des Rhythmus eine solche Wirkungssteigerung bzw. Rationalisierung zu erfahren, als eben die Lichtreklame. Natürlich hat jede Lichtreklame, die mit Hilfe einer Schaltwalze abläuft, einen gewissen Rhythmus, aber im allgemeinen erschöpft er sich in der Phase der Gesamtumdrehung, ist also viel zu lang gezogen. Nie, oder höchstens durch Zufall wird aber der Ablauf auf die Metra bzw. den Silbenrhythmus des Werbetextes abgestellt. Der so durchaus aperiodische Ablauf solcher Lichtreklamen löst im Unterbewußtsein des Betrachters ein unangenehmes Gefühl aus, was gleichbedeutend mit einer Verminderung der Werbewirkung ist. Die Tendenz in der Gestaltung neuzeitlicher Lichtreklamen geht in der Richtung überkomplizierter Schaltungstricks, der Anhäufung von Farben und bizarren Formen. Auf Kosten eines meist immer kurzfristigen Aufmerksamkeitswertes wird sowohl der ästhetische als auch der Erinnerungswert nicht beachtet und gerade auf letzteren kommt es in der Werbung auch an. Die rhythmische Gestaltung verlangt eine Abkehr von dieser Tendenz und ein sachliches Abstellen auf einen der einfachsten psychischen Komplexe.

Heute würde z. B. eine Lichtreklame nach Abb. 1 wie folgt ablaufen: In Rundlaufschaltung würde zunächst der Rahmen in Erscheinung treten, dann würde sich der Pfeil von den Federn bis zur Spitze entwickeln und anschließend würden sich die Buchstaben des Werbewortes einzeln oder das ganze Wort im Schreibfluß einschalten; irgendeine Zeitlang würde alles stehen bleiben, der Rahmen während dessen weiter in Rundlaufschaltung flimmern, und dann tritt eine Dunkelpause von willkürlicher Länge ein. Das ist noch ein relativ einfaches Beispiel, obwohl schon dieses eine Unzahl von Zuleitungen, Schleiffedern und einen recht komplizierten Schaltwalzenaufriß erfordert.

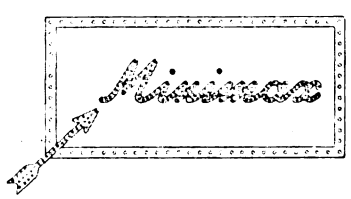


Abb. 1.

[1] Pauli, „Rhythmus und Resonanz als ökonomisches Prinzip in der Reklame". Verlag des Deutschen Reklameverbandes, Berlin.

Digitized by Google

Das Gegenbeispiel in rhythmischer Gestaltung unter Verzicht auf alle Schaltungstricks stellt sich im Ablauf wie Abb. 2 dar. Das Wort Minimax erfordert den Dreitakt. Dreimal leuchtet der Pfeil auf; die drei Silben springen einzeln ein, drei Takte bleibt das ganze Wort stehen und ebenso lange währt die Pause: 3 Blinker, 3 Silben, 3 Takte und Dunkel; nicht langgezogen, sondern in einem lebendigen Tempo. Eine solche Anordnung bannt (Aufmerksamkeitswert) und hinterläßt einen unerlöschlichen Eindruck (Erinnerungswert) ohne üble Begleitempfindungen; denn jeder stimmt sich sofort auf diesen Lichter- und Silbenrhythmus ab. Zu der aperiodisch ablaufenden Anordnung des ersten Beispiels kann sich der Betrachter in keinerlei aufnahmefähige Resonanz bringen und er vermeidet bald das Betrachten dieser verwirrenden Flimmerei. Der Werbezweck ist verfehlt. Durch Abstimmung der einzelnen Phasen kann man aber eine angenehme und nachhaltige Wirkung erzielen, d. h. die Werbeleistung bedeutend erhöhen. Dazu ist der Aufwand für die wesentlich einfachere Konstruktion der Zuleitung und der Installation und infolge des geringeren Stromverbrauches ein bedeutend geringerer.

Abb. 2. Beispiel für eine rhythmisch gestaltete Lichtreklame.

Abb. 3. Rhythmische Lichtreklame für Schicht-Hirsch-Seife in Warschau.

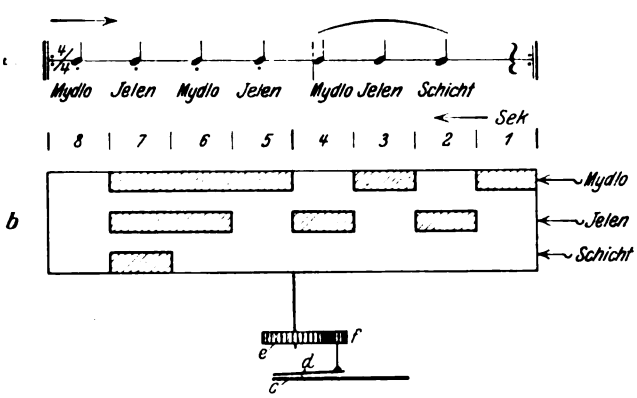
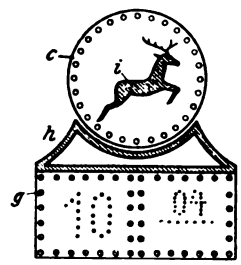


Abb. 4. Ablauf des Werbetextes und Schaltwalzenaufriß zu Abb. 3.

Es ist eigentlich verwunderlich, daß die Hersteller von Lichtreklamen im Interesse der Reklame-Verbraucher von dieser Erkenntnis noch kaum Gebrauch gemacht haben; denn die wenigen existierenden rhythmischen Anordnungen dieser Art (Phoenix-Harburg, Schicht-Warschau, Elida-Berlin) sind von mir gestaltet worden. Über letztere wurde kürzlich an anderer Stelle[2] ausführlich berichtet, und gerade der Potsdamer Platz in Berlin bietet für den Interessenten eine ausgezeichnete Gelegenheit, den Unterschied in der Wirkung zwischen einem aperiodischen Werbemittel (die Chlorodont-Lichtreklame) und einem rhythmischen Werbemittel (die Elida-Lichtreklame) am Abend zu beobachten, wobei überdies die Tageswirkung zugunsten der gesetzmäßig gestalteten Elida-Reklame ausfällt.

Zum Schluß sei noch die rhythmische Lichtreklame für Schicht-Hirsch-Seife (Abb. 3) in Warschau schematisch dargestellt. Der Ablauf des Werbetextes erfolgt im Viertakt (*a*) und in der Folge nach der Anordnung und dem einfachen Schaltwalzenaufriß (*b*) in Abb. 4. Jeder Takt währt 1 s. Dieselbe Zeit ist erforderlich für den Umlauf des Lampenkranzes um die Hirschmarke, wobei durch Übertragung (*e*, *f* in Abb. 4) ein besonderer Umlaufschalter (*d*) immer eine Lampe ausschaltet. Im Kasten unter der Marke wird schließlich durch eine an die Normaluhr gekuppelte Schaltung die Uhrzeit minutenweise geschaltet (Abb. 5). Der Rhythmus ist in diesem Falle also obendrein genau auf Sekunden und Minuten abgestellt, und die werbliche Darbietung erfüllt durch Aufzeigen der Tageszeit zugleich einen Dienst am Kunden, abgesehen davon, daß hierdurch der Aufmerksamkeitswert bedeutend erhöht wird. Dauernd feststehende Elemente sind hier lediglich die Marke, der Sockel und Rahmen des Zeitkastens. Als rhythmisches Element gelten in diesem Falle nicht einzelne Silben, sondern immer ein ganzes Wort.



c Scheibe mit wechselnder Beleuchtung
g ständige Beleuchtung
h „ „
i „ „

Abb. 5. Uhrzeit-Tafel.

Auch diese Anordnung hat die an sie gestellten Erwartungen durchaus erfüllt. Die rhythmische Gestaltung von Lichtreklamen ist deshalb keine theoretische Forderung mehr, sondern ein praktisch erprobter Weg zur Rationalisierung derartiger werblicher Maßnahmen.

[2] Osram-Nachr. Bd. 11, S. 171.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 279.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, wird die Prüfbefugnis des Elektrischen Prüfamtes 4 in Nürnberg wie folgt erweitert:

Für Wechsel- und Drehstromprüfungen am Betriebsort

bis 1200 A bei 12 000 V,
„ 300 A „ 24 000 V.

Berlin-Charlottenburg, den 4. II. 1930.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 39.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Störung an einer Freileitung durch trockene Witterung. — Auf einer 15 km langen, teils auf Eisen teils auf Holzmasten verlegten 20 kV-Stützerleitung traten im September 1929 plötzlich heftige Kurzschlüsse auf, ohne daß man sich die Ursache anfangs erklären konnte, zumal sich auf der seit etwa 15 Jahren im Betrieb befindlichen Leitung bisher keine wesentlichen Anstände ergeben hatten. Die Isolatoren waren durchweg in Ordnung, Störungen durch Baumzweige oder Vögel kamen nicht in Frage. Endlich fiel es auf, daß die Schalterauslösungen nur zwischen 10 h vormittags und 2 h nachmittags auftraten, u. zw. stets bei Sonnenschein, nicht aber bei kühlem oder bedecktem Wetter. Die genaue Prüfung der Leitung ergab dann, daß in einem Verdrillungsfeld, in dem die Phasen von einem zum anderen Mast ihren Platz wechselten, an den Leiterseilen Überschlagstellen sichtbar waren, obgleich der Phasenabstand dort ausreichte. Die weitere Untersuchung zeigte, daß die Holzmasten durch die anhaltende Wärme und Trockenheit so stark ausgedörrt waren, daß sie in der Faserrichtung weit klaffende und tiefe Risse aufwiesen, und daß die freien Enden der Masten sich durch die Zusammenziehung der in starker Steigung um die Mastachse schraubenförmig verlaufenden Fasern entsprechend gedreht hatten (Abb. 1). Damit waren auch die Isolatorenstützen aus ihrer ursprünglichen Lage herausgeschwenkt worden, so daß der Durchhang einer der beiden sich kreuzenden Phasen verringert, während der der anderen Phase vergrößert worden war, der Abstand beider Phasen somit sich verringert hatte. Durch starke Sonnenbestrahlung

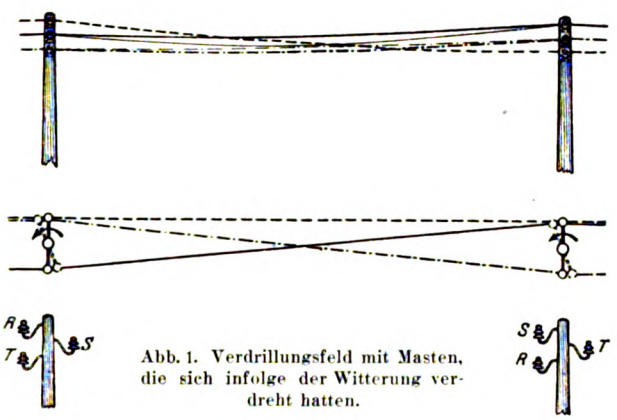


Abb. 1. Verdrillungsfeld mit Masten, die sich infolge der Witterung verdreht hatten.

wurde noch eine zusätzliche Verdrehung der Masten herbeigeführt, welche eine Näherung der Phasen bis zum Überschlag oder gar eine direkte Berührung zur Folge hatte. Nach Aufhören der Sonnenbestrahlung ging jedesmal die zusätzliche Mastverdrehung wieder zurück, und die Phasenseile nahmen von einander genügenden Abstand, der den Kurzschluß verhinderte. (B. Koetzold, Elektrizitätswirtsch. 1929, S. 635.) *Ka.*

Maßnahmen gegen das Zusammenschlagen von Freileitungen. — Die Anordnung der Freileitungseile in Dreieckform, aber auch in der besonders bevorzugten Tannenbaumform bringt an Stellen großer Spannweite oder abschüssiger Strecke sehr häufig die Gefahr mit sich, daß die Leitungseile infolge Unwetters, ungleich verteilter Eislast oder dgl. zusammenschlagen, wodurch die schwersten Betriebstörungen verursacht werden können.

Um dem abzuhelfen, hat man in der Schweiz auf einer 50 kV-Doppelleitung versuchsweise eine mechanische Sicherung gegen solche Kurzschlüsse eingebaut. An der Stelle des größten Durchhanges des gefährdeten Spannfeldes sind die drei Seile einer Leitung gegeneinander durch 2 × 4 Steatitstab-Isolatoren (Knüppel) abgestützt (Abb. 2). Die nötige Länge der in sich starren Distanzstücke wird durch einen zwischen je zwei Steatitstäben eingeschalteten Hilfstab erreicht. Durch bewegliche Befestigung der Abstandhalter an den Phasen bleibt das Seilspiel in Leitungsrichtung vollkommen unberührt. (Stemag-Nachr. H. 2, S. 18.) *fi*

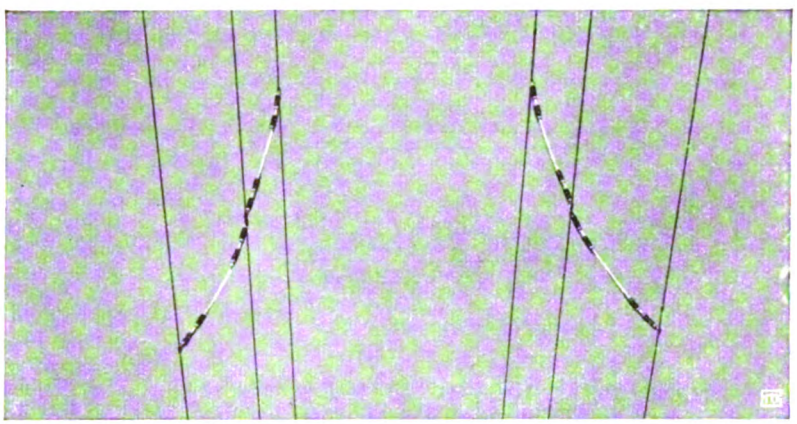


Abb. 2. Stabisolatoren zur Sicherung des Abstandes von Freileitungen.

Elektromaschinenbau.

Überströme beim Einschalten von Transformatoren. — Die Berechnung der gefürchteten Überströme, welche beim Einschalten leerlaufender Transformatoren infolge der Krümmung der Magnetisierungskurve auftreten, ist wegen der hierdurch verursachten Nichtlinearität der Schaltgleichung nicht einfach. Will man nicht auf eine in jedem Einzelfalle neu zu erledigende graphische Methode zurückgreifen, so muß man sich entweder auf die Ermittelung der ersten Stromspitze mittels mathematisch strenger Integration beschränken (Rogowski[1]) oder die Schaltgleichung näherungsweise integrieren. Während man bisher eine solche Näherungsmethode auf die Annahme eines exponentiell abklingenden, dem stationären Feld überlagerten freien Feldes gründete (Linke, Rüdenberg[2]), läßt sich bei Benutzung einer passenden analytischen Ersatzcharakteristik eine bessere Näherung gewinnen. Wird nämlich der Magnetisierungstrom als hyperbolische Sinusfunktion der Induktion dargestellt, so kann man das elementare Additionstheorem dieser Funktion dazu benutzen, um auch hier das Feld formal in einen stationären und einen freien Anteil aufzuspalten. Der Fehler bei der genäherten Integration des so entstandenen Systemes nichtlinearer simultaner Differentialgleichungen läßt sich abschätzen; er ist praktisch stets außerordentlich klein. Daher gelten die Resultate, die sich in geschlossener analytischer Form angeben lassen, mit recht großer Genauigkeit. Man gewinnt auf diesem Wege elementare Abschätzungen für die Stoßspitzen in Abhängigkeit von Widerstandspannung und Induktion, für die Schaltzeiten und für die Bemessung der Schutzwiderstände, welche die bisher üblichen Regeln bei formaler Vereinfachung inhaltlich verschärfen. Insbesondere erhält man als Abklinggesetz der freien Induktion eine nach Art der logarithmischen Reihe gebildete Überlagerung unendlich vieler exponentiell verlöschender Felder, so daß also die verschärfte Rechnung infolge des anfänglich sehr schnellen Sinkens der Induktion viel niedrigere Stoßspitzen liefert als die Rechnung mit einfach exponentiell abnehmendem freiem Fluß. — Die sehr einfach zu handhabende mathematische Lösungsmethode ist grundsätzlich auf nichtlineare Differentialgleichungen des behandelten Typs anwendbar, so daß sie auch zur Behandlung weiterer ähnlicher Aufgaben geeignet erscheint. (F. Ollendorff, Arch. El. Bd. 22, H. 4/5, S. 349.)

[1] Rogowski, Arch. El. Bd. 1, S. 334.
[2] Linke, Arch. El. Bd. 1, S. 16. — Rüdenberg, El. Schaltvorgänge, S. 275. Verl. Julius Springer.

Digitized by Google

Bergbau und Hütte.

Fördermaschinen-Sperreinrichtung. — Der Umstand, daß bei der Seilfahrt öfter durch zu frühes Aus- bzw. Einsteigen und durch zu frühes Anfahren Unfälle hervorgerufen werden, hat die Bergbehörde veranlaßt, den Einbau besonderer Sperrvorrichtungen zu empfehlen:

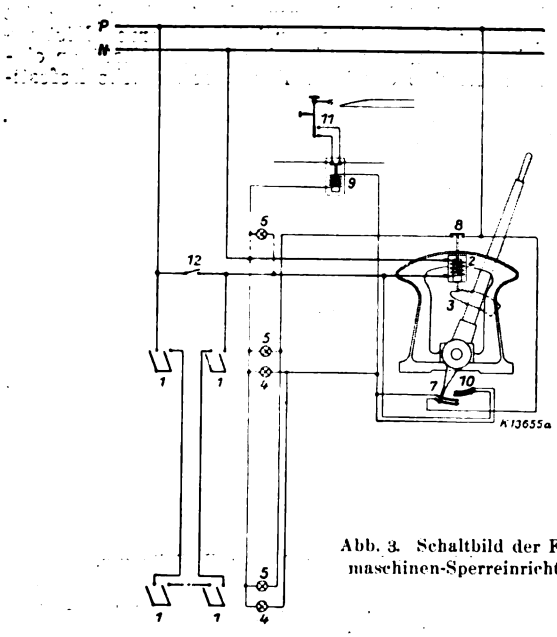


Abb. 3. Schaltbild der Fördermaschinen-Sperreinrichtung.

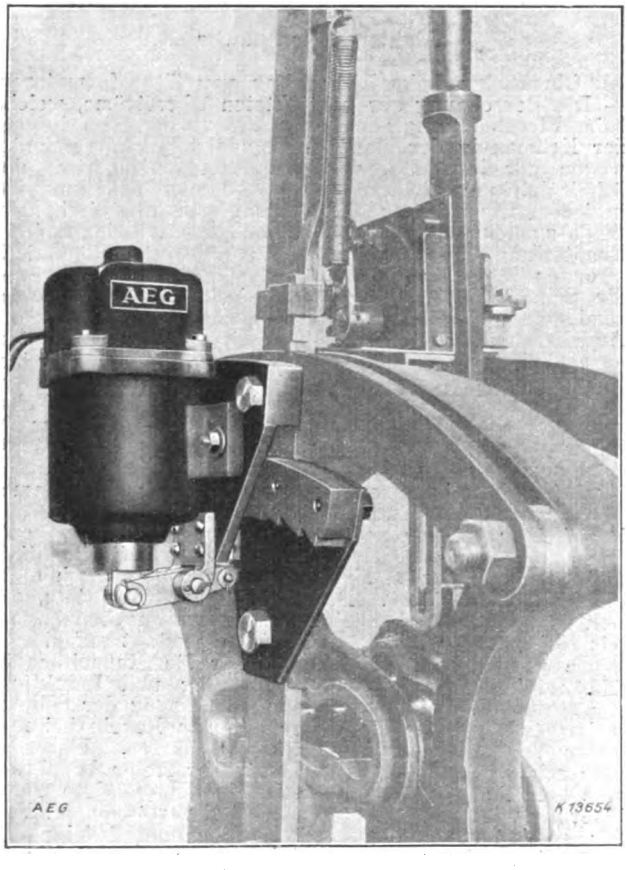


Abb. 4. Sperrmagnet am Fahrbremsbock.

1. Sperrung des Fahrsignals, bis alle Schichttüren geschlossen sind;
2. Sperrung der Fahrbremse in ihrer wirksamen Stellung, bis alle Schachttüren geschlossen sind.

Dadurch wird aber noch nicht verhindert, daß vor endgültiger Feststellung der Maschine durch die Bremse die Türen geöffnet werden. Die AEG sieht daher in der Sperrung des Bremshebels in Verbindung mit einer Sicherheits-Hilfschaltung gemäß Abb. 3 einen wirksameren Schutz. Die Sperrung erfolgt durch einen am Führungsbock des Bremshebels befestigten Sperrmagneten *2*. Der Bremshebel selbst trägt das gezahnte Sperrsegment *3*, in das der Anker des Sperrmagneten eingreift, wenn die Stromzuführung zur Spule des Magneten durch die Türkontakte *1* unterbrochen ist. Das Sperrsegment ist so ausgebildet, daß eine wirksame Sperrung erst dann eintritt, wenn eine genügende Bremswirkung durch die Fahrbremse erreicht ist. Ein Lösen der Bremse ist dann erst wieder bei geschlossenen Schachttüren möglich; ein weiteres Festziehen der Bremse wird jedoch nicht verhindert. Die Betätigung der Sicherheitseinrichtung bei nicht angezogener Bremse und geöffneten Schachttüren erfolgt durch das Schütz *9*. Bei angezogener Bremse verhindern die Kontakte *7*, daß der Magnet der Sicherheitsbremse durch das Schütz stromlos wird, während der am Teufenzeiger befindliche Kontakt *11* die Sicherheitschaltung nur in der Nähe der Hängebank zur Wirkung kommen läßt. Abb. 4 zeigt den am Bremsbock angebauten Sperrmagneten. Die Einschaltung der ganzen Sperreinrichtung erfolgt gleichzeitig und zwangläufig mit der Umschaltung der Fördermaschine auf Seilfahrtgeschwindigkeit. (AEG-Mitt. 1929, S. 334.) *Ka.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Zur technischen Anwendung des Differentialeisenprüfers. — Nach einem Rückblick auf die Geschichte der Prüfverfahren von Dynamo- und Transformatorenblechen wird von Wever und Lange eine Fehlerbetrachtung zu den Messungen am Epstein-Gerät und insbesondere am Differentialeisenprüfer gegeben. Bei diesen Geräten sind zwei Fehlerquellen zu unterscheiden, einmal die Fehler, die durch falsche Probenabmessungen verursacht werden, und zum anderen solche, die in der apparativen Anordnung begründet sind. Die ersten sind zum Teil auf die Normung der spezifischen Gewichte zurückzuführen, die zweiten sind im Falle der absoluten Messung nach der Methode von E. Gumlich und W. Rogowski genau bekannt, bei der Messung mit dem Differentialeisenprüfer dagegen noch nicht eingehend untersucht. Nach der Voraussetzung, daß bei diesem Gerät derjenige Meßwert einer Probe als richtig angesehen werden soll, den diese bei absoluter Messung liefern würde, ergibt die Fehlerbetrachtung das folgende Bild.

Bei der Induktionsmessung entstehen Fehler infolge falscher Einstellung der Feldstärke und infolge der verschiedenen magnetischen Viskosität von Normal- und Vergleichsprobe. Beide können zusammen bis zu etwa 0,6 % des Meßwertes betragen, wenn die Proben derselben Legierungsklasse angehören. Bei ungleichartig legierten Normal- und Vergleichsproben muß das Meßergebnis entsprechend den normierten spezifischen Gewichten der Proben korrigiert werden, wonach wiederum die angegebene Genauigkeitsgrenze erwartet werden kann. — Bei der Verlustziffermessung ist eine Reihe von Fehlerquellen vorhanden. Zu nennen ist die Wirkung falscher oder nicht sinusförmiger Meßspannung, die Vernachlässigung der Probentemperatur und vor allem der verschiedene Leistungsverbrauch in den beiden Spannungskreisen des Gerätes infolge der ungleichen Vorwiderstände der beiden Wattmetersysteme im Differentialwattmeter. Für diesen Fehler, der bis zu 2 % betragen kann, wird eine Korrekturgleichung angegeben. Bei der Verwendung ungleichartig legierter Normal- und Vergleichsproben kann er sich bis zu 5 % des Meßwertes erhöhen, doch tritt in diesem Fall ein zweiter Fehler hinzu, der durch den verschiedenen Probenquerschnitt bedingt ist und bei gleicher Größenordnung entgegengesetzte Richtung hat. Es können daher für überschlägige Messungen ungleich legierte Normal- und Vergleichsproben benutzt werden, ohne daß größere Fehler des unmittelbar abgelesenen Meßwertes zu befürchten sind. Für genaue Messungen sind immer gleichartig legierte Proben zu verwenden und in jedem Falle die von dem verschiedenen Leistungsverbrauch in den beiden Wattmeterhälften herrührenden Korrekturen anzubringen.

Im Anschluß an die Fehlerbetrachtung werden in verschiedenen Apparaten ausgeführte Meßreihen mit gleichartig und ungleichartig legierten Proben besprochen, die in guter Übereinstimmung mit den Fehlerbetrachtungen stehen und insbesondere die Notwendigkeit der angegebenen Korrekturen nachweisen. Zum Schluß wird noch der Wirkung falscher Meßspannungen nachgegangen. Infolge des nur ungenau bekannten Formfaktors ist die richtige Meßspannung reichlich unsicher, doch wird hierdurch im allgemeinen kein größerer Fehler entstehen; in seltenen

Digitized by Google

Fällen können allerdings beträchtliche Abweichungen vorkommen. Es wird angegeben, wie diese mit Sicherheit auf einfache Weise erkannt und vermieden werden können. (Fr. Wever u. H. Lange, Arch. El. Bd. 22, H. 6, S. 509.)

Die Kosten von Registrierinstrumenten. — In früheren Jahren wurde beim Einbau von Registrierapparaten sowohl den Anschaffungskosten der Apparate als dem Platzbedarf keine besondere Beachtung geschenkt, weil die Kosten der Instrumente nur einen sehr kleinen Teil der Gesamtanlage ausmachen und genügend Platz für den Einbau vorhanden ist. Heute ist aber der Platzbedarf ein sehr wichtiger Faktor, weil die verschiedenen Instrumente, Regelschalter, Schutzrelais, mehr und mehr an Zahl zunehmen, während die Größe der einzelnen Schaltfelder abnehmen muß. Man hat Registrierinstrumente bis jetzt nicht in großem Umfang verwendet, weil sie nicht in geeigneter Form hergestellt worden sind. Sie wurden in erster Linie für Erzeugerwerke gebaut und setzten bei der Bedienung eine gewisse Geschicklichkeit voraus. Die neuesten Registrierapparate sind aber so durchgebildet, daß diese Voraussetzung nicht mehr zutrifft, daß sie vielmehr von jedermann bedient werden können, der in einer Schaltanlage Dienst tut. Nock und Edgerly beschreiben die neuen Registrierinstrumente der General Electric Co., die nur eine Gesamtbreite von 140 mm, eine Höhe von 300 mm und eine Bautiefe von 230 mm aufweisen, während die nutzbare Registrierbreite 100 mm beträgt, das ist über 70 % der gesamten Breite des Registrierapparates. Die Umrandung des Papierstreifens ist demnach im Verhältnis zur Breite des Registrierstreifens sehr schmal, während bei den üblichen älteren Ausführungen die Umrandung des Papierstreifens häufig die Hälfte der nutzbaren Registrierbreite auf allen Seiten ausmacht. Am Schluß geben die Verfasser noch einige Hinweise über vorteilhafte Anwendung von Registrierapparaten in verschiedenen Betrieben. (H. K. Nock u. H. S. Edgerly. Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 644.) *Kth.*

Energiewirtschaft.

Der elektrische Haushalt in der Siedlung Römerstadt. — Im Oktober 1928 wurden in der Siedlung Römerstadt bei Frankfurt a. M. 1220 Wohnungen bezogen, die ausschließlich mit elektrischen Herden (5,4 kW Anschlußwert) und elektrischen Heißwasserspeichern von 80 l Inhalt (950 W Anschlußwert) versehen waren. Aus baulichen Gründen hat man i. a. nur einen Heißwasserspeicher eingebaut, der gemeinsam Küche und Bad versorgt, obwohl eine Trennung der beiden Speicher im Interesse der Wirtschaftlichkeit wünschenswert erschienen wäre. Diese „gasfreie" Siedlung hat weit über Frankfurt hinaus in der öffentlichen Meinung widerstreitende Werturteile hervorgerufen. Das Wasser-, Elektrizitäts- und Gas-Amt, das Hochbau-Amt und das Maschinen-Amt der Stadt Frankfurt sind in eine eingehende Nachprüfung dieser so umstrittenen Angelegenheit eingetreten, deren Ergebnis nunmehr in einer Denkschrift vorliegt.

Nach einer kurzen Darlegung der Gründe, die zur ausschließlichen Verwendung der Elektrowärme geführt haben, werden die elektrischen Einrichtungen der Haushaltungen beschrieben und Angaben über die Vorausberechnung des zu erwartenden Stromverbrauchs gemacht. Für Licht wurde dieser nach Messungen aus dem Jahr 1924 festgelegt, für das Kochen bei zwei Personen je Familie ein Verbrauch von 1 kWh, bei drei Personen ein solcher von 0,95 kWh und bei vier Personen ein Konsum von 0,90 kWh zugrunde gelegt. Für den Badestrom nahm man an, daß je Person wöchentlich ein Bad, 4,5 Bäder monatlich, zuzüglich 20 % für Küchenwarmwasser verbraucht werden, wobei eine Verminderung des Warmwasserbedarfs um 25 % im Juli und um 33 % im August eingerechnet wurde. Der Römerstadt-Tarif ist derart aufgebaut, daß der Konsument für einen bestimmten Regelverbrauch 45 Pf/kWh zahlt. Aller darüber hinausgehende Verbrauch wird tagsüber mit 10 Pf, nachts (22 bis 6 Uhr) mit 5 Pf/kWh verrechnet. Eine besondere Grundgebühr oder Zählermiete fällt fort.

Eine genaue Statistik ergab völlige Übereinstimmung der Praxis mit den vorausberechneten Werten. Man fand für 4-Zimmer-Wohnungen folgenden Verbrauch je Kopf und Tag:

Personenzahl je Familie		2	3	4	5
Lichtstrom	kWh	0,38	0,25	0,19	0,15
Kochstrom	kWh	0,96	0,8	0,77	0,72
Nachtstrom	kWh	2,25	1,54	1,35	1,08

Für die 3-Zimmer-Wohnungen liegen die Zahlen etwas niedriger. Es ergaben sich dann Gesamtstromrechnungen im Monat bei:

2	Personen	je Familie	von	18,49 RM,
3	„	„	„	20,00 „
4	„	„	„	23,38 „
5	„	„	„	24,75 „

Diese Rechnungsbeträge sind etwa von derselben Größenordnung wie die in gasversorgten Siedlungen der Umgebung Frankfurts. (Eine neuerliche Statistik, die ein volles Betriebsjahr umfaßt, hat noch eine weitere Senkung der Stromkosten um etwa 15 % gebracht.)

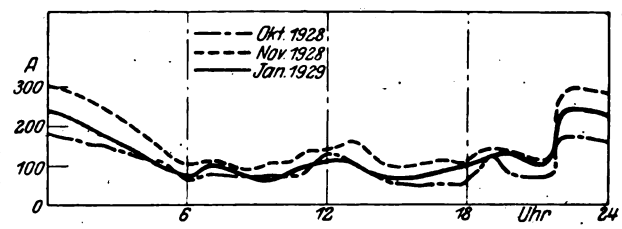


Abb. 5. Römerstadt-Belastung.

Überaus beachtenswert sind auch die Rückwirkungen der Stromabnahme auf das Elektrizitätswerk. Bei nicht elektrischem Haushalt hätte die Siedlung Römerstadt etwa einen jährlichen Verbrauch von rd. 0,2 Mill kWh erbracht, während jetzt, wo alle Wohnungen Strom beziehen, für das Elektrizitätswerk eine Abnahme von etwa 2,8 Mill kWh zu erwarten ist. Da zudem die Belastung (s. Abb. 5) zeitlich für das Elektrizitätswerk überaus günstig liegt, kann festgestellt werden, daß alle von diesem gehegten Erwartungen erfüllt worden sind. Die Bewohner der Siedlung Römerstadt haben sich inzwischen mit den Vorteilen der elektrischen Küche und Heißwassererzeugung so vertraut gemacht, daß sie auf diese Annehmlichkeiten nie wieder verzichten möchten. Dipl.-Ing. Fr. Mörtzsch.

RECHTSPFLEGE.

Zur Frage des Zwischenhandelsprivilegs im Umsatzsteuerrecht. — Eine Firma vertreibt elektrische Apparate (Elektroöfen) in der Weise, daß sie die einzelnen Teile bei einer oder mehreren anderen Firmen nach Anweisung herstellen und an die Besteller unmittelbar liefern läßt. Die Besteller stellen alsdann mit eigenem Personal die einzelnen Teile zu der betriebsfähigen Anlage zusammen, u. zw. nach einem ihnen von der Vertriebsfirma übersandten Plane. In der Regel überwachen auch Angestellte dieser Firma die Aufstellung. — Die Vertriebsfirma hielt ihre Lieferungen nicht für umsatzsteuerpflichtig, weil sie den unmittelbaren Besitz weder an den einzelnen Teilen noch an der Gesamtanlage erlange (§ 7 UmsStG.).

Der RFH. entschied mit Urteil v. 15. XI. 1929 — VA 258/29 —, daß das Zwischenhandelsprivileg hier nicht zur Anwendung kommen könne. Zutreffend sei zwar, daß die steuerpflichtige Firma an den einzelnen Teilen und auch an den fertig zusammengestellten Anlagen den unmittelbaren Besitz nicht erlangt habe. Gleichwohl seien aber die Voraussetzungen des § 7 UmsStG. nicht gegeben. Denn bei den Geschäften handelt es sich nach Auffassung des RFH. um die Lieferung einer bestimmten Elektroanlage, nicht aber um die Lieferung einzelner Teile. Daß diese Teile in der Bestellung einzeln aufgeführt werden, dient nur der Beschreibung der Anlage, wie sie von dem Besteller im einzelnen gewünscht wird. Auch ist mit der Anlieferung der verschiedenen Teile bei den Bestellern die geschäftliche Tätigkeit der steuerpflichtigen Firma noch nicht beendet. Sie endet vielmehr erst mit der Aufstellung der Anlage, die an Hand eines von ihr übersandten Planes oder auch auf Grund besonderer Anweisung erfolgt. Daher ist die fertige Anlage nicht ihren Einzelteilen gleichzustellen, die von den Fabrikationsfirmen geliefert werden. Die fertige Anlage umschließt außer den Einzelteilen die Zusammenstellung und stellt sich dann als das Resultat eines besonderen geistigen und technischen Könnens dar. Auf den wirtschaftlichen Erfolg kommt es aber bei der Umsatzsteuer grundsätzlich allein an (vgl. Entsch. des RFH. Bd. 20 S. 103). Deshalb ist es auch unerheblich, ob bei der Aufstellung der Anlage Angestellte der steuerpflichtigen Firma zugegen

Digitized by Google

sind, ob sie mithelfen oder ob sie die Aufstellung nur überwachen, ohne selbst mit Hand anzulegen.

Stromversorgung ist kein Warenhandelsunternehmen. — Nach § 43 Abs. I GewStVO. v. 23. XI. 1923 (PrGS. S. 519) unterliegen der Zweigstellensteuer Warenhandelsunternehmen, die im Gemeindebezirk, ohne in ihm ihren Hauptsitz zu haben, Betriebstätten unterhalten. Auf Grund dieser Bestimmung wurde die örtliche Stromversorgung einer Elektrizitätslieferungsgesellschaft mit der Zweigstellensteuer belegt. Auch der Bezirksausschuß hielt den elektrischen Strom für „Ware" im Sinne des § 43 Abs. I GewStVO. Anders die Auffassung des OVG., das in seiner Entscheidung v. 2. VII. 1929 — VIII C 26/28 — folgendes ausführte: Zwar ist es richtig, daß nach der Auffassung im wirtschaftlichen Verkehr elektrischer Strom als Ware angesehen wird (vgl. z. B. Entsch. des RFH. Bd. 14 S. 25). Das ist hier aber nicht entscheidend. Nach § 1 Abs. I Z. 1 HGB. sind Waren bewegliche Sachen, also körperliche Gegenstände. Elektrischer Strom ist jedoch kein körperlicher Gegenstand. Nun sind zwar nach dem auch für das Gewerbesteuerrecht geltenden § 4 RAbgO. bei Auslegung der Steuergesetze die Anschauungen im Wirtschaftsleben zu berücksichtigen. Das kann aber nur insoweit geschehen, als das einschlägige Steuergesetz dem nicht entgegensteht. Denn jedes Gesetz ist in erster Linie aus sich heraus auszulegen. § 43 Abs. I GewStVO. ist eine Ausnahmebestimmung und daher eng auszulegen. Eine solche Auslegung läßt aber eine Ausdehnung des Warenbegriffs auf andere als körperliche Gegenstände nicht zu. Die Vorentscheidungen beruhen hiernach auf Rechtsirrtum. Eine Zweigstellensteuer, soweit sich die Heranziehung auf den elektrischen Strom erstreckt, ist unbegründet.

Zur Frage der Behandlung des Stromlieferungsvertrages im Konkurse eines Großabnehmers. — In einem Urteile v. 16. X. 1929 — 4 U. 254/29 — hat das OLG. Stettin die Rechtsgrundlagen für das Verlangen eines Konkursverwalters auf Weiterlieferung von Strom unter Verweigerung der vollen Bezahlung der vorhandenen Rückstände erörtert. Das OLG. kommt in den Fällen, wo es sich um Verträge mit Großabnehmern handelt, zu folgendem Ergebnis: Bei Verträgen mit Großabnehmern, die sich für eine bestimmte Zeit auf eine bestimmte Mindestmenge gebunden haben und denen als Entgelt für diese Bindung eine dementsprechende Preisermäßigung gegenüber dem allgemeinen Strompreise bewilligt ist, bewirkt diese gegenseitige Abhängigkeit von Minderpreis und Lieferungsmenge, daß eine Zerreißung solcher Verträge in zusammenhanglose Einzelabschnitte nicht möglich ist. Solche Stromlieferungsverträge sind nicht teilbar und haben den Charakter eines echten, einheitlichen Sukzessivlieferungsvertrages. — Grundsätzlich hält das OLG. in Übereinstimmung mit der Wissenschaft und der Rechtsprechung des RG. auch daran fest, daß, wenn der Konkursverwalter bei einem von der einen oder der anderen Seite teilweise erfüllten Sukzessivlieferungsvertrage von rechtlich einheitlicher Natur auf Erfüllung besteht, die gesamten noch ausstehenden Gegenleistungsverbindlichkeiten des Gemeinschuldners, also auch die Rückstände, zur Masseschuld werden (§ 59 Nr. 2 KO.). Beim Einheitsvertrag auf Lieferung „nach und nach" kann folglich der Vertragsgegner auch für die vor dem Konkurse bewirkten und unbezahlten Lieferungen als Masseschuldgläubiger Bezahlung verlangen. Der Konkursverwalter seinerseits hat keine andere Wahl, als solche Verträge im ganzen abzulehnen oder im ganzen zu erfüllen. Dr. jur. C. v. dem Busch.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

**Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.**

Neues Mitgliederverzeichnis.

Der VDE beabsichtigt, ein neues Mitgliederverzeichnis herauszubringen, da das letztmalig 1925 erschienene Verzeichnis heute nicht mehr gültig ist.

Der Preis wird für Mitglieder des VDE 1,50 RM betragen. Bestellungen, die bis zum 30. April 1930 bei unserer Geschäftstelle eingehen, werden nach Erscheinen des Verzeichnisses zum Vorzugspreis von RM 1,20 einschl. Porto ausgeliefert.

Einzahlungen erbitten wir mit Vermerk „Mitgliederverzeichnis" auf unser Postscheckkonto Berlin 213 12.

VDE-Sonderdruck-Verzeichnis.

Der VDE hat soeben ein neues Verzeichnis seiner Sonderdrucke erscheinen lassen, welche kostenlos, auch in mehreren Exemplaren in der Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu beziehen sind.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für Installationstechnik (EVI) am Dienstag, dem 15. April 1930, abends 7½ Uhr, in der Technische Hochschule zu Charlottenburg EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Oberingenieurs Eduard Grünwald über das Thema: „Leitungsquerschnittschutz und Ausnutzung durch träge Sicherungen".

Inhaltsangabe:

Wärmekapazität von Leitungen. — Eigenschaften älterer und neuerer Sicherungskonstruktionen. — Aufbau und Wirkweise der Tardosicherung. — Anwendungsgebiete.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß für Installationstechnik.
Der Vorsitzende:
Baumann.

Festsitzung

am 24. Januar 1930 aus Anlaß des Goldenen Jubiläums im Großen Festsaal von Kroll's Etablissement, Platz der Republik.

Vorsitz: Zunächst der Ehrenvorsitzende, Herr Staatsminister Dr. v. Sydow, hierauf der Vorsitzende Herr Präsident Professor Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner.

In dem großen, mit Blumen geschmückten Festsaal in Kroll's Etablissement hatte sich eine große Anzahl von Festteilnehmern versammelt. Der Vorstand des Elektrotechnischen Vereins, an seiner Spitze der Ehrenpräsident, Herr Staatsminister Dr. v. Sydow, hatte vollzählig auf einem mit Lorbeerbäumen und Tannen eingerahmten Podium Platz genommen.

Ehrenvorsitzender Herr Staatsminister Dr. **v. Sydow**, Exzellenz:

Hochansehnliche Festversammlung!

Als Ehrenvorsitzender des Elektrotechnischen Vereins eröffne ich die zur Feier seines Goldenen Jubiläums bestimmte Festsitzung. Namens des Vereins heiße ich Sie alle willkommen, die Sie sich in so großer Zahl zum heutigen Tage eingefunden haben, Mitglieder wie Gäste.

Unter unseren Ehrengästen gilt mein Gruß vor allem Herrn Reichspostminister Dr. Schätzel, der als Vertreter der Reichsregierung und der Preußischen Staatsregierung hier erschienen ist, und der uns besonders nahe steht als oberster Leiter des deutschen Fernmeldewesens, als Träger des Amtes, von dem aus bei der Gründung unseres Vereins Heinrich

Digitized by Google

v. Stephan mit Werner v. Siemens zusammenwirkte. Es gereicht uns allen zur hohen Freude, mit ihm S. Exz. Herrn Staatssekretär a. D. Dr. Kraetke in unserer Mitte zu sehen. Wir erinnern uns dankbar, wie er vor 25 Jahren dem Elektrotechnischen Verein bei dessen silbernem Jubiläum als Chef des Reichspostamts anerkennende Worte widmete.

Ich begrüße ferner Herrn Dr. C. F. v. Siemens, den verdienstvollen Sohn des großen Elektrotechnikers, dessen wir als des Mitbegründers und des ersten Vorsitzenden unsres Vereins heut in besonderer Dankbarkeit gedenken. Herr von Siemens vertritt zugleich die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften und den Reichsverband der deutschen Industrie.

Als Vertreter des Magistrats von Berlin darf ich Herrn Bürgermeister Scholtz begrüßen. Berlin hat dem Elektrotechnischen Verein seit seinem Bestehen Heimatrecht gewährt. Der Verein ist in diesem halben Jahrhundert hier bodenständig geworden, bodenständig zusammen mit der gewaltigen elektrotechnischen Industrie, die sich in und um Berlin angesiedelt hat.

Für die Preußische Akademie der Wissenschaften und zugleich für die Universität Berlin ist Herr Präsident Dr. Nernst erschienen, den ich herzlich willkommenheiße. Akademie und Universität halten die Überlieferung eines Jahrhunderts aufrecht, wenn sie in sich eine Reihe von Gelehrten vereinen, die für die wissenschaftliche Erkenntnis der Elektrizität Bahnbrechendes geschaffen haben und deren Ruf weit über Deutschlands Grenzen hinausreicht. Wir freuen uns, Akademie und Universität durch einen dieser Männer hier vertreten zu sehen, dem überdies auch die Elektrotechnik bedeutsame Fortschritte verdankt.

Mit lebhafter Genugtuung stelle ich fest, daß unsere deutschen Technischen Hochschulen an dem Jubiläum des Vereins teilnehmen. Vertreten sind die Technischen Hochschulen von Berlin und Dresden durch ihre Rektoren, ferner die Technischen Hochschulen von Aachen, Braunschweig, Breslau, Danzig, Darmstadt, Hannover, München und Stuttgart. Ich benutze gern diese Gelegenheit, der Technischen Hochschule zu Berlin den besonderen Dank des Elektrotechnischen Vereins dafür auszusprechen, daß sie uns seit Jahren in ihren Räumen eine ausgedehnte Gastfreundschaft gewährt.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker, als dessen Vertreter ich Herrn Generaldirektor Prof. Dr. Petersen willkommenheiße, ist mit dem Elektrotechnischen Verein organisatorisch durch die Nämlichkeit vieler Mitglieder und durch die Gemeinsamkeit der Veröffentlichungen so eng verschwistert, daß wir heute unser Fest ohne die Gewißheit seiner inneren Anteilnahme nicht froh würden feiern können.

Herr Generaldirektor Dr. Köttgen, den wir heute als Vorsitzenden des Vereins deutscher Ingenieure bei uns sehen, hat so lange als Vorstandsmitglied und als Vorsitzender unseres Vereins gewaltet, daß wir ihn auch als den unseren in Anspruch nehmen. Die Duplizität seiner Wirksamkeit ist der beste Beweis für die Harmonie in den Bestrebungen und Gesinnungen beider Vereine.

Vielfache Beziehungen verbinden uns mit der Vereinigung der Elektrizitätswerke, als deren Vertreter ich ihren Vorsitzenden, Herrn Generaldirektor Lange hier begrüßen darf.

In dem gleichen Sinne wende ich mich an die Herren Vertreter der zahlreichen technisch-wissenschaftlichen Vereine, mit denen wir uns so häufig in praktischer Arbeit zusammenfinden, und die heute hier zu sehen Freude und Ehre zugleich für uns ist.

Die Zeit gebricht mir, um in der Einzelbegrüßung unserer verehrten Ehrengäste fortzufahren. Ein Verzeichnis der Behörden und Korporationen, welche Vertreter zum heutigen Tage haben entsenden wollen, ist Ihnen heut in die Hand gegeben. Sie finden unter diesen viele bekannte Namen von hervorragend gutem Klange.

Es erfüllt uns mit ganz besonderer Befriedigung, zu unseren Ehrengästen die Vertreter namhafter Korporationen nicht bloß des Inlandes, sondern auch des Auslandes zu zählen.

Von den Technischen Hochschulen außerhalb des Deutschen Reiches freue ich mich die von Danzig und Wien, die Deutschen Hochschulen von Brünn und Prag sowie die Hochschulen von Budapest, Delft, Kopenhagen und Zürich vertreten zu sehen. Ferner haben die Elektrotechnischen Vereine aus fast allen uns umgebenden europäischen Staaten, nämlich aus England, Frankreich und Italien, aus Dänemark, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Rumänien, Schweden, aus der Schweiz, der Tschechoslowakei und aus Ungarn Abordnungen zum heutigen Feste angemeldet. Und noch viel weitere Entfernungen hat die Teilnahme an unserer Feier überbrückt. Aus den Vereinigten Staaten von Amerika sind Abgesandte des American Institute of Electrical Engineers in New York und des Institute of Radio Engineers bei uns erschienen, aus Kanada und Argentinien, aus China und Japan sind Abgeordnete zu uns gekommen. Der zahlreiche Besuch aus dem Auslande bringt nicht nur die Weiträumigkeit unserer Beziehungen zum Ausdruck, er ist zugleich ein schönes Beispiel für die wiederhergestellte Solidarität der Elektrotechniker auf der ganzen Erde.

Allen unseren Gästen, ob von nah oder fern, sage ich für ihr Erscheinen nochmals herzlichen Dank.

Ein Rückblick auf die Zeit vor 50 Jahren bringt anschaulich den ungeheuren Aufschwung zum Bewußtsein, den sowohl die Wissenschaft von der Elektrizität als ihre technische Verwertung während dieser Zeitspanne genommen hat.

Die Elektrizitätslehre, damals nur ein Zweig der allgemeinen Physik ohne inneren Zusammenhang mit manchen anderen Teilgebieten der Physik, beherrscht gegenwärtig unser naturwissenschaftliches Weltbild; im Elektron erblicken wir heute nicht nur das Elementarquantum der Elektrizität, sondern den Baustein der gesamten materiellen Welt. In der Anwendung zum Nutzen des Menschen hatte sich die Elektrizität vor 50 Jahren hauptsächlich in der drahtlichen Telegraphie bewährt; man begann gerade damit, die menschliche Sprache elektrisch zu übertragen, sah im Lichtbogen die ersten Anfänge der elektrischen Beleuchtung und unternahm Versuche mit dem elektrischen Bahnbetrieb. Heut ist die Elektrizität der mächtigste Spender von Licht und Kraft geworden, ein unentbehrlicher Hausgenosse des Menschen, der in ihr ein Nachrichtenmittel besitzt, dessen Wellen durch den freien Raum in dem Bruchteil einer Sekunde den ganzen Erdball umeilen. In das Verdienst an diesen Fortschritten von Wissenschaft und Technik teilen sich hervorragende Denker, Entdecker und Erfinder aus allen Kulturstaaten, und wir dürfen ohne Überhebung sagen, daß unter ihnen die Namen deutscher Gelehrter, deutscher Techniker nicht auf den letzten Plätzen zu finden sind.

Der Elektrotechnische Verein hat es sich stets zur Aufgabe gemacht, in seinen Vorträgen, Veröffentlichungen und Unterrichtskursen mit dieser rapiden Entwicklung Schritt zu halten, ihre Kenntnis und ihr Verständnis den Kreisen der Fachgenossen nahe zu bringen. So kann die Festschrift, mit der unser Verein heute vor Sie tritt, an der Hand der Verhandlungen des Vereins aus berufenster Feder ein Bild nicht bloß seiner Tätigkeit, sondern zugleich der Entwicklung der Elektrotechnik in ihren verschiedenen Zweigen und Verästelungen während dieses halben Jahrhunderts bieten.

Der Elektrotechnische Verein wünscht sich nichts Besseres, als weiter an seinem Orte der Elektrotechnik im Wettbewerb der Kulturvölker dienen und damit auch das Wohl unseres eigenen Volkes fördern zu können. Unsere Elektrotechnik wird in diesem Wettbewerb bestehen können, wenn unserem Vaterland Frieden und Ordnung im Innern, Frieden und Achtung nach außen gesichert sind. (Beifall.)

In dem Wunsche und der Hoffnung, daß dies geschehen möge, blicken wir vertrauensvoll auf zu der Ehrfurcht gebietenden Persönlichkeit des Mannes, den das Deutsche Volk an seine Spitze gestellt hat, zu unserem Herrn Reichspräsidenten. Er hat den Verein heut durch das folgende Glückwunschschreiben ausgezeichnet:

Der Reichspräsident Berlin, den 24. Januar 1930.

Das fünfzigjährige Bestehen des Elektrotechnischen Vereins gibt mir Veranlassung, der großen Verdienste zu gedenken, die der Verein sich um die Förderung der deutschen Elektrotechnik erworben hat. Getreu den Aufgaben, die ihm seine Begründer, Heinrich von Stephan und Werner von Siemens, gesteckt haben, hat der Elektrotechnische Verein dazu beigetragen, Erfolg und Ansehen der deutschen Wissenschaft und Technik in der ganzen Welt zu mehren. Es ist mir daher ein aufrichtiges Bedürfnis, Ihnen namens des Reichs Dank und Anerkennung für diese ersprießliche Tätigkeit auszusprechen und damit die besten

Digitized by Google

Wünsche zum Goldenen Jubiläum und für gleich erfolgreiche Wirksamkeit in der Zukunft zu verbinden.

Mit freundlichen Grüßen!

gez.: von Hindenburg.

An den Elektrotechnischen Verein
z. Hd. des Herrn Professor Dr. K. W. Wagner
Berlin NW 87
Franklinstr. 1.
Heinrich-Hertz-Institut.

Zum Ausdruck unserer Verehrung und unseres Dankes bitte ich Sie, sich mit mir zu vereinigen in dem Rufe: „Herr Reichspräsident v. Hindenburg, hoch! hoch! hoch!"

Die Festteilnehmer erhoben sich und stimmten begeistert in das Hoch ein. Hierauf wird stehend der erste Vers des Liedes: „Deutschland, Deutschland über Alles" unter Musikbegleitung gesungen.

Ehrenvorsitzender: Ich bitte nun den Vorsitzenden des Vereins, Herrn Professor Dr. Wagner, die weitere Leitung der Versammlung zu übernehmen.

Vorsitzender, Herr Präsident a. D. Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. **K. W. Wagner:**

Hochansehnliche Festversammlung!

An seinem Goldenen Jubiläum erinnert sich der Elektrotechnische Verein mit Dankbarkeit und Stolz der beiden großen Männer, die ihn vor 50 Jahren gegründet haben, Heinrich v. Stephan und Werner v. Siemens. Bei aller Verschiedenheit des Wesens hatten sie ein Gemeinsames: daß sich die Tragweite ihrer Gedanken und der Einfluß ihres Wirkens weit über die Grenzen ihres engeren Tätigkeitsfeldes und über die Bedürfnisse des Tages hinaus auf den ganzen Erdraum und auf zukünftige Jahrzehnte erstreckte. Ein Ausfluß dieser Denkart war auch die Gründung des Elektrotechnischen Vereins zu einer Zeit, als es noch kaum eine Elektrotechnik gab. Daß die Gründung einem Bedürfnis der Zeit entsprach, bewies der Erfolg: in dem jungen Verein fanden sich alle Kreise zusammen, die für die Elektrotechnik irgendwie von Bedeutung waren: neben den großen Persönlichkeiten von Ruf und Ansehen, wie Clausius, Kirchhoff, W. Förster, Neumayer, Wüllner, Wilh. Weber und v. Hefner-Alteneck auch junge aufstrebende Geister, wie Aron, Slaby, Warburg und viele andere. Bereits in seiner ersten Versammlung ergab sich ein Bestand von 545 Mitgliedern, der nach noch nicht zweijährigem Bestehen auf 1560 Mitglieder angewachsen war, wovon 335 in Berlin, 986 im übrigen Deutschland und 239 im Auslande ansässig waren. Auch weiterhin hat sich die Entwicklung des Vereins in einer aufsteigenden Linie bewegt, die nur durch den Krieg und die Inflation zeitweise unterbrochen wurde. Die Zahl der Vereinsmitglieder beträgt gegenwärtig über 3600; das Vereinsvermögen, das vor dem Kriege rd. 300 000 M betrug, und das durch die Inflation vollständig verloren gegangen war, ist inzwischen wieder auf 200 000 RM angewachsen.

Bereits auf der Tagesordnung der Gründungsversammlung stand die Schaffung einer Vereinszeitschrift. Der Versammlung lagen vorteilhafte Angebote der angesehenen Verlagsbuchhandlungen von Oldenbourg (München) und Springer (Berlin) vor. Da der Wunsch vorherrschte, die Vereinszeitschrift in Berlin, am Sitze des Vereins erscheinen zu lassen, entschied man sich für den Springerschen Verlag. Die Verhandlungen kamen rasch zum Abschluß, so daß das erste Heft des neugegründeten Vereinsorgans, die „Elektrotechnische Zeitschrift", schon Ende Januar 1880, also vor genau 50 Jahren, erscheinen konnte.

In seiner ersten ordentlichen Versammlung wählte der Verein Werner v. Siemens zu seinem Vorsitzenden und ernannte Heinrich v. Stephan zum Ehrenpräsidenten.

Der Elektrotechnische Verein hat an seinem Goldenen Jubiläum das Bedürfnis empfunden, seinen Mitgliedern und der Mitwelt Rechenschaft abzulegen über das, was er in den ersten fünfzig Jahren seines Bestehens erstrebt und geleistet hat. Der Bericht erscheint in Gestalt der von dem Herrn Ehrenpräsidenten bereits erwähnten Festschrift. Wir schätzen uns glücklich, als Verfasser der Festschrift unser liebes, hochverdientes Ehrenmitglied, Herrn Geheimen Hofrat Professor Dr. Hans Görges gewonnen zu haben. Herr Görges war wie kein anderer dazu berufen; hat er doch als einer der Pioniere der Elektrotechnik an ihrer Entwicklung von Anfang an den tätigsten Anteil genommen. Wir müssen es ihm hoch anrechnen, daß er die Abfassung der Denkschrift übernommen und diese sehr große Arbeit in der kurzen zur Verfügung stehenden Frist durchgeführt hat, und dies zu einer Zeit, in der er durch Dienstgeschäfte stark in Anspruch genommen war.

Aus der Festschrift ist ein stattlicher Band von 416 Seiten geworden. Ihr erster Hauptteil schildert die Entwicklung des Vereins und gibt ein Bild von der vielseitigen und fruchtbaren Tätigkeit, die er zur Förderung der Wissenschaft und Technik und zur Fortbildung der Fachgenossen entfaltet hat. Die ausgezeichnete Würdigung und sorgfältige dokumentarische Darstellung, die die Arbeit des Elektrotechnischen Vereins in der Festschrift gefunden hat, enthebt mich der Notwendigkeit, die Einzelheiten hier anzuführen. Die Festschrift bringt in schönen Tiefdruckbildern die Portraits der Ehrenpräsidenten, der Ehrenmitglieder, der Vorsitzenden und der Inhaber der vom Verein vor 25 Jahren gestifteten Siemens-Stephan-Gedenkplatte, ferner die Bilder der Generalsekretäre des Vereins und der Redakteure der „Elektrotechnischen Zeitschrift". Manche der Dargestellten sind längst von uns gegangen; möge ihr Bildnis in unserer Festschrift dazu beitragen, die Erinnerung festzuhalten an das, was sie dem Verein gewesen sind und was sie für ihn geleistet haben.

Von den Gründern des Vereins weilt keiner mehr unter den Lebenden, dagegen haben wir die Freude, noch vier Mitglieder unter uns zu haben, die dem Verein im Gründungsjahre beigetreten sind, ihm also jetzt seit 50 Jahren ununterbrochen angehören. Es sind dies:

Herr Wirkl. Geh. Oberpostrat Christiani,
Herr Verlagsbuchhändler Dr.-Ing. E. h. Fritz Springer,
Herr Präsident Prof. Dr.-Ing. E. h. Emil Warburg und
die Firma Artur Krupp in Berndorf (Niederösterreich).

Wir begrüßen Sie auf das herzlichste und danken Ihnen für Ihre Treue. (Lebhafter Beifall.)

Die Zeit der Gründung des Vereins fällt mit den Anfängen der Elektrotechnik selbst zusammen. Daher spiegelt sich die Geschichte der Elektrotechnik in Deutschland in fast allen Phasen ihrer Entwicklung in den Sitzungen und Verhandlungen des Vereins und in seiner Vereinszeitschrift wider. Von diesen Zusammenhängen handelt der zweite und umfangreichere Hauptteil unserer Festschrift. Er gliedert sich in 21 Abschnitte, entsprechend den verschiedenen Teilgebieten der Elektrotechnik, von den Maschinen anfangend bis zur Elektromedizin. Bei der Lektüre dieser Abschnitte wird in den Älteren unter uns manche Erinnerung wieder wach werden an längst vergangene Episoden, an Kämpfe um Dinge, die uns heute selbstverständlich vorkommen oder überwunden sind, damals aber noch in gärender Unklarheit die Gemüter belasteten. Für die Jüngeren, deren persönliche Erinnerung nicht so weit zurückreicht, bilden diese geschichtlichen Abschnitte ein hervorragendes Hilfsmittel, sich über die Entwicklung von Nachbargebieten des eigenen engen Spezialfaches zu unterrichten. Hierzu dienen auch die zahlreichen Literaturhinweise und die schönen Abbildungen, in denen die älteren für die historische Entwicklung bedeutsam gewordenen Ausführungsformen den neuzeitlichen Konstruktionen gegegenübergestellt werden.

Der Schwerpunkt der Vereinstätigkeit lag von jeher in den Vereinssitzungen. Viele darunter waren natürlich der fleißigen Kleinarbeit gewidmet; es hat aber auch häufig große Tagungen gegeben, in denen entscheidende wissenschaftliche oder technische Fortschritte vorgelegt oder zukunftsträchtige Gedanken ausgesprochen wurden. Auch manche recht bewegte Sitzung ist mir in Erinnerung, in der die Temperamente gehörig aufeinanderplatzten. Aber auch hier hat sich das Dichterwort bewährt, daß, wenn sich der Most auch noch so wild gebärdet, schließlich immer noch ein Wein daraus wird, oft sogar ein recht guter.

Schwierige Sonderfragen sind in den vom Verein dafür eingesetzten Unterausschüssen behandelt worden. Eine große Zahl solcher Ausschüsse ist im Laufe der Zeit gebildet worden; von ihren Arbeitsgebieten nenne ich hier besonders die Erdströme, den Blitzschutz, die Induktionsstörungen, die Isolierstoffprüfung, das Schiedsgerichtswesen. Soweit erforderlich, sind Stellen außerhalb des Vereins zur Mitarbeit herangezogen worden, so z. B. die Gesamtheit der technisch-wissenschaftlichen Vereine im Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen (AEF); ferner die Mediziner in dem Ausschuß zur Erforschung elektrischer Unfälle (AEU), ebenso alle beteiligten Kreise in dem Gemischten Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB); mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule zu Berlin hat der Verein einen Gemeinsamen Fachausschuß zur Veranstaltung von Vortragsreihen gebildet.

Zur Förderung wissenschaftlicher Unternehmungen hat der Verein im Laufe der Jahre stattliche Geldbeträge aufgewendet; zu erwähnen sind namentlich Wärmeunter-

Digitized by Google

suchungen an Isolierstoffen, Untersuchungen über die Elektronenemission bei der Bogenentladung, röntgenographische Strukturuntersuchungen, Forschungen über die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, über den Tod durch elektrischen Strom u. a. m. Auch Preisaufgaben hat der Verein wiederholt gestellt oder durch Stiftungen gefördert.

Seine ganz besondere Fürsorge hat der Elektrotechnische Verein der Weiterbildung der Fachgenossen gewidmet. Die von ihm seit vielen Jahren veranstalteten Vortragsreihen haben von Anfang an viel Anklang gefunden und sich einer großen Teilnehmerschaft zu erfreuen gehabt. Diese Vortragsreihen bieten den in der Praxis stehenden Ingenieuren die Gelegenheit, sich über die neuesten Fortschritte in Wissenschaft und Technik auf dem Laufenden zu halten. Da der Verein stets den Grundsatz befolgt hat, die allerersten Fachleute als Vortragende zu gewinnen, halten diese Vortragsreihen ein sehr hohes Niveau. Über ihren Erfolg schreibt Herr Professor Dr. Emde, Stuttgart, in einem Beitrag zu der bereits erwähnten Festschrift:

„Es ist eine Freude zu sehen, mit welchem Feuereifer namentlich die jungen Elektrotechniker, die sich gründlich in der Theorie geschult haben, ohne Vorbehalt mit allen Mitteln der Wissenschaft noch offene Fragen angreifen. Es gehört zu den Ruhmesblättern des Elektrotechnischen Vereins, daß er diese Entwicklung fortgesetzt nach Kräften fördert, wie man z. B. an seinem jüngsten Unternehmen, der Vortragsreihe über Funktionentheorie, sehen kann."

Für die fachliche Weiterbildung der Elektromonteure sorgt der Elektrotechnische Verein durch Fortbildungskurse, die jährlich in größerer Zahl abgehalten werden. In den Diskussionsabenden für jüngere Fachgenossen, die der Verein seit einigen Jahren veranstaltet, ist den jüngeren Ingenieuren Gelegenheit geboten, sich im Halten von Vorträgen und in der Teilnahme an der Aussprache zu üben.

Um seinen Mitgliedern die Benutzung der fremden Literatur zu erleichtern, hält der Verein alle ausländischen Fachzeitschriften, die irgendwie von Bedeutung sind, und macht sie seinen Mitgliedern auch in den Abendstunden bequem zugänglich.

Mit dem Aufblühen des Vereins ist auch ein glänzender Aufstieg seines Organs, der ETZ, verbunden. Im Laufe der Jahre wurde eine Entlastung der ETZ notwendig. Gemeinsam mit dem Verband Deutscher Elektrotechniker wurde 1913 das „Archiv für Elektrotechnik" gegründet. Ihm wurden die Aufsätze vorwiegend theoretischer Art zugewiesen, die sich nur an einen beschränkten Kreis wenden. Unter der Leitung seines Herausgebers, des Herrn Prof. Dr.-Ing. W. Rogowski, hat sich das Archiv großes Ansehen in der wissenschaftlichen Welt zu verschaffen gewußt.

Neben seinen Zeitschriften hat der Verein eine Reihe von wissenschaftlichen Publikationen herausgegeben, unter denen die von Herrn Präsident Prof. Dr. Strecker geleiteten „Fortschritte der Elektrotechnik", ferner die „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik" sowie die verschiedenen in Buchform erschienenen Vortragsreihen obenan stehen.

Im Elektrotechnischen Verein haben seit seiner Gründung die maßgebenden technischen Beamten der Reichs-, Staats- und städtischen Behörden mitgearbeitet. Hierdurch wurde eine Atmosphäre des Vertrauens zwischen allen an der Entwicklung und Anwendung der Elektrotechnik beteiligten Kreisen geschaffen, die den Ausgleich von Schwierigkeiten erleichtert hat und der es zu verdanken ist, daß die deutsche Elektrotechnik von behördlichen Bevormundungen und gesetzgeberischen Hemmungen verschont geblieben ist. Frühzeitig wurde das Bedürfnis empfunden, zur Sicherung von Leben und Eigentum gegen die Gefahren des elektrischen Stromes technische Regeln und Vorschriften zu schaffen. Der Verein nahm diese Aufgabe, obgleich sie etwas außerhalb des Schwerpunktes der Vereinsinteressen lag, in die Hand und ließ sie durch eine Reihe von Unterausschüssen bearbeiten. Nun waren im Laufe der Zeit in mehreren deutschen Städten örtliche elektrotechnische Vereine entstanden, die sich gleichfalls mit diesen brennenden Tagesfragen befaßten. Da nur bei einer Zusammenfassung aller elektrotechnischen Kreise die behördliche Anerkennung der aus dem Schoße der Fachwelt hervorgehenden Vorschriften zu erwarten war, entstand der Gedanke, eine neue über ganz Deutschland sich erstreckende Körperschaft zu schaffen, mit der Aufgabe, die wirtschaftlichen und gesetzgeberischen Fragen der Elektrotechnik zu behandeln. Zu diesem Zwecke wurde Ende 1892 der Verband Deutscher Elektrotechniker unter der Mitwirkung namhafter Vertreter des Elektrotechnischen Vereins gegründet. In dem Maße, in dem der Verband seine Tätigkeit aufnehmen konnte, ließ der Verein die dem Verband zustehenden Aufgaben auf diesen übergehen.

Der Elektrotechnische Verein hat sich dem Verband Deutscher Elektrotechniker korporativ, d. h. mit der Gesamtheit seiner deutschen Mitglieder angeschlossen. Er hat sich an den Arbeiten des Verbandes dauernd beteiligt und den Verband auch finanziell durch Überlassung eines beträchtlichen Teiles der Beiträge seiner Mitglieder und von drei Vierteln der Reineinnahmen aus der ETZ tatkräftig unterstützt. Die Arbeitsteilung zwischen Verein und Verband, wobei dem Verein im wesentlichen die wissenschaftlichen Fragen und dem Verband die gesetzgeberischen und wirtschaftlichen Aufgaben zufallen, hat sich bestens bewährt. Selbstverständlich besteht zwischen diesen Tätigkeitsgebieten keine scharfe Grenze, sie gehen vielmehr vielfach ineinander über; aber bei dem innigen Zusammenarbeiten beider haben sich hieraus noch niemals irgendwelche Schwierigkeiten ergeben. Mit ganz besonderer Freude erfüllt es uns, daß an unserem heutigen Ehrentage neben dem Verbande als solchem auch fast alle ihm angeschlossenen Vereine durch maßgebende Persönlichkeiten hier vertreten sind. Wir fühlen uns im Verbande als ein Glied der großen elektrotechnischen Familie und sind stolz auf unsere Zugehörigkeit zum Verband.

Im Rückblick auf die lange Reihe von Jahren des Zusammenarbeitens in und mit dem Verbande ist beim 50jährigen Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins wohl in jedem Mitgliede der Wunsch lebendig, daß Verband und Verein auch in Zukunft gemeinsam zusammenwirken möchten zum Wohle und Gedeihen der Elektrotechnik.

Zum Schlusse habe ich noch eine Pflicht der Dankbarkeit gegenüber unserem Ehrenmitglied, Herrn Geheimrat Görges, zu erfüllen.

Hochverehrter Herr Geheimrat!

Der Vorstand und mit ihm der ganze Elektrotechnische Verein schuldet Ihnen tiefen Dank für die schöne Festschrift, die Sie ihm zum Geburtstagsgeschenk gemacht haben. Ihre hohen Verdienste um Wissenschaft und Technik haben wir bereits früher durch die Verleihung der Siemens-Stephan-Gedenkplatte gewürdigt; für Ihre besonderen Verdienste um unseren Verein und Ihre Treue zu ihm haben wir Sie zu unserem Ehrenmitgliede ernannt. Nachdem Sie diese höchsten Auszeichnungen, die der Verein zu vergeben hat, bereits besitzen, bitte ich Sie, heute eine geringe Gabe als Zeichen unserer Verehrung und Liebe gütigst annehmen zu wollen: Der Elektrotechnische Verein hat das erste Exemplar der von Ihnen verfaßten Festschrift Ihnen in Dankbarkeit gewidmet und bittet Sie, es in diesem schönen Einbande aus meiner Hand entgegen zu nehmen. (Lebhafter Beifall.)

Ich bitte nunmehr den Herrn Reichspostminister Dr. Schätzel, das Wort zu nehmen.

Herr Reichspostminister Dr. **Schätzel:** Meine Damen und Herren! Es gereicht mir zur Ehre und Freude, dem Elektrotechnischen Verein zu dem heutigen Jubiläum, das er im Kreise hervorragender Gäste des In- und Auslandes festlich begeht, die herzlichsten Glückwünsche der Reichsregierung sowie der Regierung von Preußen zum Ausdruck zu bringen. Mit besonderer Genugtuung verbinde ich mit diesen Glückwünschen meine eigenen und diejenigen der Deutschen Reichspost. Ist doch die Arbeit des Vereins die langen 50 Jahre hindurch gerade für die Deutsche Reichspost stets von großem Nutzen gewesen. Dem Herrn Vorsitzenden danke ich, daß er dieser Beziehungen freundlichst gedacht hat.

Die Geburtsstunde des Elektrotechnischen Vereins fällt in eine Zeit, als die Arbeitsgebiete, die heute in der Elektrotechnik einen breiten Raum bereits einnehmen, Stromerzeugung, Kraftübertragung, Beleuchtung, Elektrochemie, noch verhältnismäßig wenig bestellt waren. Aber die Morgenröte der elektrotechnischen Entwicklung leuchtete doch schon über den Horizont des Schaffens von damals. Die elektrische Telegraphie konnte sogar schon auf eine mehr als 30jährige erfolgreiche Wirksamkeit zurückblicken. Allein noch fehlte der Pol, nach dem die überall hervorsprießenden Keime sich orientieren konnten. Es war ein Gebot der Stunde, für die noch zersplitterten Kräfte der Wissenschaft und Technik einen richtunggebenden Mittelpunkt zu schaffen. Dieser Mittelpunkt ist im Elektrotechnischen Verein entstanden.

Blicken wir zurück auf die Ziele, die der Verein sich in seiner konstituierenden Versammlung am 20. Dezember 1879 gesteckt hat und die er in die Form kleidete: „Entwicklung und Förderung der technischen Anwendung der Elektrizität und Fortbildung ihrer Kenntnis durch die Nutzbarmachung der technischen Einrichtungen und Erfahrungen für die Wissenschaft, ferner Bildung eines Vereinigungspunktes für die deutschen Elektrotechniker

Digitized by Google

zur Förderung ihrer wissenschaftlichen, technischen und gewerblichen Interessen", dann dürfen wir heute beim Goldenen Jubiläum des Vereins wohl mit Genugtuung feststellen: das Ziel ist in 50jähriger zäher, von Idealismus und Selbstlosigkeit getragener Arbeit vieler ausgezeichneter Männer nicht nur erreicht worden, sondern die auf die Wirksamkeit des Vereins gesetzten Erwartungen sind übertroffen worden. Der Elektrotechnische Verein hat durch seine vorbildliche Tätigkeit dem stolzen Gebäude, an dessen Front die Worte leuchten „Wissenschaft und Technik", manchen schönen Baustein einfügen können und mit dazu beigetragen, der deutschen Elektrotechnik in der ganzen Welt Anerkennung und Ruhm zu verschaffen. Zu diesem schönen und großen Erfolg beglückwünsche ich in dieser Stunde den Elektrotechnischen Verein auf das herzlichste und rufe ihm zum weiteren Blühen und Gedeihen ein zuversichtliches Glückauf zu.

Meine Damen und Herren! Die Deutsche Reichspost hat besonderen Anlaß, sich an der heutigen Jubelfeier zu beteiligen. Es war ihr erster Leiter Heinrich von Stephan, der gedankenreiche, geschickte Organisator auf dem Gebiete des Weltverkehrs, dem neben Werner von Siemens der Elektrotechnische Verein sein Dasein verdankt. Ferner erfüllt es die Deutsche Reichspost mit hoher Befriedigung, daß viele leitende Männer aus ihren eigenen Reihen dem Elektrotechnischen Verein nicht nur als Mitglieder, sondern auch im Vorstand und in den Ausschüssen Dienste geleistet und mit Unterstützung des Vereins dazu geholfen haben, auch die Leistungen des deutschen Telegraphen-, Fernsprech- und Funkwesens zu ihrer gegenwärtigen Höhe emporzuführen. Als äußeres Zeichen der Dankbarkeit hierfür und zur dauernden Erinnerung an den Mitbegründer des Elektrotechnischen Vereins stiftet die Deutsche Reichspost dem Verein zu seinem Goldenen Jubiläum eine Bronzebüste des Generalpostmeisters Dr. v. Stephan, die ich hiermit überreiche. (Lebhaftester Beifall.)

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Minister! Ich danke Ihnen sehr für die gütigen und anerkennenden Worte, die Sie dem Elektrotechnischen Verein soeben gewidmet haben. Ganz besonders aber danken wir für die schöne Büste Heinrichs von Stephan, die die Deutsche Reichspost dem Verein zu seinem 50jährigen Geburtstag als Geschenk darbringt. Diese Büste bedeutet für uns ein Sinnbild in doppelter Hinsicht. Erstens ist sie und wird sie stets sein das Symbol der Erinnerung an den großen, tatenreichen Mann, der den Elektrotechnischen Verein gegründet hat, und an die ruhmvolle Tradition des Vereins. Zweitens nehmen wir sie als Zeichen unserer engen Verbundenheit mit der Deutschen Reichspost, deren hervorragendste Vertreter vielfach zugleich Führer in unserem Verein gewesen sind. Das ist kein Zufall; die Deutsche Reichspost, der die schnelle und sichere Beförderung von Nachrichten aller Art obliegt und die sich hierzu der Elektrizität als Beförderungsmittel in ausgedehntestem Maße bedient, hat natürlich auch ein lebhaftes Interese an vielen elektrotechnischen Fragen, und wir verdanken diesem Interesse ihre tatkräftige Mitarbeit im Elektrotechnischen Verein, die für diesen von dem größten Nutzen gewesen ist. Dafür, daß diese enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit wie in der Vergangenheit so auch in der Zukunft das Kennzeichen der Beziehungen zwischen der Deutschen Reichspost und dem Elektrotechnischen Verein sei, möge die schöne Büste Sinnbild sein.

Ich erteile nunmehr das Wort Herrn Dr. Carl Friedrich v. Siemens.

Herr Dr.-Ing. E. h. **Carl Friedrich v. Siemens:** Meine Damen und Herren! Als mein Vater vor 50 Jahren zur Vorbereitung der Gründung des Elektrotechnischen Vereins vor der Versammlung der Naturforscher und Ärzte in Baden-Baden einen Vortrag hielt, brachte er zum Ausdruck, daß man versucht sein könnte, die Jugend zu bedauern, weil sie an der schöpferischen Entwicklung der Elektrotechnik nicht teilnehmen kann, wenn man nicht vielmehr sie beneiden müßte, weil sie an den Wundern der Zukunft mitarbeiten kann, die aus der Saat entsprießen werden, die die damalige Zeit gelegt hat. Und heute nach 50 Jahren können wir so recht erkennen, wie richtig das Gefühl war, welches das Beneiden so weit über das Bedauern stellte.

Aus der alten Korrespondenz zwischen meinem Vater und seinen Brüdern ging hervor, daß er, angeregt durch die Gründung eines Telegraphenvereins in England, die Zweckmäßigkeit der Schaffung eines ähnlichen Vereins überlegte, aber von vornherein den Gedanken verwarf, einen solchen Verein etwa nur auf ein Spezialgebiet abzustellen, da er den festen Glauben an die Entwicklungsfähigkeit der soeben erst neu erschlossenen Gebiete hatte und gleichzeitig der Auffassung war, daß die Anregung, die der eine von dem anderen bekommen könnte, von ungeheurem Wert sei.

Die Prophezeiung, die er damals aussprach, daß bald die anderen Länder denselben Weg verfolgen müßten, hat sich sehr schnell bewahrheitet, und mit Stolz kann der Elektrotechnische Verein hier darauf zurückblicken, daß er der erste Verein der Welt gewesen ist, der das gesamte Gebiet der Elektrotechnik umfaßt, und mit Stolz kann er darauf zurückblicken, daß er voll und ganz die Rolle erfüllt hat, die ihm seine Gründer zugedacht haben: der Sammelpunkt aller derer zu werden, die ihr Leben dem Dienste der Elektrotechnik weihen wollen, und ferner, wie die Gründungsakten sagen, der ordnende, berichtigende und belehrende Mittelpunkt zu werden.

Ich glaube, es gibt nicht viele Vereine auf dieser Welt, die ihre Aufgabe so voll erfüllt haben, ohne in den langen Jahren von den Richtlinien, die ihnen bei der Geburt mit auf den Weg gegeben waren, abweichen zu müssen. Das ist nicht nur ein glänzendes Zeugnis für die Gedanken der Gründer, sondern vor allem für diejenigen, die mit Liebe und Arbeit den Verein durch ein halbes Jahrhundert geführt haben. Mir gereicht es zu einer besonderen Freude, als der letzte Sohn eines der Gründer des ältesten Elektrotechnischen Vereins der Welt, gleichzeitig auch als Vertreter des ältesten elektrotechnischen Hauses der Welt, dem Verein die aufrichtigsten Glückwünsche aussprechen zu können. Man kann nur einen Wunsch heute anfügen: Möge es dem Verein gelingen, auch in den kommenden Jahren als Förderer unseres Berufes den alten Weg in alter Tatkraft weiterzuwandern.

Ich bitte, mir noch zu gestatten, im Auftrag des Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, Exzellenz von Harnack, der leider verhindert ist, an der heutigen Sitzung teilzunehmen, die aufrichtigsten Glückwünsche dieser Körperschaft zu überbringen. Gleichzeitig bitte ich auch die Glückwünsche des Reichsverbandes der deutschen Industrie und des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie hier aussprechen zu dürfen.

(Lebhaftester Beifall.)

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Dr. v. Siemens! Ich danke Ihnen namens des Vereins für die Glückwünsche, die Sie uns soeben ausgesprochen haben. Es ist für den Verein besonders schmeichelhaft, von dem Sohne seines großen Gründers, der selbst in dem Wirtschaftsleben Deutschlands heute eine maßgebende Rolle spielt, ein so anerkennendes Urteil über seine bisherige Tätigkeit zu hören. Ich kann versichern, daß wir alles tun werden, uns auch in Zukunft der Tradition des Elektrotechnischen Vereins würdig zu erweisen.

Ich bitte nunmehr Herrn Bürgermeister Scholtz, das Wort zu nehmen.

Herr Bürgermeister **Scholtz:** Meine hochgeehrten Damen und Herren! Die Stadt Berlin spricht dem Elektrotechnischen Verein zu seinem Goldenen Jubiläum die herzlichsten Glückwünsche aus. Die Geschichte des Vereins führt in eine Zeit zurück, in der das Fundament zu der großen industriellen Entwicklung der folgenden Jahrzehnte auf elektrotechnischem Gebiet und auf anderen Gebieten gelegt wurde, in eine Zeit, in der auch Berlin den Aufstieg zur Weltstadt nahm.

Wir beglückwünschen den Verein zu diesem Tag, und ich möchte gleich jetzt dem Herrn Ehrenvorsitzenden ganz besonderen Dank aussprechen für ein Wort, das er geprägt hat: daß dieser Verein, dessen Fest wir heute feiern, ebenso wie die elektrotechnische Industrie sich in Berlin „bodenständig" fühlen. Wie die Stadt Berlin in diesem Zeitraum eine Entwicklung genommen hat, die einem Berliner der Wende der 70er oder auch noch der 80er Jahre unvorstellbar erschienen wäre, so haben Entwicklung und Ausbau der auf dem Fortschritt der wissenschaftlichen Forschungstätigkeit beruhenden Elektrotechnik unser gesamtes industrielles, wirtschaftliches und häusliches Leben völlig umgestaltet. In den Jahren der Vereinsgründung führte Werner von Siemens die erste elektrische Bahn vor. Im Jahre 1882 ließ er in der Leipziger Straße die erste elektrische Lampe aufleuchten. Je bedeutsamer seit der Erfindung der Dynamomaschine die Elektrotechnik für die große industrielle Entwicklung wurde, um so dringender erschien ihm damals das Bedürfnis nach einem Mittelpunkt für alle geistigen Arbeiten. Und so gründete er zusammen mit dem Generalpostmeister Stephan den Elektrotechnischen Verein; er sprach damals die Hofnung aus, der junge Verein werde ein wichtiges Werkzeug werden, die machtvoll sich entwickelnde Elektrotechnik wissenschaftlich zu vertiefen, die in den einzelnen Fabriken und Werkstätten erworbenen Kenntnisse auszubreiten und da-

Digitized by Google

durch die Gesamtentwicklung deutscher Technik und Industrie zu fördern. Diese Hoffnung aus dem Munde seines Gründers ist Motto für die Entwicklung des Vereins geworden.

Seiner vielseitigen und fruchtbaren Tätigkeit dankt am heutigen Tage mit der Gesamtheit insbesondere die Stadt Berlin. Die Stadt Berlin kann auch, glaube ich, mit einem gewissen Recht beanspruchen, daß sie damals bei der Gründung in etwas wenigstens mitgeholfen hat. Denn es war auf der Berliner Gewerbeausstellung im Jahre 1879, wo Werner von Siemens die Gelegenheit gegeben wurde, seine epochemachende Erfindung, eine Eisenbahn mit elektrischer Lokomotive, zuerst vorzuführen; damit hat er das Interesse der Öffentlichkeit an den Forschungen und Versuchen der elektrotechnischen Wissenschaft wachgerufen.

In den seitherigen 50 Jahren hat der Elektrotechnische Verein in unermüdlicher Arbeit an der Entwicklung der Elektrotechnik nicht nur teilgenommen, sondern sie durch seine wissenschaftliche Arbeit entscheidend beeinflußt. Und Berlin ist stolz darauf, daß zahlreiche Persönlichkeiten, deren Namen auch sonst mit der Lokalgeschichte Berlins aufs engste verbunden sind, bei dieser Arbeit mitgenannt werden können. Nicht alle kann ich nennen; aber ich möchte in dieser Stunde Namen erwähnen wie Hefner-Alteneck, Slaby, Naglo, Halske, Bredow, Rathenau. Noch viele andere wären anzuführen. Stolz sind wir darauf, daß so viele unter unseren Bürgern sich an dieser Arbeit betätigt haben. Der Verein hat für wissenschaftliche Zwecke namhafte Mittel zur Verfügung gestellt. Dankbar gedenkt Berlin der Bemühungen des Vereins um die Förderung des technischen Schulwesens, der Einführung des Unterrichts in der Elektrotechnik, der jährlichen namhaften Zuwendungen des Vereins an die Berliner Beuth- und Gaußschule. Aus kleinen Anfängen heraus hat sich diese Schule entwickelt. Zunächst nur ein Kursus für Elektromonteure an der städtischen Handwerksschule, dann an der Handwerksschule eine Tagesklasse für Monteure der Elektrotechnik, dann eine Fachschule für Elektrotechnik an der ersten Handwerksschule. Und allmählich aus diesen einzelnen Klassen heraus entstand die Gaußschule, an der eine große Anzahl der in Ihrer Wissenschaft und Technik tätigen Herren gelernt haben und der sie ihre Weiterentwicklung verdanken. In gemeinsamer Arbeit mit der Stadt hat der Verein sich auch in der Verwaltung der Zusatzstiftung zu Zeitlers-Studienhaus-Stiftung betätigt, die zur Lösung wirtschaftlicher und wissenschaftlicher Fragen Preise für Arbeiten, zu denen der Verein Aufgaben gestellt hat, gegeben hat.

So ist die Stadt an zahlreichen Punkten mit der Tätigkeit des Vereins verbunden; sie hat infolgedessen in allererster Linie Veranlassung, am heutigen Tage dem Verein für seine Tätigkeit zu danken und ihm das Beste für die Zukunft zu wünschen. Möge der Verein sich weiterhin in der nächsten Zeit in Berlin ebenso wie die elektrotechnische Industrie bodenständig fühlen und möge die Arbeit des Vereins in der Zeit, die dem Goldenen Jubiläum folgt, gesegnet sein, eine goldene sein, — dem Verein zur weiteren Ehre, uns allen aber zum Heil. (Lebhaftester Beifall.)

Vorsitzender: Das Wort hat Herr Präsident Geheimrat Professor Dr. Nernst.

Herr Präsident a. D. Geh. Reg.-Rat Professor Dr. **Nernst:** Hochansehnliche Versammlung! In Vertretung des Rektors unserer Universität und im Auftrage der Preußischen Akademie der Wissenschaften habe ich die herzlichsten Glückwünsche zu überbringen. Unter den technischen Wissenschaften ist die Elektrotechnik in besonders engem Zusammenhange mit den Universitäten geblieben; zahlreiche Mitarbeiter haben letztere von jeher für die Elektrotechnik ausgebildet. Ihr ältestes Mitglied, Präsident Warburg, ist seit vielen Jahren auch zugleich Professor an unserer Universität. Und die Preußische Akademie der Wissenschaften ist stolz darauf, daß Werner von Siemens zu ihren ordentlichen Mitgliedern zählte, wie auch der jetzige Präsident Ihres Vereins, Professor Wagner, unserer Körperschaft angehört. So fehlt es also nicht an engen persönlichen Beziehungen, die den von mir zu überbringenden Glückwünschen eine besondere Wärme verleihen.

Aber darüber hinaus gibt es auch enge sachliche Beziehungen zwischen Ihrer Arbeit und den Zielen der Naturwissenschaften überhaupt. Und so möchte ich die heutige Gelegenheit benutzen, um mit tiefer Dankbarkeit zu betonen, wie viel die abstrakte Forschung nicht nur auf dem Gebiete der Physik und Chemie, sondern auf dem Gebiete aller Naturwissenschaften der Elektrotechnik schuldet. Ich möchte in diesem Kreise nicht von den mächtigen Stromquellen sprechen, die bekanntlich das Dynamoprinzip von Werner v. Siemens zugleich der wissenschaftlichen Elektrizitätsforschung erschlossen hat, nicht auf die wundervollen Meßinstrumente eingehen, die elektrotechnische Firmen erzeugen und die eine unentbehrliche Zierde unserer Laboratorien bilden. Aber ich möchte in diesem Zusammenhange wenigstens ganz kurz der Erfindung meines leider so früh verstorbenen Schülers und Freundes Robert v. Lieben gedenken. Als Inhaber einer Telephonfabrik suchte und fand er in langjähriger Arbeit ein Telephonrelais. Aber dieses Telephonrelais hat sich schnell zu einer vielseitigen Apparatur entwickelt, die der junge Doktorand wie der ausgediente Forscher täglich in größtem Maße bei seinen Arbeiten verwendet.

Wenn also Universität und Akademie auch in Zukunft den Arbeiten Ihres Vereins die glänzendsten schöpferischen und wirtschaftlichen Erfolge wünschen, so sind diese Wünsche nicht ganz frei von Egoismus. Wissen wir doch, daß jeder dieser Erfolge zugleich reiche Früchte unserer wissenschaftlichen Arbeiten beschert. Möge nach weiteren 50 Jahren in weiterer kraftvoller Entwicklung der Elektrotechnische Verein dastehen im Sinne des Dichterwortes: „Überall verehrt, bewundert, eine Säule, überragend das Jahrhundert!“ (Lebhaftester Beifall.)

Vorsitzender: Ich bitte nunmehr Seine Magnifizenz, den Herrn Rektor der Technischen Hochschule zu Berlin, das Wort zu nehmen.

Herr Rektor Professor Dr.-Ing. **Drawe,** Magnifizenz: Meine sehr verehrten Damen und Herren vom Elektrotechnischen Verein! Es ist mir eine hohe Ehre und große Freude zugleich, Ihnen zum heutigen Goldenen Jubiläum Ihres Vereins die herzlichsten Grüße und Glückwünsche der Technischen Hochschule zu Berlin und der Gesellschaft der Freunde dieser Hochschule zu überbringen. Darüber hinaus ist es mir eine besondere Ehre, Ihnen die herzlichsten Glückwünsche aller deutschen Hochschulen zu übermitteln; und eine besondere Freude ist es mir, Ihnen auch die Glückwünsche der Technischen Hochschule zu Danzig auszusprechen — der Hochschule, mit der wir alle in unserem Herzen so tief verbunden sind.

Der Elektrotechnische Verein hat sich die Förderung technisch-wissenschaftlicher Probleme zur Aufgabe gestellt. Zur Durchführung dieser Aufgabe hat er sich jederzeit in ausgedehntem Maße der Mitarbeit deutscher akademischer Lehrer bedient, aus nachbarlichen Gründen insbesondere der Mitarbeit der Lehrkräfte unserer Hochschule. Weiterhin hat der Elektrotechnische Verein sehr früh sich zum Ziel gesetzt, den reichen Schatz des Wissens und der Erfahrung in den Reihen seiner Mitglieder den Fachgenossen, die in der Praxis stehen, durch Vorträge zu vermitteln, und ihnen vor allen Dingen hochwissenschaftliche Vorträge zu bieten. Schon im Jahre 1906 hat er eine ganze Vortragsreihe über ein so hochwissenschaftliches Problem, wie es die Maxwellsche Theorie ist, vor Fachgenossen halten lassen. Ich glaube, der Elektrotechnische Verein ist in dieser Beziehung bahnbrechend vorangegangen.

Aus der gelegentlichen und sich immer wiederholenden Zusammenarbeit mit den Lehrkräften unserer Hochschule entstand dann die Zusammenarbeit mit dem Außeninstitut unserer Hochschule, die als besonders vorbildlich genannt zu werden verdient. In jedem Jahre setzen sich die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins und meine Kollegen zusammen und stellen ein Programm über die modernsten und schwierigsten Probleme der Elektrotechnik auf. Es ist mir ein Bedürfnis, dem Elektrotechnischen Verein als Rektor unserer Hochschule hier unseren herzlichsten Dank für diese ausgezeichnete Mitarbeit auszusprechen. Aber auch die Mitglieder unseres Lehrkörpers haben dem Elektrotechnischen Verein bei seinen Verwaltungsarbeiten geholfen. Ich glaube, die sämtlichen Mitglieder unserer Fachabteilung für Elektrotechnik saßen in dem Ausschuß. Vorsitzende Ihres Vereines waren von den Mitgliedern unseres Lehrkörpers: Slaby, Strecker, Orlich, Kloss, Rothe, und auch der jetzige Vorsitzende, Herr Präsident Dr. Wagner, gehört unserer Hochschule an. Wir begrüßen es besonders, daß der Verein seine Sitzungen ständig in unserer Hochschule abhält. Wir werden ihn immer dort willkommen heißen. Vor allem steht ihm dort das Elektrotechnische Laboratorium des Herrn Geheimrat Orlich als wertvolle Unterstützung der Vorträge zur Verfügung.

Uns allen ist es eine herzliche Freude, dem trotz seines 50jährigen Bestehens so jugendfrischen und tatenfrohen Verein unsere Glückwünsche darzubringen. Alle Tech-

Digitized by Google

nischen Hochschulen Deutschlands rufen dem Verein zu Beginn des zweiten halben Jahrhunderts ein herzliches „Glückauf" zu. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Ich bitte nunmehr Herrn Generaldirektor Professor Dr. Petersen, das Wort zu nehmen.

Herr Generaldirektor Professor Dr.-Ing. Dr. h. c. **Petersen:** Meine sehr geehrten Damen und Herren! Der Verband Deutscher Elektrotechniker, nämlich die Gesamtvertretung der deutschen Elektrotechnik, entbietet dem Elektrotechnischen Verein seine herzlichsten Glückwünsche, und mit diesen Glückwünschen vereinigen sich die Glückwünsche der zahlreichen, über alle Gaue Deutschlands verteilten 33 Elektrotechnischen Gesellschaften und Vereine. Sie sind fast ausnahmslos hierher gekommen, um den Ehrentag ihres ältesten Brudervereins mitzufeiern, voller Stolz und voller Freude darüber, daß dieser Verein der mächtigste, der einflußreichste und auch der erfolgreichste war und geblieben ist. Aber nicht nur Glückwünsche will der Verband überbringen, sondern er will auch Dank sagen für treue, hingebende Mitarbeit vom Jahre 1893 ab, für die Unterstützung durch Rat und Tat auf den Gebieten gemeinsamer Arbeit. Die — ich darf es ruhig sagen — gesetzgeberische Tätigkeit des Verbandes deutscher Elektrotechniker, die weit über unsere Grenzen hinaus anerkannt ist, wäre ohne die Mitarbeit des Elektrotechnischen Vereins kaum denkbar.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker möchte seinen Wünschen und Gefühlen einen sinnfälligen Ausdruck verleihen. Die Büste Werner v. Siemens', des Gründers und des ersten Vorsitzenden des Elektrotechnischen Vereins, des Mannes, der es verstanden hat, seinen Geist, seine Arbeitsfreude, ja auch einen Teil seines Genies in den Verein hineinzulegen — die Büste soll dieses Wollen zur Wirklichkeit machen. Ich übergebe diese Büste dem Elektrotechnischen Verein zu Ihren Händen, Herr Vorsitzender, und knüpfe hieran den Wunsch und die Hoffnung — um mit Ihren Worten, Herr Vorsitzender, zu sprechen —, daß der Elektrotechnische Verein auch in Zukunft seiner stolzen Überlieferung treu bleibe, daß der Elektrotechnische Verein auch in Zukunft seine Stellung an der Spitze der deutschen Elektrotechnik wahrt — zum Besten unseres Vaterlandes. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Professor! Mit überaus freundlichen Worten haben Sie die Gesinnung der engen Schicksalverbundenheit zum Ausdruck gebracht, die die Beziehungen zwischen dem VDE und uns beherrscht. Daß auch von unseren Seiten dem Verband die gleichen herzlichen Gefühle entgegengebracht werden, habe ich bereits vorhin ausgesprochen. Zu unserem Goldenen Jubiläum hätten Sie sich kein schöneres und willkommeneres Geschenk ausdenken können als die Büste unseres Mitbegründers Werner v. Siemens, des Altmeisters der Elektrotechnik, in dem wir alle ein leuchtendes Vorbild erblicken. In seltener Harmonie vereinigte er in sich die Gabe des Forschers, des Erfinders, Ingenieurs, des großen Industriellen und Organisators. Er schenkte der Elektrotechnik nicht nur große Entdeckungen und Erfindungen, von denen ich hier nur die Dynamomaschine und die Guttapercha-Isolierung von Seekabeln nennen will, er gab ihr auch den Namen Elektrotechnik, denn vorher sprach man nur von angewandter Elektrizitätslehre. Wir verdanken weiter seiner drängenden Initiative das deutsche Patentgesetz und die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Von ihm ging auch die erste Anregung zur Gründung des Elektrotechnischen Vereins aus. Wie stets, hatte er auch in diesem Fall vorher alles wohl bedacht, und so enthielt bereits der von ihm ausgearbeitete erste Entwurf der Statuten alle wesentlichen Bestimmungen, die heute noch gelten und die sich in 50jähriger Praxis bewährt haben.

Dem Verbande Deutscher Elektrotechniker danke ich herzlichst für die Stiftung der schönen Büste unseres großen Meisters und nehme sie hiermit namens des Elektrotechnischen Vereins in fürsorgliche Obhut.

Das Wort hat nunmehr Herr Generaldirektor Dr. Köttgen.

Herr Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. **Köttgen:** Sehr geehrter Herr Präsident! Meine Damen und Herren! Im Namen des Vereins deutscher Ingenieure überbringe ich dem Elektrotechnischen Verein zur Feier seines Goldenen Jubiläums die aufrichtigsten und herzlichsten Glückwünsche. In gleich herzlicher Weise spreche ich diese Glückwünsche aus für die „Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft" und den „Deutschen Verein der Gas- und Wasserfachmänner".

In Ihrer ersten Vereinssitzung, vor 50 Jahren, sprach Werner v. Siemens über die dynamo-elektrische Maschine und deren Verwendung zum Betrieb elektrischer Eisenbahnen. Damals wurde aus der angewandten Elektrizitätslehre die Elektrotechnik; aus Apparaten wurden Maschinen. Wenn auch die physikalischen Grundlagen, die Forschungs- und Berechnungsweisen, selbst ein Teil der Baustoffe neu waren, die großen Richtlinien der Ingenieurkunst, vieles aus dem weiter. Gebiete des Maschinenbaues war notwendig, um den erstaunlichen Fortschritt und die weite Ausbreitung Ihres Arbeitsgebietes herbeizuführen.

Wir haben die Elektrotechniker stets zu den Unsrigen gezählt, haben stets zum allgemeinen Wohl zusammengearbeitet. Schon auf der Gewerbeausstellung im Jahre 1896 und in den dann kommenden Jahren. Als 1902 Ihrem Vorsitzenden, Geheimrat Professor Slaby, die Grashof-Denkmünze verliehen wurde, dankte Herr Naglo, einer der besten in Ihren Reihen, für die Ehrung, die auch Ihrem Verein dadurch zuteil wurde. Bei der Gemeinschaftsarbeit auf dem Gebiete der Normung und in dem Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen waren es hervorragende Mitglieder aus Ihren Kreisen, die diese Arbeit zum Wohle Aller leisteten.

Heute durchdringt die Elektrotechnik alle Ingenieurgebiete. Die Elektrizität ist ja eine vermittelnde Energieform, die primäre Erzeugung mit sekundärer Verwendung verbindet. Sie stellte dem Kraftmaschinenbau die Aufgabe, immer größer werdende Erzeugungseinheiten zu schaffen und mittelbar beeinflußt sie — ob als Kraft-, Wärme-, chemische oder Lichtwirkung verwandt — die Ausbildung der Arbeitsmaschinen und Arbeitsverfahren auf allen Gebieten des Ingenieurwesens. Die Elektrotechnik ist mehr geworden als nur ein Teil der Ingenieurkunst; sie weist den Weg der Entwicklung. Dies erkennend, ist es mir eine besonders angenehme Aufgabe, Ihrem Vereine, in dem sich so viele schaffende Kräfte der Elektrowissenschaft und der Elektrotechnik zusammenfinden, für die kommenden Jahre die gleichen Erfolge zu wünschen wie in der Vergangenheit.

Der Verein deutscher Ingenieure glaubte, die Anerkennung Ihrer Leistungen nicht besser zum Ausdruck bringen zu können, als wenn er Ihnen zu Ihrem Gedenktage eine Mappe mit den Bildnissen hervorragender Männer aus Ihrem Arbeitsgebiet überreicht — von Männern, die erkennend und schaffend zu den Fortschritten beigetragen haben. Sie finden darin die Bildnisse von Männern wie Ampère, Faraday, Kirchhoff, v. Helmholtz, Maxwell, Hertz, aber auch von Männern, die in Ihrem Kreise geschafft, in Ihren Sitzungen die von ihnen gefundenen und geschaffenen Fortschritte vorgetragen haben. (Reicher Beifall.)

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Doktor! Ich danke Ihnen sehr für die freundlichen und gütigen Worte der Anerkennung, die Sie namens des größten deutschen technischen Vereins und namens einer großen Reihe von anderen Vereinen des Ingenieurwesens uns dargebracht haben. Vor allem danke ich Ihnen für das sinnige Geschenk. Wir wissen ja, daß der Fortschritt immer nur von der genialen Arbeit einzelner herrührt, und es ist heute mehr denn je notwendig, das auszusprechen und sich zu erheben in der Erinnerung und an dem Vorbild großer Männer, denen wir so viel verdanken.

Ich bitte nunmehr Herrn Generaldirektor Lange, das Wort zu nehmen.

Herr Generaldirektor **Lange:** Meine sehr geehrten Damen und Herren! Es ist mir eine ganz besonders hohe Freude und Ehre, als Vertreter der Vereinigung der Elektrizitätswerke, in der die gesamte deutsche stromerzeugende und -vertreibende Industrie inkorporiert ist, heute die Glückwünsche zum Goldenen Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins zu überbringen. Ich tue dies mit einer ganz besonderen persönlichen Herzlichkeit und auch mit dem Gefühl einer unendlich großen Dankbarkeit. Die Herzlichkeit ist begründet in der innigen Zusammenarbeit, in der unsere besten Köpfe von jeher auch mit Ihnen zusammen in gemeinsamer Arbeit Probleme gelöst haben, die heute als Wohltat für die ganze Menschheit, als Kulturtat allerersten Ranges bezeichnet und bewertet werden dürfen. Ein besonderer Ausdruck des Dankes deshalb dem Elektrotechnischen Verein, weil er zu einer Zeit, als die Vereinigung noch nicht bestand, in seinen Reihen die Fragen zu lösen versucht und auch mit Erfolg gelöst hat, die damals alle die bewegten, die der Elektrizität in der Fortleitung und Verbreitung Geltung verschaffen wollten. Ich erinnere daran, daß gerade im Elektrotechnischen Verein zu Berlin die ersten Vorträge

Digitized by Google

über die Elektrizitätserzeugung und -verbreitung von Werner v. Siemens, von Rathenau und auch von Oskar v. Miller, dem jetzt noch lebenden Nestor der deutschen Elektrizitätswirtschaft, gehalten worden sind.

Wenn ich heute mit meinem herzlichen Glückwunsch, den ich namens der deutschen Elektrizitätswerke Ihnen überbringe, eine Bitte aussprechen darf, so ist es die: Lassen Sie uns weiter Weggenossen sein, lassen Sie uns weiter zusammen arbeiten an dem gemeinsamen Ziel! Und wenn heute in Deutschland 28 Milliarden Kilowattstunden jährlich erzeugt und verbraucht werden, so ist das ein Zeichen dafür, daß unsere deutsche Technik, unsere deutsche Kultur an der Spitze marschieren und daß sie sich trotz aller Widrigkeiten von innen und von außen nicht unterkriegen lassen. Daran ein gerüttelt Maß Verdienst hat der Elektrotechnische Verein in Berlin. In diesem Sinne hoffe ich, daß wir für unser liebes Vaterland auch weiter gemeinsam arbeiten können. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Generaldirektor! Nehmen Sie unseren aufrichtigen Dank für die herzlichen Worte, die Sie unserer Zusammenarbeit gewidmet haben, einer Zusammenarbeit, die sich ja, wie Sie schon betonten, in vieler Hinsicht ausgewirkt hat, vor allem in einer besonderen Fachgruppe für Elektrizitätswerke, in der die maßgebenden Persönlichkeiten der Vereinigung mit den Herren unseres Vereins die Probleme behandeln, die auf dem Gebiete der Elektrizitätserzeugung und -versorgung so vielfach auftauchen. Wir erwidern die Gefühle, die Sie uns entgegenbringen, auf das herzlichste, und hoffen auch unsererseits auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit in der Zukunft.

Ich bitte nunmehr Herrn Direktor A. R. Angelo, das Wort zu nehmen.

Herr Direktor **A. R. Angelo** (Elektroteknisk Forening-Kopenhagen): Herr Präsident! Hochgeehrte Versammlung! Der Elektrotechnische Verein hat sich im Laufe seines 50jährigen Bestehens die höchsten Verdienste um die gesamte Elektrotechnik erworben. Mit hervorragender Tüchtigkeit und höchster Tatkraft hat der Verein in dieser Zeit auf jedem Gebiete die elektrotechnischen Fortschritte, sei es in wissenschaftlicher, sei es in praktischer Hinsicht, in bewundernswerter Weise gefördert, ja maßgeblich beeinflußt. In voller Würdigung der Arbeit der vergangenen Jahre und in fester Zuversicht auf eine glückliche Fortsetzung in gleichen Bahnen in der Zukunft bringt der Elektrotechnische Verein von Dänemark dem deutschen Bruderverein zu seiner Jubelfeier seine Huldigung dar.

Zu seinem größten Leidwesen ist der Direktor der dänischen Technischen Hochschule, Herr Professor Dr. P. O. Pedersen, durch Krankheit verhindert, hier anwesend zu sein und persönlich seine Glückwünsche zu überbringen. In seinem Auftrage habe ich die Ehre, eine Huldigungsadresse von der dänischen Technischen Hochschule zu überbringen:

Den polytekniske Laeranstalt København.
Dem Elektrotechnischen Verein e. V.
entbietet
die Königliche Technische Hochschule zu Kopenhagen zur Feier seines 50jährigen Bestehens herzlichsten Gruß und Glückwunsch.

In enger Verknüpfung mit der riesenhaften Entwicklung der Elektrotechnik, unter deren Pionieren die Namen seiner Gründer stets mit tiefster Verehrung zu nennen sein werden, hat sich der Verein in den verflossenen 50 Jahren zu einem immer mehr bedeutungsvollen, ja unentbehrlichen Faktor des technisch-wirtschaftlichen Lebens entwickelt. Möge sein Blühen und Gedeihen mit den nicht zu überschauenden Zukunftsmöglichkeiten der Elektrotechnik Schritt halten.

Kopenhagen zum 24. Januar 1930.
Direktor und Lehrkörper der Königlichen Technischen Hochschule.
P. O. Pedersen.
(Stempel).

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Direktor! Ich bitte Sie, der Königlichen Technischen Hochschule in Kopenhagen unseren herzlichsten Dank auszusprechen für die Glückwünsche und für die ehrenvolle Adresse, in die sie dieselben gekleidet hat. Ebenso danken wir für die Glückwünsche der dänischen Elektrotechnischen Vereinigung. Wir bedauern auf das lebhafteste, daß der hochverdiente Direktor der Technischen Hochschule, unser verehrter Freund, Herr Professor Dr. Pedersen, im letzten Augenblick durch Krankheit verhindert worden ist, an unserem Jubiläum teilzunehmen. Er ist aber, wie er mir mitteilt, im Geiste mit uns, und wir bitten Sie, Herr Direktor Angelo, ihn unsere besten Wünsche für seine baldige Genesung zu überbringen.

Ich bitte nunmehr Herrn Atkinson, Past-President of the Institution of Electrical Engineers, das Wort zu nehmen.

Herr **Ll. B. Atkinson,** Past-President of the Institution of Electrical Engineers (London): Meine Damen und Herren! Ich habe hier eine Glückwunschadresse der Institution of Electrical Engineers of London, die meinen Kollegen Dr. Railing und mich selbst beauftragt hat, sie Ihnen im Namen der Institution of Electrical Engineers zu übergeben. Ich bitte mir zu erlauben, die Glückwunschadresse auf englisch zu verlesen.

The Institution of Electrical Engineers.
Founded 1871. Incorporated by Royal Charter, 1921.

The Institution of Electrical Engineers sends its hearty congratulations on the occasion of the Jubilee Celebrations of the Fiftieth Anniversary of the Foundation of the
Elektrotechnischer Verein
and cordially wishes it continued progress and prosperity.

The members of the Society have shared in no small measure in the remarkable developments and achievements in Electrical Science and Engineering during the fifty years which have elapsed since its foundation and it is therefore with great pleasure that the Institution has deputed one of its

Past Presidents, Mr. Llewellyn Birchall Atkinson, and one of its Vice-Presidents, Dr. Adolf Harry Railing, to represent it on this auspicious occasion.

Witness sur hands and seal at Westminster, London,
This Ninth day of January, 1930.
T. F. Purves, President.
Roger T. Smith, Past-President,
P. I. Rowell, Secretary.

(Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Atkinson! Empfangen Sie unseren herzlichen Dank für die freundlichen Worte, mit denen Sie uns die offizielle Glückwunschadresse der Institution of Electrical Engineers überreicht haben. Unsere englische Schwestergesellschaft ist eine der ältesten und berühmtesten elektrotechnischen Vereinigungen, und unter ihren Mitgliedern finden wir viele, die sich grundlegende Verdienste um die Entwicklung der Elektrotechnik erworben haben. Wir schätzen es als eine hohe Ehre, daß die Institution of Electrical Engineers durch zwei ihrer führenden Männer an unserem Jubiläum teilnimmt, und daß sie ihre Glückwünsche in einer für uns so schmeichelhaften Form ausgedrückt hat. Ich bitte Sie, Herr Atkinson, der Institution of Electrical Engineers den herzlichsten Dank des Elektrotechnischen Vereins zum Ausdruck zu bringen. (Lebhafter Beifall.)

Ich erteile nunmehr das Wort Herrn Professor Dr. Luigi Lombardi aus Rom.

Herr Professor Dr. **Luigi Lombardi** (Associazione Elettrotecnica Italiana, Rom): Meine sehr geehrten Damen und Herren! Im Auftrage der Associazione Elettrotecnica Italiana und des Italienischen Elektrotechnischen Komitees habe ich die Ehre, dem Elektrotechnischen Verein den wärmsten Gruß und die herzlichsten Glückwünsche zur heutigen Jubiläumsfeier zu überbringen! Obschon unsere Associazione 16 Jahre später geboren ist, zählt sie heute bereits über 6000 Mitglieder und hat während der Zeit mit Ihrem Vereine die freundschaftlichsten Beziehungen unterhalten.

Es waren ja die Jahre, als die Elektrotechnik erst aus der Wiege kam, und von solchen Männern wie Stephan und W. v. Siemens, v. Helmholtz und Kelvin, Mascart und H. F. Weber, Hertz und Ferraris auf festem Boden gegründet, mit sicherer Hand zum heutigen Blühen geleitet wurde. — Die Welt hat mit Erstaunen erfahren, was Technik und Wissenschaft, in glücklicher Verbindung, während eines halben Jahrhunderts zusammen leisten konnten; die neue Generation, an tägliche neue Wunder gewöhnt, ist kaum imstande, die riesigen ursprünglichen Schwierigkeiten zu schätzen und zu wissen, was die ersten Erfolge gekostet haben!

Skeptischerweise dürfte man annehmen, daß die Menschheit einen vorausbestimmten Weg befolge, worauf die individuellen Beiträge einen sehr beschränkten Ein-

Digitized by Google

fluß ausüben. — Wer an den riesigen Schwierigkeiten teilgenommen hat und an die vielen unüberwindlichen Hindernisse gestoßen ist, darf aber den unschätzbaren Wert der gemeinsamen Mühen nicht verkennen. — Viribus unitis lautet das alte Motto, und die wichtigsten Probleme der Technik und der Wissenschaft können heutzutage ohne kollegiale Mitwirkung kaum gelöst werden.

Dazu haben unsere Vereine im großen Maße beigetragen, weshalb man die treffende Bemerkung anwenden kann, welche S. E. Dr. v. Stephan bei der Eröffnung des Internationalen Technischen Kongresses in Frankfurt a. M. im Jahre 1891 gemacht hatte:

„Die Entdeckung neuer Gesetze und die Erforschung wichtiger Wahrheiten ist nicht die Sache größerer Versammlungen; sie pflegt zu geschehen durch den einzelnen in der Stille des Studierzimmers, im Laboratorium, in der Werkstatt, und mitunter hilft ja auch Seine Majestät der Zufall, wie Friedrich der Große sagte, mit. — Aber der Wert solcher Kongresse liegt in dem Austausch der Ideen und im Kampf der Meinungen vor der Öffentlichkeit, in der freien Wirkung der geistigen Polarität, in der Geltendmachung der Strömungen, sowie in dem Kontakt der Individualitäten."

Jeder von uns, welcher solchen Versammlungen öfters beigewohnt und an der innigen Tätigkeit der Vereine teilgenommen hat, weiß aus eigener Erfahrung, welchen Nutzen man daraus gewinnen kann. — Die Technische Literatur erhält ja dadurch ihre wesentliche Nahrung; es stammen daraus die Normalien für die Errichtung und den Betrieb unserer Maschinen und Anlagen; die ganze Erfahrung der tüchtigsten Konstrukteure und Betriebsleiter wird im allgemeinen Interesse kostenfrei verwertet.

Es ist daher verständlich, warum die größten Pioniere der Technik und Wissenschaft, mit fernblickendem Auge, die Gründung solcher Vereine gefördert haben.

Nun erfreute sich seinerzeit unsere Associazione Elettrotecnica des Glückes, unter der Leitung eines solchen Mannes gegründet zu werden, dessen Name Ihnen allen — und dessen Bild vielen von Ihnen wohl bekannt ist, Galileo Ferraris, welcher Ihrem Vereine seit den ersten Jahren angehörte und welchen Sie zur Zeit der Frankfurter Ausstellung im Jahre 1891 kennengelernt und vorzüglich geehrt haben, obschon er zu frühzeitig verschied, ist unserer Associazione immer als wohltätiger Schutzgeist vorgestanden. Da er Ihrer Jubiläumsfeier neben seinen alten Freunden Oskar v. Miller, Dr. Strecker, Prof. Görges und verschiedenen anderen nicht mehr beiwohnen kann, gestattet sich unsere Associazione, welche Ihrer gütigen Einladung mit größter Freude folgte, Ihnen als Andenken ein bronzenes Porträt von ihm zu überreichen, und bittet dasselbe, so wie es von einem treuen Freunde und Schüler gefaßt wurde, in den Räumen Ihres Sitzes aufzubewahren und seiner sowie unser in geistiger Gemeinschaft öfters zu gedenken. (Lebhaftester Beifall.)

Vorsitzender: Hochverehrter Herr Professor Lombardi! Ich bitte Sie, der Associazione Elettrotecnica Italiana den herzlichsten Dank des Elektrotechnischen Vereins für Ihre Glückwünsche und das schöne Jubiläumsgeschenk zu überbringen. Der Name Ferraris, des großen Meisters und Erfinders des magnetischen Drehfeldes, hat mit vielen anderen den Ruhm der italienischen Wissenschaft und Technik über die ganze Erde getragen und ist auch hier jedem Elektrotechniker wohl bekannt. Wir danken unseren italienischen Fachkollegen noch besonders dafür, daß sie ihren Glückwünschen durch die Verbindung mit dieser schönen Gabe eine so herzliche und zugleich ehrenvolle Note gegeben haben. Mit ganz besonderer Freude erfüllt es uns, daß die Associazione Elettrotecnica Italiana unseren hochverehrten alten Freund Professor Lombardi mit ihrer Vertretung beauftragt hat. Wir müssen es Ihnen, Herr Professor, ganz besonders hoch anrechnen, daß Sie, eben von einer großen anstrengenden Reise um die Welt zurückgekehrt, nicht die Mühe gescheut haben, aus Ihrem schönen Vaterland mitten im Winter die immerhin beschwerliche Reise hierher noch auf sich zu nehmen. Auch hierfür herzlichen Dank! (Beifall.)

Ich bitte Herrn Professor Oyama, das Wort zu nehmen.

Herr Professor Dr. **Matsujiro Oyama** (The Institute of Electrical Engineers of Japan (Denki—Gakkwai) — Tokio): Hochansehnliche Versammlung! Es ist mir eine große Ehre und Freude, daß ich als Vertreter des japanischen Verbandes der Elektroingenieure heute dem Elektrotechnischen Verein zu Berlin herzliche Glückwünsche aussprechen kann. Früher sah man Japan auf der anderen Seite der Erde, aber heute, wo der „Graf Zeppelin" in nur 4 Tagen nach Tokio ohne Landung fliegen kann, ist Japan Europa näher gerückt. Ich konnte nur allein nach Berlin kommen, um unsere Glückwünsche auszusprechen. Aber in 10 Jahren, wenn wir unser Fest begehen werden, hoffen wir, daß Sie alle „im Fluge" zu uns kommen werden. (Heiterkeit. Lebhafter Beifall und Händeklatschen.)

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Professor! Auch Ihnen danke ich recht herzlich für Ihre freundlichen Worte. Eine Reihe von Vertretern der deutschen Elektrotechnik ist vor kurzer Zeit aus Ihrem schönen Lande hierher zurückgekehrt, und sie haben uns erzählt, wie außerordentlich gastfreundlich sie dort aufgenommen wurden und wieviel Schönes sie dort gesehen haben. Ich möchte mich Ihrem Wunsche anschließen, daß diejenigen, die zurückblieben, auch noch Gelegenheit finden werden, das nachzuholen.

Ich bitte jetzt Herrn Professor Feldmann, das Wort zu nehmen.

Herr Professor **Cl. Feldmann** (Delft): Namens des Rector Magnificus und des Senates der Technischen Hochschule zu Delft in Holland habe ich die Ehre, dem Elektrotechnischen Verein anläßlich der Feier seines fünfzigjährigen Bestehens die herzlichsten Glückwünsche zu überbringen. Die Technische Hochschule Delft, die 1843 eröffnet wurde und insbesondere die Elektrotechnische Abteilung derselben, die erst seit 25 Jahren als selbständige Fakultät besteht, haben von Anfang an die Arbeiten und Veröffentlichungen des EV in der ETZ mit großer Aufmerksamkeit verfolgt.

Persönlich betrachte ich es als ein Vorrecht, als Vertreter der T. H. Ihrem Herrn Vorsitzenden, dem Ausschuß und den Mitgliedern des EV diesen Glückwunsch mündlich übermitteln zu können. Ich besitze, kenne und schätze Ihre Zeitschrift seit dem Jahre 1886, als ich noch Student war. Und wenn es die Umstände mir auch versagten, jemals längere Zeit in Berlin zu wohnen und dadurch an Ihren Sitzungen, Arbeiten und Vortragsreihen persönlich teilzunehmen, habe ich doch in enger geistiger Fühlung die letzten 40 Jahre Ihrer Entwicklung mitgemacht, soweit Ihre Veröffentlichungen solches ermöglichten. Wenn man rückschauend diese 40 Jahre der Entwicklung überblickt, ist man erstaunt über den beispiellosen Fortschritt, den die Elektrotechnik im Ausbau ihrer Grundlagen und Anwendungen gemacht hat. Gleich einem tiefen, schmalen Bergstrome in den klaren und kühlen Höhen der Physik und Mathematik entsprungen, strömt sie schon zur Zeit der Gründung Ihres Vereins reißend und sich überstürzend dahin, mehr bewundert als verstanden, mehr bezaubernd als geliebt. Aber schon in den achtziger und neunziger Jahren kommen neue Nebenflüsse aus den benachbarten Gebieten des Maschinenbaues, der Stoffkunde, des Berg- und Hüttenwesens, der Chemie hinzu und so entsteht allmählich ein mächtiger Strom kultureller Leistungen, der in immer wachsender Breite längs wohnlicher Ufer, saftiger Weiden und hochragender Bergzüge dahinrauscht. Was ich hier im Bilde als Bergzüge andeute, das sind die Höhenpunkte, von denen aus neue Fernblicke geboten werden auf scheinbar abseits liegende Gebiete. Der Strom der Elektrotechnik ist jetzt dabei, wie ein gewaltiger Strom der Urzeit ein vielfach verästeltes Delta zu bilden, Seitenströme auszusenden, um allerlei scheinbar fernliegende Dinge zu befruchten. Man kann nicht voraussagen, ob er diese Seitenzweige wieder aufnehmen und mit ihnen vereint weiter strömen wird, oder ob sie versiegen werden. Aber man kann mit Sicherheit voraussagen, daß dieses Delta selbst nicht versanden wird, weil die Strömung noch immer zu stark ist. Vielleicht ist es gar kein Delta, sondern ein umgekehrtes Delta, ein Lambda!

Dieser gewaltige Fortschritt ist durch die gemeinsame Arbeit vieler Männer, vieler Länder, vieler Völker möglich geworden. Unter den führenden Körperschaften nimmt der Elektrotechnische Verein eine besonders ehrenvolle Stelle ein. Was Sie, m. H., dank der Geistes- und Tatkraft der langen Reihe Ihrer Vorsitzenden und Ihrer Mitglieder, an gemeinsamer Arbeit geleistet haben, ist würdig der zwei großen Männer, die diesen Verein vor 50 Jahren gründeten, ist würdig des Andenkens an Werner v. Siemens und Heinrich v. Stephan.

Möge es Ihnen gegeben sein, in der bisherigen hervorragenden Weise beizutragen zum weiteren Blühen und Gedeihen der Wissenschaft und Anwendung der Elektrotechnik, zum Ruhme Ihres Vereins, zum Heil der Menschheit! (Außerordentlicher Beifall.)

Vorsitzender: Hochverehrter Herr Professor! Ich danke Ihnen für die herzlichen Worte der Anerkennung und Freundschaft, die Sie uns namens unserer holländischen Freunde gewidmet haben. Als eine besondere Aus-

Digitized by Google

zeichnung schätzen wir es, daß Ihnen, unserem lieben alten Freunde und hochverehrten und verdienten Präsidenten der Internationalen Elektrotechnischen Kommission, die Vertretung übertragen wurde.

Ich erteile nun das Wort Herrn Ingenieur Schjölberg Henriksen.

Herr Ingenieur **E. Schjölberg Henriksen** (Norsk Elektroteknisk Forening-Oslo): Herr Präsident! Meine Damen und Herren! Im Namen des Norsk Elektroteknisk Forening überbringe ich dem Elektrotechnischen Verein zu seinem 50jährigen Bestehen eine Adresse, die folgenden Wortlaut hat:

NEF
Norsk Elektroteknisk Forening
Der Norwegische Elektrotechnische Verein
entbietet dem
Elektrotechnischen Verein, Berlin
anläßlich dessen Fünfzigjährigen Jubiläums seine herzlichsten Grüße und seine Huldigung in dankbarer Anerkennnung der großen Leistungen des Vereins auf dem Gebiete der Elektrotechnik; Leistungen, die in bedeutendstem Maße zur Entwicklung der elektrotechnischen Wissenschaft und zur Schöpfung der mächtigen Elektroindustrie beigetragen haben. Auf diese Weise hat der Elektrotechnische Verein nicht allein Deutschland, sondern auch den Völkern der ganzen Welt große Kulturwerte geschaffen.

Für die norwegische Elektrotechnik und für unseren Verein sind die Arbeiten des Elektrotechnischen Vereins, deren Resultate in großzügiger Weise allen Fachgenossen zur Verfügung gestellt werden, von außerordentlich großem Wert.

Norsk Elektroteknisk Forening wünscht dem Elektrotechnischen Verein auch fernerhin Glück und Gedeihen zur Lösung der weiteren Aufgaben in den kommenden Jahren.

Oslo, Januar 1930.

Unterschriften.

(Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Henriksen! Nehmen Sie unseren herzlichsten Dank für die Glückwünsche und anerkennenden Worte, die unsere Kollegen in Norwegen uns gewidmet haben. Ich bitte Sie, unseren besonderen Dank ihnen auszusprechen für die ehrenvolle Form, in die sie ihre Glückwünsche gekleidet haben.

Das Wort hat nunmehr Herr Oberingenieur Körner.

Herr Oberingenieur **Körner** (Svenska Teknologföreningens Avdelning för Elektroteknik-Stockholm). Herr Präsident! Meine Damen und Herren! Im Namen des Schwedischen Elektrotechnischen Vereins habe ich die Ehre, folgende Adresse zu verlesen und Ihnen, Herr Präsident, zu überreichen:

An den
Elektrotechnischen Verein

Die zuletzt verflossenen 50 Jahre werden gekennzeichnet vom Durchbruch der Elektrotechnik in theoretischer und praktischer Hinsicht. Den außerordentlich schnellen Entwicklungsgang hat die Welt wesentlich deutscher elektrotechnischen Wissenschaft und Ingenieurkunst zu verdanken, deren hervorragende Leistungen mit der Tätigkeit Ihres geschätzten Vereins eng verknüpft sind. Svenska Elektroingeniörsföreningen Abteilung der Svenska Teknologföreningen, übermittelt seine besten Glückwünsche zum 50ten Geburtstage des Vereins und bringt die Hoffnung zum Ausdruck, daß es dem Verein vergönnt sein möge, in Zukunft seine erfolgreiche Wirksamkeit noch zu erweitern, zum Gedeihen der Elektrotechnik und zur Ehre Deutschlands.

Stockholm, den 24. Januar 1930.

N. Forssblod. Fredrik Dahlgren.

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Körner! Ich bitte Sie, unseren lieben Fachkollegen in Schweden durch meinen Mund den herzlichsten Dank des Elektrotechnischen Vereins zu überbringen für die freundlichen Worte, für die Anerkennung und die ehrenvolle Adresse.

Ich bitte jetzt Herrn Dr. Sulzberger, das Wort zu nehmen.

Herr Dr. phil. **Sulzberger** (Schweizerischer Elektrotechnischer Verein-Zürich): Herr Präsident! Sehr geehrte Damen und Herren! Der Schweizerische Elektrotechnische Verein hat mir den ehrenvollen Auftrag erteilt, dem Elektrotechnischen Verein zu seiner heutigen goldenen Jubiläumsfeier von Herzen Glück zu wünschen und der hochansehnlichen Versammlung die freundlichsten Grüße nicht nur des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, sondern auch der gesamten schweizerischen Elektrotechnikerschaft auszurichten.

Diesem Auftrag nachzukommen gereicht mir um so mehr zu großer Befriedigung, als ich, wie wohl einzelne von Ihnen wissen, eine Reihe von Jahren hier in Berlin im Dienste Ihrer hochentwickelten Elektroindustrie arbeiten konnte und selbst Mitglied Ihres geschätzten Vereins bin. Das gab mir Gelegenheit, nicht nur die verdienstvolle und produktive Tätigkeit Ihres Vereins in Theorie und Praxis auf allen Gebieten der Elektrotechnik kennen und schätzen zu lernen, sondern auch durch persönlichen Verkehr mit Mitgliedern Ihres Vereins Freundschaftsbande zu schließen, deren ich mich bis auf den heutigen Tag erfreue. So war es mir auch vergönnt, seiner Zeit bereits Ihr 25. Jubiläum mitzufeiern.

Meine Damen und Herren! Wenn namentlich die älteren Männer der Elektrotechnik in der Schweiz mit warmem Interesse Ihre gegenwärtigen Jubiläumsfeierlichkeiten verfolgen, so geschieht es in dankbarer Erinnerung an die vielen Anregungen, die wir von dem vor 50 Jahren in Berlin gegründeten Elektrotechnischen Verein und seinem Organ, der Elektrotechnischen Zeitschrift, erhielten. Die Gründung Ihres Vereins erfolgte zu einer Zeit, da allerdings in der Schweiz schon wenn auch bescheidene Anfänge angewandter Elektrotechnik zu verzeichnen waren; allein es dauerte nahezu noch 10 Jahre, bis durch Zusammenschluß von einer Anzahl Interessenten auf dem Gebiete der angewandten Elektrotechnik der Schweizerische Elektrotechnische Verein gegründet werden konnte. Sie haben sich, was das Vereinsleben anbetrifft, unter wesentlich günstigeren Umständen entwickeln können, nämlich auf dem Boden einer Groß- und Weltstadt, mit einer mächtigen elektrotechnischen Industrie, vertreten durch Firmen von Weltruf, in einer Stadt, deren Einwohnerzahl ebenso groß ist, wie diejenige unserer Schweiz, während wir unsere Mitglieder im ganzen Lande, das zudem noch ein mehrsprachiges ist, verteilt haben. Diese Verhältnisse nötigen uns leider, unser Vereinsleben außer den Jahresversammlungen auf wenige Diskussionsversammlungen zu beschränken, bei welchen Gelegenheiten wir in Vorträgen und Diskussionen das, was uns auf dem Herzen liegt, behandeln und unsere gegenseitigen Meinungen austauschen können. Wir beneiden Sie deshalb um Ihre so häufigen Vortragsabende, in denen, man kann wohl mit Recht sagen, alle wichtigen Probleme aus allen Gebieten der Elektrotechnik zu ausgiebiger Behandlung kommen. Es sei, um nur einige bedeutendere Themata hervorzuheben, aus der frühesten Zeit erwähnt, der Kampf zwischen Gleich- und Drehstrom, später, etwa im mittleren Zeitraum, die Diskussionen über die verschiedenen Arten der Elektrifizierung der Groß-Industrie, wie z. B. über elektrische Fördermaschinen und Walzwerkantriebe, dann bezüglich der Elektrifizierung der Eisenbahnen, sowie in neuester Zeit über die besonderen elektrischen Vorgänge in Hoch- und Höchstspannungsleitungen, Öl- und Luftschaltern.

Alle diese Vorträge und Diskussionen werden im Auslande mit größtem Interesse verfolgt; es hat auch deshalb Ihr Organ, die Elektrotechnische Zeitschrift, eine so große Verbreitung gefunden. Zu diesen bedeutenden ehrenvollen Erfolgen erlaube ich mir, Ihnen unsere besten Glückwünsche darzubringen. Wir freuen uns ferner darüber, daß auch hier und da einer unserer Landsleute einen Beitrag zu Ihren Verhandlungen liefern konnte. So hatten Sie nun auch die Freundlichkeit, ein verdientes Ehrenmitglied unseres Vereins und einen Veteranen der Elektrotechnik zu einem Vortrag über sein ureigenstes Gebiet, der Gleichstrom-Serien-Kraftübertragung, auf welchem er Pionierarbeit geleistet hat, einzuladen. Wir danken Ihnen für diese Aufmerksamkeit, die wir auch als eine Ehrung unseres Vereins auffassen. Leider hat sich Herr Dr. Thury, der schon in vorgerückterem Alter steht, nicht entschließen können, den Vortrag persönlich zu halten. Er sendet Ihnen aber auch seinerseits herzlichste Grüße und beste Wünsche zu Ihrer Ehrentagung.

Ich erlaube mir zum Schluß die Hoffnung auszusprechen, daß die gegenseitigen allgemeinen und persönlichen Beziehungen zwischen unseren Vereinen auch in Zukunft in gleicher freundschaftlicher Weise fortbestehen mögen und wünsche Ihrem Verein ein weiteres Blühen und Gedeihen. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Sulzberger! Nehmen Sie in ganz kurzen Worten unseren herzlichsten Dank entgegen für die Glückwünsche, die Sie uns namens

Digitized by Google

unserer schweizerischen Kollegen überbracht haben. Sie haben selbst eine Reihe von Jahren unter uns gelebt und sich hier viele, auch viele persönliche Freunde erworben. Sie werden es darum verstehen, daß die Kürze meiner Antwort nichts zu tun hat mit der Herzlichkeit der Gesinnung, die darin liegt. (Beifall.)

Ich erteile nunmehr das Wort Herrn Hofrat Prof. Dr. Reithoffer.

Herr Hofrat Professor Dr. **Reithoffer** (Elektrotechnischer Verein in Wien): Meine Damen und Herren! Wir feiern heute das 50jährige Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins in Berlin. 50 Jahre Elektrotechnik! Das ist fast die ganze Geschichte der Elektrotechnik. Der Elektrotechnische Verein hat diese Geschichte aber nicht nur erlebt und erschaut, sondern werktätig an ihrer Gestaltung und an der Entwicklung der Elektrotechnik mitgearbeitet. An seiner Wiege standen zwei große Männer, und es war natürlich eine große Erwartung an den Verein geknüpft. Der Verein hat diese Erwartung auch voll und ganz erfüllt. Er hat durch die Veranstaltung von Kursen die Erkenntnisse verbreitet, er hat eine Zeitschrift gegründet und langjährig geführt, die einen hervorragenden Platz unter den elektrotechnischen Fachzeitschriften erobert hat, und er hat in einer Reihe von Vorträgen, die auf großer Höhe der Sachlichkeit standen, die Wissenschaft gefördert. Mehr von den Verdiensten des Elektrotechnischen Vereins zu sprechen, wäre überflüssig; wir haben sie bereits ausführlich gehört, und wir sehen sie im Lichte dieses goldenen Festes.

Der Elektrotechnische Verein in Wien, der nur um ungefähr vier Jahre jünger ist, erkennt und anerkennt die großen Verdienste des Berliner Brudervereines und durfte diesem Feste nicht fernbleiben. Er hat drei Delegierte zu diesem Tage gesandt, um seine Glückwünsche zu überbringen; außer mir noch Herrn Dr. Rosenberg, Direktor der Gesellschaft für Elektrische Industrie, und Herrn Ing. Fach, Prokuristen der Österreichischen Siemens-Schuckertwerke.

Es gereicht mir zur besonderen Ehre und Freude, heute als Präsident des Elektrotechnischen Vereines in Wien Ihnen seine besten Glückwünsche überbringen zu können. Aber auch andere technische Kreise Österreichs erkennen die Bedeutung des heutigen Tages. Die Technische Hochschule in Wien, der auch ich angehöre, weiß auch, was der Elektrotechnische Verein für die Technik geleistet hat, und seine Magnifizenz, der Rektor Dr. Schaffernak hat mich beauftragt, die Glückwünsche des Professorenkollegiums und der Hochschule auszusprechen. Insbesondere möchte ich die Glückwünsche meiner engeren Kollegen, der Professoren des Elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule in Wien, zum Ausdruck bringen.

Noch eine Glückwünschkarte ist mir übergeben worden, die ich überreichen soll; das ist die des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins. Der Präsident dieses Vereins ist zufällig in letzter Stunde erkrankt und hat mir kurz vor meiner Abreise ein Schreiben übergeben lassen, mit der Bitte, ihn zu entschuldigen und die Glückwünsche des Vereines hier zu übermitteln.

Ich möchte nicht schließen, ohne noch einem ganz besonderen Empfinden Ausdruck verliehen zu haben. Das ist das Empfinden des österreichischen Herzens. Ich habe kein Mandat der Österreicher, aber ich glaube doch im Namen und Sinne der großen Mehrheit der Österreicher sprechen zu können. Wir Österreicher haben alle Leiden des deutschen Volkes mit tiefem Weh mitgefühlt. Wir freuen uns aber heute, daß deutscher Geist wieder am Werke ist, und daß die deutsche Schaffenskraft und die deutsche Arbeit wieder erstarkt ist. Und in das Ehrenbuch deutscher Arbeit eingetragen zu werden, hat der Elektrotechnische Verein in Berlin wohl die Berechtigung. So kann ich auch von diesem österreichischen Standpunkt in die Jubelhymne des heutigen Tages einstimmen. Ich schließe nun mit den Worten: „Glückauf zu weiteren Erfolgen für alle Zukunft." (Anhaltender Beifall.)

Vorsitzender: Hochgeehrter Herr Geheimrat! Nehmen Sie meinen herzlichsten Dank für die warmen und herzlichen Worte, die Sie uns gewidmet haben, und die wir wie alle die freundlichen und herzlichen Kundgebungen, die uns so oft aus unserem Bruderlande entgegentönen, auf das herzlichste erwidern in brüderlicher Gesinnung.

Ich erteile nunmehr das Wort Herrn Präsident Pokorný.

Herr Präsident Ing. **J. Pokorný** (Elektrotechnický Svaz Československý-Prag): Herr Präsident! Meine sehr geehrten Damen und Herren! Der tschechoslowakische elektrotechnische Verband „Elektrotechnický Svaz Československý" betraute mich mit der ehrenvollen Aufgabe, dem Elektrotechnischen Verein zum heutigen Jubelfeste die herzlichsten Glückwünsche auszusprechen. Wir Elektrotechniker in der benachbarten Tschechoslowakei verfolgen die geradezu unfaßbare Entwicklung der deutschen Elektrotechnik in ihrer Gesamtheit mit großem Interesse und Bewunderung und wissen, welche Verdienste bei dieser Entwicklung dem Elektrotechnischen Verein zufallen. So glänzende Erfolge in den kommenden 50 Jahren — das ist, Herr Präsident, unser Wunsch, den ich Ihnen zu übermitteln habe. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Hochgechrter Herr Direktor! Auch Ihnen danken wir herzlichst für die warmen Worte der Anerkennung, die Sie uns und unserem Streben gewidmet haben, und wir erwidern die daraus sprechende freundschaftliche Gesinnung auf das herzlichste.

Herr Professor Dr.-Ing. **G. Niebuhr** (Asociación Argentina de Electrotecnicos—Buenos Aires): „La Asociación Argentina de Electrotecnicos se adhiere con entusiasmo a los festejos que se celebrarán con motivo des cincuentenario de la sociedad electrotecnica de Berlin. Por medio de su delegado personal le presenta sus cordiales saludos y formula sinceros votos de ventura y aliento para la institución hermana, entre cuyos socios cuenta tambien de los propios. Es su esparanza poder estrechar oportunamente los vínculos establecidos en el dia de hoy, tan brillante y significativo para su pasado y futuro. 24. Enero 1930.

(Deutsch:)

Die argentinische Elektrotechnikervereinigung beteiligt sich mit Begeisterung an den Festlichkeiten, die anläßlich des fünfzigjährigen Bestehens des Elektrotechnischen Vereins in Berlin stattfinden. Durch ihren persönlichen Abgesandten sendet sie herzliche Grüße und bringt der Schwestervereinigung, unter deren Mitgliedern sie auch eigene zählt, aufrichtige Glückwünsche dar. Sie hofft, die heute, an einem so glänzenden und für ihre Vergangenheit und Zukunft so bedeutungsvollen Tage angeknüpften Beziehungen später noch enger gestalten zu können. 24. Januar 1930.

Der argentinische Elektrotechnikerverein, dessen Glückwunschadresse ich verlesen habe, ist die älteste Korporation dieser Art in Argentinien; er besteht seit 15 Jahren.

Elektriker aller Nationen sind seine Mitglieder und finden dort einen neutralen Boden für ihren Gedankenaustausch.

Sein Arbeitsfeld erstreckt sich vorwiegend auf die Diskussion von Errichtungsvorschriften und Abnahmebedingungen sowie auf die Bearbeitung von Statistiken und ist somit von Bedeutung für alle Industrieländer, welche elektrische Erzeugnisse nach Argentinien ausführen.

Die erwähnten Aufgaben werden zum großen Teil von deutschen Mitgliedern bearbeitet, deren Ausdauer und Zielbewußtsein sprichwörtlich sind, und die deshalb auch während des Krieges eine bedeutende Rolle gespielt haben.

Es ist mir eine besondere Freude, dem Elektrotechnischen Verein heute gleichzeitig die Grüße und Glückwünsche der deutschen Fachgenossen in Buenos Aires überbringen zu dürfen."

Vorsitzender: Hochansehnliche Festversammlung! Die beschränkte Zeit hat es mir leider nicht erlaubt, allen, die uns zum heutigen Tage ihre Glückwünsche überbracht haben, so ausführlich zu antworten, wie ich es gern getan hätte. Ich bitte Sie, mir gütigst zu gestatten, hiermit allen, die dem Elektrotechnischen Verein mündlich oder schriftlich ihre guten Wünsche und ihre freundschaftliche Gesinnung zum Ausdruck gebracht haben und uns die Ehre ihrer Teilnahme an unserem Jubiläum erweisen, namens des Elektrotechnischen Vereins herzlichst zu danken.

Ich möchte aber eine Kundgebung doch nicht übergehen, die uns in diesem Augenblick noch zugegangen ist, nämlich weil sie von dem modernsten Mittel der elektrischen Nachrichtenübertragung Gebrauch macht, von der Bildtelegraphie. Wir empfingen soeben bildtelegraphisch ein Schreiben von „The Institution of Electrical Engineers" in London, datiert vom 24. Januar 1930, gerichtet an den Elektrotechnischen Verein, Restaurant Kroll, Platz der Republik, mit folgendem Wortlaut:

Digitized by Google

„Anläßlich des 50jährigen Jubiläums Ihres hochgeschätzten Vereins bitte ich Sie im Namen des Vorstandes und der Mitglieder des britischen elektrischen Ingenieurvereins unsere herzlichsten Glückwünsche entgegenzunehmen.

P. J. Rowell.
Secretary."

(Außerordentlicher Beifall.)

Meine sehr geehrten Damen und Herren! Nach seiner Satzung hat der Elektrotechnische Verein das Recht, Auszeichnungen zu verleihen. Der § 5 Abs. 2 der Satzung lautet:

„Zu Ehrenmitgliedern und Korrespondierenden Mitgliedern können Mitglieder oder andere Personen, die sich um den Verein oder seine Zwecke besondere Verdienste erworben oder auf dem Gebiete der Elektrotechnik Hervorragendes geleistet haben, auf gemeinsamen Antrag des Vorstandes und des Ausschusses durch die Vereinsversammlung ernannt werden."

Der Verein hat aus Anlaß seines Goldenen Jubiläums folgende Ehrungen beschlossen:

Er ernennt zu seinem Ehrenmitglied den ausgezeichneten Fachmann der Telegraphen- und Fernsprechtechnik, seinen früheren Vorsitzenden und sein treues Mitglied seit 50 Jahren, Herrn Wirklichen Geheimen Ober-Postrat Wilhelm Christiani in Würdigung seiner hervorragenden Verdienste um das elektrische Nachrichtenwesen im allgemeinen und um den Elektrotechnischen Verein im besonderen. Der gesundheitliche Zustand des Herrn Geheimrat Christiani hat ihm leider nicht erlaubt, wie er es gern wollte, an unserer Festsitzung teilzunehmen. Er weilt im Geiste unter uns und hat uns den Ausdruck seines Dankes und seiner Anhänglichkeit schriftlich übermittelt. (Beifall.)

Ferner ernennt der Verein zu seinem Ehrenmitgliede in Würdigung seiner hervorragenden Verdienste um die Elektrotechnik im allgemeinen und um den Elektrotechnischen Verein im besonderen Herrn Professor Clarence Feldmann, den bahnbrechenden Forscher und Ingenieur, den maßgebenden Sachkundigen auf dem Gebiete der Berechnung elektrischer Leitungsnetze, den ausgezeichneten Hochschullehrer, sein langjähriges treues Mitglied. (Lebhafter Beifall.)

Ferner ernennt der Verein zu seinem Ehrenmitglied in Würdigung seiner hervorragenden Verdienste um die Elektrotechnik im allgemeinen und um den Elektrotechnischen Verein im besonderen Herrn Professor Dr. Luigi Lombardi, den bahnbrechenden Forscher und Ingenieur auf allen Gebieten der Starkstromtechnik, den ausgezeichneten Hochschullehrer und sein langjähriges treues Mitglied seit nahezu 40 Jahren. (Lebhafter Beifall.)

Weiter ernennt der Verein zu seinem Ehrenmitglied in Würdigung seiner hervorragenden Verdienste um die Elektrotechnik seine Exzellenz Herrn Geheimen Baurat Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Oskar v. Miller, Ehrenmitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften, den bahnbrechenden Ingenieur auf dem Gebiete der Erzeugung und Übertragung der elektrischen Energie, den hochverdienten Begründer und unermüdlichen Förderer des Deutschen Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik. (Anhaltender lebhafter Beifall.)

Zu seinem Ehrenmitglied ernennt der Elektrotechnische Verein in Würdigung seiner hervorragenden Verdienste um die Elektrotechnik den gründlichen Forscher und bahnbrechenden Erfinder auf dem Gebiete der elektrischen Nachrichtenübertragung, den ausgezeichneten Hochschullehrer Herrn Professor Dr. Michael Pupin. (Lebhafter Beifall.)

Herr Professor Pupin hat außerordentlich bedauert, daß er mit Rücksicht auf sein Alter und die weite Entfernung an unserem Fest nicht teilnehmen konnte, und er hat dem Verein seine Grüße und Glückwünsche auf schriftlichem Wege überbracht.

Ferner ernennt der Verein in Würdigung seiner hervorragenden Verdienste um die Elektrotechnik im allgemeinen und um den Elektrotechnischen Verein im besonderen zu seinem Ehrenmitglied Herrn Präsident Wirklichen Geheimen Oberregierungsrat Professor Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Sc. D. h. c. Warburg, Mitglied der Preußischen Akademie der Wissenschaften, den bahnbrechenden Forscher auf allen Gebieten der physikalischen Wissenschaft, den ausgezeichneten Hochschullehrer und langjährigen verdienstvollen Leiter der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, seinen früheren Vorsitzenden und sein treues Mitglied seit 50 Jahren. (Lebhaftester Beifall.)

Hochgeehrter Herr Präsident! Wir sind uns bewußt, daß die Auszeichnung, die der Elektrotechnische Verein Ihnen hiermit verleiht, sich neben Ihren überragenden Verdiensten um die Wissenschaft und Technik recht bescheiden ausnimmt. Wir bitten Sie aber, sie als ein Zeichen der tiefen Verehrung anzunehmen, die wir alle für Sie empfinden, und mit der wir alle zu Ihnen aufblicken. (Lebhafter Beifall.)

Um das Wort hat gebeten Herr Professor Feldmann.

Herr Professor **Cl. Feldmann:** Meine verehrten Damen und Herren! Für die hohe Auszeichnung, die mir soeben zuteil geworden ist, spreche ich dem Elektrotechnischen Verein, seinem Vorstand und Technischen Ausschuß meinen tiefgefühlten Dank aus. Ich weiß die Ehre von einem der ersten und angesehensten Elektrotechnischen Vereine der Welt zum Ehrenmitglied ernannt zu werden, nach Gebühr zu schätzen. Doch erfüllt mich gerade diese Tatsache auch mit einem Gefühl tiefer Wehmut, weil diese Ehrung in höherem Maße als mir meinem zu früh dahingegangenen Freunde Josef Herzog zukäme, der auf dem Gebiete der Leitungsberechnung anfänglich mein Lehrer war und dem alle äußeren Ehrungen versagt geblieben sind. Ich fasse die mir zuteil gewordene Ehrung dann auch so auf, daß sie auf sein Andenken und sein Lebenswerk zurückstrahlt. Mein Zusammenarbeiten mit ihm datiert aus dem Jahre 1892. Die ersten zwei Artikel aus dem Jahre 1890 sind von Herzog und Stark verfaßt und auf meiner „Bude" in Budapest durchgesprochen, ehe sie geschrieben wurden. Der erste Artikel erschien in Heft 15 der ETZ vom 15. April 1890, der zweite in Heft 33 vom 15. August 1890. Sie enthielten die Schnittmethode, den Satz von der Superposition der Abzweigströme und das Seidelsche Näherungsverfahren zur Lösung eines Systems linearer Gleichungen. Merkwürdigerweise sind die zwei Artikel im Sachregister der ETZ nicht unter Leitungen und Zubehör, sondern unter der Rubrik Elektrische Beleuchtung aufgeführt. Der zweite Artikel enthielt auch den strengen Beweis, daß bei einem Speisepunkt die Zahl der Gleichungen gleich ist der Anzahl geschlossener Maschen, die das Netz enthält. Der Beweis ist geführt an Hand der letzten Vorlesung von Maxwell, die zum erstenmal von seinem Schüler J. A. Fleming in einem Vortrag vor der Physical Society 1885 veröffentlicht wurde. —

Möge es Ihrem Verein gegeben sein, mit dem Fortschreiten der Entwicklung so synchron wie bisher taktgebend Schritt zu halten, wie Sie das in diesen 50 Jahren getan haben. Und möge es mir gegeben sein, noch eine Zeitland weiter zu arbeiten, um mich der großen Ehre, die mir heute zuteil wurde, würdig zu erweisen. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Ich bitte nun um Gehör für Exzellenz v. Miller.

Herr Reichsrat Geheimer Baurat Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. **Oskar v. Miller,** Exzellenz (mit lebhaftem Beifall begrüßt): Ich möchte mich nur bedanken für die unverdiente Ehre, die mir durch die Ernennung zum Ehrenmitglied zuteil wurde. Die Urkunde hat mich sehr erfreut, denn sie erinnert an die Zeit, in der die Elektrotechnik noch ganz in den Kinderschuhen war und ich mit großen Männern wie Werner von Siemens, Rathenau, Slaby, Marcel Deprez, Schuckert, Hefner-Alteneck usw. zusammenarbeiten durfte.

Ich freue mich, daß in dieser Ehrenurkunde auch an das Deutsche Museum gedacht wurde; denn das Deutsche Museum paßt so recht zu einer Jubiläumsfeier. Es ist wie ein Familienschrein, den man bei besonderen Gelegenheiten öffnet und die schönen Andenken besichtigt. Im Deutschen Museum befindet sich ja die erste Dynamomaschine von Siemens, die erste Differentiallampe von Hefner-Alteneck, die erste elektrische Lokomotive, die ersten Röhren von Röntgen, das erste Telephon von Reiss usw. Aber nicht nur kostbare Gegenstände sind in diesem Schrein enthalten, sondern auch die Bilder der Männer, welche die Elektrotechnik geschaffen haben. Wir sehen da die Herme von Helmholtz, die Büste von Siemens, das Bild von Röntgen usw. In diesem Schrein ist vor allem noch der alte Geist zu verspüren, der wahre Idealismus, der die verdienten Männer damals beseelte und es ihnen ermöglichte, Großes zu schaffen, ohne in erster Linie persönliche Interessen zu verfolgen. Eine Begeisterung für das allgemeine Wohl hat diese Männer zum Schaffen veranlaßt, und dankbar waren sie, wenn ihre Arbeit ein Körnchen zum Wohl der Menschheit beitragen konnte.

Diesen Geist, den Geist der unbegrenzten Opferwilligkeit wieder zu beleben, ist heute recht notwendig; denn wir stehen in einem harten Kampf für unser Vaterland, nicht in einem Kampf mit militärischen Waffen, sondern in einem großen Wirtschaftskampf. Und da dürfen die Führer nicht den sichersten und angenehmsten Platz für

Digitized by Google

sich erstreben, sondern sie müssen, wie die Offiziere im Krieg, sich dahin stellen, wo der größte Mut und die größte Aufopferung nötig ist, um nicht Sonderinteressen zu fördern, sondern den Aufschwung des ganzen Volkes zu erreichen. Wenn dieser Geist wieder bei uns herrscht, nicht nur in Ihrem Verein, sondern in unserem ganzen Vaterland, dann haben wir den Talisman, der unser Volk wieder groß und angesehen macht." (Außerordentlicher Beifall.)

Vorsitzender: Ich bitte um Gehör für Herrn Professor Dr. Lombardi.

Herr Professor Dr. **Luigi Lombardi** (Rom): Meine verehrten Herren! Ich danke dem Vorstand, dem Ausschuß und der ganzen Versammlung für die große Ehre, welche mir erwiesen wurde.

Als ich die Nachricht erhielt, war ich gerade vom fernen Japan zurückgekehrt, und ich muß zugeben, daß dieselbe mir die größte Überraschung meiner wunderbaren Reise bereitete!

Aus den Sitzungsberichten des Ausschusses, zu welchem ich seit einem Jahre gehöre, habe ich von dem Vorschlage meiner Kollegen, eine kleine Anzahl in- und ausländischer Mitglieder, anläßlich des 50jährigen Jubiläums, zu Ehren- und Korrespondierenden Mitgliedern zu erheben, gehört, wozu, falls ich der Sitzung beigewohnt hätte, meine Zustimmung nicht gefehlt hätte.

Nun war ich aber — und bin noch sehr überrascht, daß mein bescheidener Name in einer solchen vortrefflichen Liste Platz finden konnte, und glaube, daß die freundschaftliche Hochschätzung und das Wohlwollen unseres Vorsitzenden viel dazu beigetragen hat, wofür ich ihm besonders verpflichtet bleiben werde. —

Was er von meiner Tätigkeit so liebenswürdiger Weise gesagt hat, übertraf bei weitem jede Erwartung und setzte mich in die größte Verlegenheit, da ich selbst fest überzeugt bin, daß ich viel mehr und besseres hätte leisten sollen, um einer solchen Auszeichnung würdig zu werden.

Es gehört aber zum edelsten Geiste, die eigenen wunderbaren Erzeugnisse zu verschweigen, um die Leistungen anderer, trotz ihrer Bescheidenheit, großmütig hervorzuheben.

Ein einziges von mir haben meine Kollegen richtig eingeschätzt, und zwar meine langjährige treue Anhänglichkeit zum Elektrotechnischen Verein, welche seit etwa vierzig Jahren dauert und, nachdem ich von meinem hochverehrten Meister G. Ferraris in diesen eingeführt worden bin, nie unterbrochen wurde; durch die Elektrotechnische Zeitschrift und ihre Veröffentlichungen habe ich einen großen Teil meiner technischen Kultur erworben. — Mein zweiter Lehrer war ja auch ein Deutscher, Herr Professor H. F. Weber in Zürich, dem ich noch von G. Ferraris im Jahre 1892 vorgestellt worden bin; er hat mich mit fernblickendem Geiste auf diesen Weg geleitet und mir seine kostbare Unterstützung zuteil werden lassen, als ich später auf den Lehrstuhl Ferraris berufen wurde. —

Dadurch bin ich selbst ein Lehrer der Elektrotechnik geworden. Sie dürften leider sagen: „quantum mutatus ab illis!". Trotzdem habe ich Tausende von jungen Leuten in diesem Fache unterrichtet und einige dazu gebracht, dessen wahren Reiz zu empfinden und dasselbe gründlich zu erforschen. — Zum Unterricht der elektromechanischen Konstruktionen und für besondere technische und wissenschaftliche Untersuchungen waren unsere Mittel nicht immer ausreichend, weshalb von mir auch verschiedene Schüler an Ihre Großfabriken und musterhaften Laboratorien gewiesen wurden — und dadurch entstanden neue Beziehungen zwischen den italienischen und deutschen Hochschulen, welche von beiden Seiten freundschaftlichst erhalten wurden.

Diese geistige Neigung und herzliche Sympathie haben Sie vielleicht in meiner Person berücksichtigen und belohnen wollen; dadurch haben Sie aber noch das Verhältnis umgekehrt, da ich selbst weiß, was ich meinen deutschen Kollegen und Freunden schuldig bin, und ich hätte es daher als Ehre und Vergnügen betrachtet, dem Elektrotechnischen Verein als einfaches und bescheidenes Mitglied weiter anzugehören.

Aus doppeltem Grunde bin ich Ihnen daher zu tiefstem Danke verpflichtet, und ich habe den Vorsatz, in derselben Richtung für das Wohl und für die Harmonie unserer Vereine und unserer Länder weiter zu arbeiten. (Lebhaftester Beifall.)

Vorsitzender: Der Elektrotechnische Verein hat ferner beschlossen, eine Reihe von hochverdienten und hervorragenden Männern zu Korrespondierenden Mitgliedern zu ernennen in Anschung ihrer hervorragenden Verdienste auf den Gebieten der Elektrotechnik, deren Pflege der Elektrotechnische Verein sich zur besonderen Aufgabe gemacht hat.

Es sind dies Herr Dr. Ernst Alexanderson in Schenectady, Herr Hofrat Dr. h. c. Otto Blathy, Ehrenmitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften in Budapest, Herr Professor Dr.-Ing. E. h. Bohle in Kapstadt, Herr Professor Paul Boucherot in Paris. Herr Professor Boucherot erweist uns die Ehre und Freude seiner persönlichen Teilnahme an unserem Fest. — Ich freue mich sehr, ihn hiermit begrüßen und ihm unsere Glückwünsche aussprechen zu können. Herr Professor Boucherot ist uns allen wohlbekannt durch seine grundlegenden Arbeiten auf den verschiedensten Gebieten der Elektrotechnik, insbesondere durch die nach ihm genannten Schaltungen zur Entnahme konstanten Stromes aus Netzen konstanter Spannung und durch seine hochbedeutsamen Arbeiten auf dem Gebiete der elektrischen Maschinen und Motoren. Mit großem Interesse verfolgen wir wie alle Welt seine derzeitigen Bemühungen um die Gewinnung elektrischer Energie aus dem Temperaturunterschied in den tropischen Meeren. Meinen herzlichsten Glückwunsch. (Lebhafter Beifall.)

Ferner ernennt der Verein zu seinem Korrespondierenden Mitglied Herrn Hofrat Dr.-Ing. Max Déri in Meran, Herrn Lieutenant Colonel Carl Edgcumbe in London. Ich darf vielleicht die Herren von der Institution of Electrical Engineers bitten, Herrn Edgcumbe das Diplom zu überbringen und ihm unsere Glückwünsche und herzlichen Grüße zu übermitteln, desgleichen das Diplom für Herrn Colonel Sir Thomas Purves, den der Verein ebenfalls in Anerkennung seiner besonderen Verdienste um das elektrische Nachrichtenwesen zu seinem Korrespondierenden Mitglied ernennt. Wie Sie wissen, ist Colonel Purves der Engineer-in-Chief des General Post office in London und hat an dieser maßgebenden Stelle einen ganz hervorragenden persönlichen Anteil an der Entwicklung des elektrischen Nachrichtenwesens in England.

Ferner ernennt der Verein zu seinen Korrespondierenden Mitgliedern Herrn Kommerzienrat Axel F. Enström in Stockholm, Herrn Alexander Heyland in Brüssel und Herrn Professor Dr. Paul Janet, Membre de l'Institut, in Paris, den auch in unserem Lande wohlbekannten ausgezeichneten Forscher und Ingenieur. Ich darf Herrn Professor Boucherot wohl bitten, Herrn Professor Janet das Diplom mit unseren Glückwünschen und Grüßen zu überbringen zugleich mit dem Ausdruck unseres lebhaftesten Bedauerns, daß es ihm nicht möglich gewesen ist, an unserer Sitzung persönlich teilzunehmen, wie er es ursprünglich beabsichtigte.

Ferner ernennt der Verein zu Korrespondierenden Mitgliedern Herrn Dr. Frank B. Jewett in New York und Herrn Dr. sc. techn. E. h. Ingenieur Emil Kolben in Prag. Wir haben die besondere Freude, Herrn Generaldirektor Kolben unter uns zu sehen. Wir grüßen ihn als einen der großen Pioniere des Elektromaschinenbaus. Einige seiner bedeutsamsten Arbeiten sind in der ETZ veröffentlicht. Wir freuen uns, ihn, dessen Name vielen unter uns wohl vertraut ist, heute persönlich hier begrüßen zu dürfen. (Großer Beifall.)

Zu seinen Korrespondierenden Mitgliedern ernennt der Verein ferner Herrn Professor V. F. Mitkevic, Korrespondierendes Mitglied der russischen Akademie der Wissenschaften in Leningrad, und Herrn Professor Dr. Friedrich Niethammer in Prag. Auch Herr Professor Niethammer hat uns die Freude und Ehre erwiesen, heute persönlich hier anwesend zu sein. Ich darf ihm unsere herzlichsten Glückwünsche hiermit aussprechen. (Beifall.)

Ferner ernennt der Verein zu Korrespondierenden Mitgliedern Herrn Professor Dr. phil. P. O. Pedersen in Kopenhagen, der, wie ich bereits mitteilte, leider im letzten Augenblick durch eine Erkrankung verhindert worden ist, hier zu erscheinen, ferner Herrn Professor Dr. Pleijel in Stockholm und Herrn Ingenieur Dr. sc. techn. Immanuel Rosenberg aus Weiz, der auch persönlich hier anwesend ist und den ich hiermit begrüße und beglückwünsche. Herr Dr. Rosenberg ist durch seine grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiete des Maschinenbaues sehr bekannt, vor allen Dingen durch die von ihm entwickelten Zugbeleuchtungsmaschinen, die bei veränderlicher Tourenzahl konstanten Strom liefern; hier ist er seit langen Jahren der führende Mann. Wir verdanken ihm außerdem eine ganze Reihe schöner Arbeiten. Ich beglückwünsche Sie auf das herzlichste. (Beifall.)

Ferner ernennt der Verein zu seinem Korrespondierenden Mitglied Herrn Professor Dr. Alexander Rothert in Warschau. Herr Professor Rothert hatte sein Erscheinen zugesagt. Ich höre aber, daß er wegen einer

Digitized by Google

Erkrankung leider verhindert ist. Wir bedauern das außerordentlich und bitten seine erschienenen Kollegen, die sehr verehrlichen Mitglieder der Delegation des Polnischen Elektrotechnischen Vereins, ihm unsere herzlichsten Glückwünsche und unsere besten Wünsche für seine baldige Genesung zu überbringen.

Ferner ernennt der Verein zu seinem Korrespondierenden Mitglied unseren sehr verehrten Freund Herrn Dr. phil. Karl Sulzberger in Zürich. (Beifall.) Ich darf Ihnen für diese wohlverdiente Auszeichnung die herzlichsten Glückwünsche aussprechen.

Sodann Herrn Professor Dr. Josef Sumec aus Brünn. Auch Herr Sumec hat uns die Freude erwiesen, persönlich anwesend zu sein. Ich beglückwünsche ihn herzlich. Auf vielen Gebieten der Elektrotechnik, besonders in der Erkenntnis der physikalischen Grunderscheinungen und in ihrer rechnerischen Beherrschung haben Sie Hochbedeutsames geleistet. Wir alle wissen das sehr gut aus einer großen Reihe von schönen Aufsätzen, die Sie im Laufe der Jahre in unserer ETZ veröffentlicht haben. (Lebhafter Beifall.)

Ferner Herrn Professor Dr. sc. techn. E. h. René Thury in Genf. Ich bitte Herrn Dr. Sulzberger, Herrn Professor Thury das Diplom zu überbringen mit unseren herzlichsten Glückwünschen und mit dem Ausdruck des Bedauerns, daß sein hohes Alter es ihm nicht ermöglicht hat, an unserer Festsitzung teilzunehmen. Wir sind ihm aber zu ganz besonderem Dank dafür verpflichtet, daß er einen ausgezeichneten Vortrag ausgearbeitet hat, den er ursprünglich hoffte selbst halten zu können. Er hat sich das aber doch nicht zutrauen dürfen, und Herr Dr. Sulzberger hat gütigst zugesagt, diesen Vortrag morgen zu halten.

Ferner ernennt der Verein zu seinem Korrespondierenden Mitglied Herrn Professor Dr.-Ing. Milan Vidmar aus Laibach. Herr Vidmar wäre gern hierhergekommen; aber wie Sie wissen, ist er ein großer Schachmeister vor dem Herrn, und da z. Zt. ein internationaler Schachkampf stattfindet, zu dem er sich bereits verpflichtet hatte, bedauert er sehr, nicht hier teilnehmen zu können. Zu seinem Korrespondierenden Mitglied ernennt der Verein ferner Herrn Hofrat Professor Dr. Karl Zipernowski in Budapest, Korrespondierendes Mitglied der Ungarischen Akademie der Wissenschaften. (Beifall.)

Meine hochgeehrten Damen und Herren! Wir sind hiermit am Schluß unserer Festsitzung angelangt. Ich danke Ihnen allen nochmals recht herzlich für Ihr Erscheinen und hoffe, Sie heute abend zum Festessen und Ball in diesen schönen Räumen wieder begrüßen zu dürfen.

Ich schließe die Sitzung. (Großer Beifall.)

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär.
Dr. Schmidt.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betrifft: Berichtigung zu der Zusammenstellung der erteilten Prüfzeichengenehmigungen.

In der nach dem Stande vom 1. I. 1930 herausgegebenen Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens ist durch ein Versehen des Druckers die Firma Rheinisch-Westfälische Isolierrohrwerke A.-G., Fröndenberg/Ruhr, auf Seite 132 nicht unter der Rubrik a) bei denjenigen Firmen aufgeführt worden, welche die Genehmigung zur Führung des Verbandszeichens für Isolierrohre mit verbleitem Eisenmantel besitzen, sondern sie steht in der Rubrik b) unter denjenigen Firmen, die das Recht zur Führung des VDE-Zeichens für Isolierrohre mit gefalztem Messingmantel erhalten haben. Die Firma besitzt bereits seit mehreren Jahren die Genehmigung zur Anbringung des VDE-Zeichens auf den von ihr hergestellten Isolierrohren mit verbleitem Eisenmantel, und zwar mit Innendurchmesser 7, 9, 11, 13.5, 16, 23, 29, 36 und 48 mm.

In der Rubrik b) auf Seite 132 der Zusammenstellung ist die Firma zu streichen.

Betrifft: Firmenkennfäden für isolierte Leitungen.

Der Firma: Société belge pour la Fabrication des Cables & Fils Electriques, Brüssel, Rue du Marché 79, ist das Recht erteilt worden, den dem VDE gesetzlich geschützten schwarz-roten Verbandskennfaden in Verbindung mit einem schwarz-gelb-rot verdrillten Firmenkennfaden in isolierten Leitungen, welche den Vorschriften des VDE entsprechen, zu verwenden und diese Leitungen als „Codex"-Leitungen zu bezeichnen.

Die Genehmigung gilt für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen.

Die seinerzeit der Firma: Kabelwerk Rodenkirchen Carl Heinz & Co., G. m. b. H., Rodenkirchen bei Köln, erteilte Genehmigung zur Benutzung des dem Verband Deutscher Elektrotechniker gesetzlich geschützten schwarz-roten Verbandskennfadens für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen ist zurückgezogen worden, da die Firma die Fabrikation eingestellt hat.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft zu Halle a. d. Saale. — 11. IV. 1930, abds. 8¼ h, Saal des Hotel „Stadt Hamburg" Gr. Steinstraße: Lichtbildervortrag Reg.-Baumstr. Baschwitz, „Die neue bayerische Zugspitzbahn".

Elektrotechn. Verein Leipzig. 15. IV. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 11 der Universität, Augustusplatz 5: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Fr. Fleischer, „Kurzschlußschutz durch Drosselspulen für Hochspannungskabelnetze".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Magdeburg. — 14. IV. 1930, abds. 8¼ h Aula der Staatl. Ver. Maschinenbauschulen: Vortrag Dipl.-Ing. Kosack, „Grundlagen der el. Bildübertragung und des Fernsehens".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Nürnberg. — 11. IV. 1930, abds. 8 h, Vortragsaal der SSW: Frauentorgraben 35: Vortrag Dr.-Ing. W. Reiche, „Stufenlose Spannungsregelung an Stufen-Transformatoren".

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 16. IV. 1930, abds. 8 h, gr. Hörsaal des Elektrot. Inst. Militärstr. 3 und gleichzeitig durch Fernübertragung im Verwaltungsgebäude des Bezirksverbandes Oberschwäb. El. Werke in Biberach: Vortrag Dipl.-Ing. Musil, „Das Problem der Spitzendeckung bei Zusammenarbeiten von Wasserkraft- und Dampfkraftwerken".

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. — 15. IV. 1930, abds. 7 h, Ingenieurhaus, Friedrich-Ebert-Str. 27: Lichtbildervortrag Reg.-Baurat a. D. Dönges, „Reichsbahnausbesserungswerk Berlin-Schöneweide".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

E. Gumlich †.

Am 12. II. dieses Jahres starb nach langer Krankheit der Geh. Oberreg.-Rat Prof. Dr. Ernst Gumlich. In Ahorn bei Coburg wurde Gumlich am 23. IV. 1859 geboren, besuchte das Gymnasium zu Coburg und studierte anschließend Mathematik und Physik. 1887 trat er als wissenschaftlicher Hilfsarbeiter in die Physikalisch-Technische Reichsanstalt ein; er wurde dort 1898 zum Professor ernannt und blieb der Reichsanstalt treu, bis er 1924 in den Ruhestand trat. Gumlichs Lebensarbeit galt der Erforschung des Magnetismus. Er entwickelte und verbesserte die Meßmethodik und klärte systematisch den Einfluß der chemischen Zusammensetzung, der thermischen und mechanischen Vorbehandlung des magnetischen Materials. Bei diesen Arbeiten erkannte er als erster die Wichtigkeit der „legierten" Bleche für die Elektrotechnik (1900) und regte deren Herstellung in Deutschland an. Von besonderer Bedeutung für die Elektrotechnik waren ferner seine Arbeiten über legierte Stähle für Dauermagnete. Im Elektrotechnischen Verein war Prof. Gumlich als Ausschuß- und Vorstandsmitglied tätig und beteiligte sich eifrig an den Arbeiten des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen. Auch für die ETZ bedeutet der Tod Gumlichs einen schmerzlichen Verlust; sie besaß in ihm einen zuverlässigen und stets hilfsbereiten Mitarbeiter.

Digitized by Google

A. v. Ettingshausen. — Hofrat Prof. Dr. Albert v. Ettingshausen feierte am 30. III. d. J. seinen 80. Geburtstag. Aus diesem Anlaß hat die Zeitschrift „Elektrotechnik und Maschinenbau" des Elektrotechnischen Vereins Wien ein Sonderheft mit Arbeiten von Schülern des berühmten Physikers und Elektrotechnikers herausgebracht, das durch seinen reichen Inhalt das Interesse des Lesers in hohem Maße erregt.

Auszeichnungen. — Von der T. H. Hannover wurde dem Reichsbahndirektor Friedrich Fuchs, Berlin, in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die Förderung der wissenschaftlichen Erforschung und Weiterentwicklung der Lokomotiven und Triebwagen die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Lüftung von Transformatorenkammern.

In der ETZ 1929, S. 1623 geben F. Sieber und F. Heiles eine vereinfachte Methode zur Bestimmung der Querschnitte der Luftkanäle von Transformatorenkammern an. Es ist sehr nützlich, bei der Berechnung der Lüftung von Transformatorenkammern von allen praktisch belanglosen Genauigkeiten abzusehen, weil dies erstens zu unabsehbaren Berechnungschwierigkeiten führt und es sich ja meist nur darum handelt, die Größenordnung der Kanäle dem Baumeister anzugeben, welcher auf Grund bautechnischer Forderung diese auch etwas abändern kann, ohne daß es dadurch zu Betriebschwierigkeiten kommen wird. Erhält der Baumeister beispielsweise den Querschnitt der Luftkanäle mit 1 m² vorgeschrieben, so ist es praktisch belanglos, ob er diese mit 0,8 m² oder 1,2 m² ausführt; viel größeren Einfluß können eine ungeschickte Luftführung oder andere unvorhergesehene Widerstände haben. Es lassen sich daher für normale Verhältnisse die ungefähren Luftkanalquerschnitte für verschiedene aktive Zughöhen ein für allemal festlegen, was in obengenannter Arbeit von F. Sieber und F. Heiles in dankenswerter Weise getan wurde. Nachdem diese Werte mit einer rohen Faustformel, die sich schon früher gut bewährt hat, im großen und ganzen übereinstimmen, dürfte es nützlich sein, diese anzuführen.

Ist h die aktive Zughöhe (von ungefähr Mitte Transformator bis zum Auswurf der Luft in m), Δ die gewünschte Erwärmung der Luft beim Durchstreichen der Transformatorenkammern, so ergeben sich bei Verlusten des Transformators von N [kW] die Querschnitte in m² der zu verwendenden Luftkanäle aus

$$q = \frac{N}{\Delta + h}.$$

Sind beispielsweise die Verluste des Transformators 50 kW und wünscht man bei einer aktiven Zughöhe von etwa 7 m (gerechnet von Mitte Höhe des Transformators bis zur Stelle, wo die Luft ins Freie austritt), daß die Erwärmung der Luft etwa 15 ° beträgt, so wird man die Querschnitte der Luftkanäle etwa

$$q = \frac{50}{15+7} = \text{rd. } 2{,}2 \text{ m}^2$$

bemessen müssen.

Diese Faustformel ist sehr einfach und prägt sich leicht dem Gedächtnis ein, und man ist dann in der Lage, jederzeit Antwort auch ohne alle weiteren Behelfe zu geben.

Es erübrigt sich wohl, zu bemerken, daß diese Formel keinen Anspruch auf Genauigkeit erhebt und nicht für extreme und verzerrte Fälle gilt, jedoch in allen praktischen Fällen, wo es sich um normale Anordnungen handelt, verwendet werden kann.

Prag, 11. I. 1930. Dr. R. Baffrey.

Erwiderung

Die von Herrn Baffrey angegebene einfache Formel zur Bestimmung des Querschnittes der Abluftkanäle von Transformatorenkammern haben wir, hinsichtlich der Ergebnisse, die sie liefert, mit den Werten aus den Kurven der Abb. 4 unseres Aufsatzes verglichen. Bei diesem Vergleich wurde gemäß der Abb. 3 unseres Aufsatzes zwischen der von Herrn Baffrey benutzten Größe h und der von uns benutzten h_4 die Beziehung voraussetzt: $h = h_4 + 3{,}25$ m. Das Ergebnis läßt sich am besten an Hand der beigefügten Kurvenblätter erkennen. Abb. 1 zeigt den erforderlichen Querschnitt F_4 für 100 kW Verlustleistung und 20 ° Lufterwärmung abhängig von h_4. Die ausgezogene Kurve ist unserer Abb. 4 entnommen, die gestrichelte ist nach der Formel des Herrn Baffrey berechnet. In Abb. 2 sind noch entsprechende Kurven für die konstante Höhe $h_4 = 4$ m und für veränderliche Lufterwärmung aufgetragen.

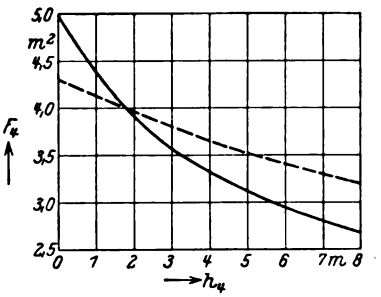


Abb. 1. Erforderlicher Querschnitt des Abluftkanals für 100 kW Verlustleistung und 20° Lufterwärmung, abhängig von der Höhe des Abluftkanals
——— nach Sieber und Heiles
– – – nach Baffrey.

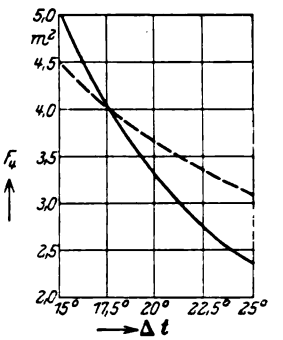


Abb. 2. Erforderlicher Querschnitt des Abluftkanals für 100 kW Verlustleistung und 4 m Höhe des Abluftkanals, abhängig von der Lufterwärmung
——— nach Sieber und Heiles
– – – nach Baffrey.

Man sieht, daß die bestehende einfache Formel des Herrn Baffrey für normale Verhältnisse Ergebnisse liefert, die als hinreichend genau angesehen werden können. Für extreme Fälle können, wie Herr Baffrey selbst zugibt, genaue Ergebnisse nicht erwartet werden.

Aachen, 5. II. 1930. F. Sieber. F. Heiles.

LITERATUR.

Besprechungen.

Probleme der modernen Physik. Arnold Sommerfeld zum 60. Geburtstage gewidmet von seinen Schülern. Herausg. v. P. Debye unt. Mitarb. v. zahlr. Fachgenossen. Mit 52 Abb. i. Text, VIII u. 221 S. in gr. 8°. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1928. Preis geh. 18 RM, geb. 19,50 RM.

Die Verehrung, die dem Mitbegründer der modernen Atomphysik im Kreise der Wissenschaft gezollt wird, zeigt sich in diesem Buch, das ihm aus Anlaß seines 60. Geburtstages von seinen Schülern gewidmet wurde. Die lange Liste glänzender Namen beweist den großen Einfluß, den Sommerfeld auf die Entwicklung der Physik in Deutschland jahrzehntelang ausgeübt hat. U. a. behandelt W. Pauli jr. das H-Theorem vom Standpunkt der Quantenmechanik aus, E. Buchwald die Auswertung statistischer Reihen mit Wahrscheinlichkeitsnachwirkung, F. Noether den „Strahlenbegriff" in der Fresnelschen und Maxwellschen Kristalloptik, A. Landé eine neue Methode zur Lösung von Potential- der Schwingungsproblemen, K. Glitscher die Dämpfung der Schwingungen des Anschützschen Kreiselkompasses, G. Wentzel den Photoeffekt an Metallen, F. London den Mechanismus der homöopolaren Bindung, P. P. Ewald den Übergang von der Röntgenoptik zur Lichtoptik, K. F. Herzfeld die Thermodynamik von Zweistoffsystemen, O. Blumenthal einige Anwendungen der Integralform des Restgliedes der Taylorreihe, H. G. Grimm und H. Wolff die Eigenschaftsprünge in Reihen chemischer Verbindungen, W. Lenz Probleme aus der Theorie der optischen Abbildungen usw.

Da es unmöglich ist, alle einzelnen Arbeiten des Sammelbandes hier zu besprechen, sollen aus der reichen Fülle einige wenige hervorgehoben werden, die gerade an dieser Stelle besonders interessieren. So sei eine Abhandlung von W. Heisenberg genannt, die sich mit der Quantentheorie des Ferromagnetismus beschäftigt, indem sie die Austauschwechselwirkung zwischen den Leitungselektronen des ferromagnetischen Metalles behandelt. Die Arbeit ist eine Weiterführung einer in der Zeitschrift für Physik begonnenen Untersuchung und gipfelt in der statistischen Ableitung der Langevin-Weißschen

Digitized by Google

Formeln. R. Seeliger behandelt in Vorwegnahme späterer Versuche zunächst theoretisch die thermische Elektronenemission als eine der Ursachen des Durchbrennens von Glühdrähten. Diese Frage ist nicht nur für die Lampenindustrie, sondern vornehmlich auch für die der Glühkathodenröhren von Interesse. Doch muß man noch abwarten, ob das Experiment die hier gegebenen theoretischen Ableitungen bestätigen wird. Das Problem des elektrischen Durchschlags, das heute besonders akut ist, wird hier von W. Rogowski eingehend erörtert. Die Arbeit befaßt sich mit der Frage, ob der Durchschlag heute bereits als zwingende Folge aus bekannten Theorien verstanden werden kann. Der erste Teil, der eine Reihe sehr schöner Abbildungen, teils Oszillogramme, teils Funkenbilder, enthält, bringt die Behandlung des Durchschlages von Gasen. Der zweite Teil behandelt vornehmlich feste Isolatoren, insbesondere den Durchschlag von Kristallen (Glimmer), sowie von Ölstrecken auf Grund von Vorstellungen von Joffé, Townsend, Wagner und dem Verfasser selbst.

Der Herausgeber selbst ist mit einer Abhandlung über die zeitlichen Vorgänge in Elektrolytlösungen vertreten. Das Problem läßt sich etwa folgendermaßen formulieren: In der Lösung eines Elektrolyten sind die Ionen nicht regellos verteilt, sondern im Mittel überwiegen in der Umgebung jedes Ions Ionen mit entgegengesetzter Ladung. Die Funktionen, die die Verteilung regeln, sind zunächst nur von der Entfernung von dem „zentralen" Ion abhängig, geht aber ein Strom durch die Lösung hindurch, so entsteht eine Dissymmetrie, die eine Verminderung der Beweglichkeit zur Folge hat. Mit Hilfe einer charakteristischen Länge, die die Entfernung kennzeichnet, bis zu der der ordnende Einfluß eines Ions reicht, und einer charakteristischen Zeit, die angibt, bis wann eine spontan erzeugte Abweichung von der geordneten Gleichgewichtsverteilung wieder ausgeglichen ist, beschreibt Debye, wie ein Elektrolyt, dessen Ionenverteilung in irgendeiner Weise vollkommen ungeordnet gemacht worden ist, seine natürliche Ordnung wieder erlangt.

Man kann sagen, daß der Gedanke, Sommerfeld durch eine Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten zu ehren, gerade in diesem Falle ein besonders glücklicher gewesen ist.

R. Samuel.

Der Schutz des industriellen Eigentums in Jugoslawien. Von Dr. J. Suman. Mit 207 S. in kl. 8°. Carl Heymanns Verlag, Berlin 1929. Preis kart. 8 RM.

In einem Vorwort werden die Grundzüge des jugoslawischen Gesetzes für den Schutz des gewerblichen Eigentums kurz dargestellt. Es folgt eine Übersetzung des Gesetzes, der zugehörigen Reglements und internationalen Verträge, ein Anwaltsverzeichnis und ein sehr detailliertes Sachregister, so daß damit das gesamte einschlägige jugoslawische Material in flüssiger deutscher Übersetzung dargeboten wird.

H. Herzfeld I.

Neue Zeitschriften.

VES-Mitteilungen. Heft 1, Jahrg. 1. Herausg. von d. Vereinigung elektrotechnischer Spezialfabriken e. V. Berlin W 35, Steglitzer Str. 36. Erscheint alle zwei Monate. Bezugspreis vierteljährlich 1,50 RM.

[Die VES-Mitteilungen sollen „allen an der Elektrizitätswirtschaft beteiligten Kreisen und der Gesamtheit einen haftenden Eindruck von dem wirklichen Umfang, der Bedeutung, der Leistungsfähigkeit dieser starken Gruppe im Umkreis der elektrotechnischen Fabrikationsindustrie vermitteln". In den zweimonatlich erscheinenden Heften werden Aufsätze der einzelnen Spezialfabriken über deren Fabrikationsgebiete berichten, außerdem sollen auch die allgemeinwirtschaftlichen Fragen der Elektro-Spezialfabriken regelmäßig behandelt werden. Das erste Heft enthält 18 kürzere Aufsätze über Schaltanlagen und Schalter, elektrische Maschinen, Meßgeräte, Regler, Leitungen und anderes mehr; das Heft ist drucktechnisch gut ausgestattet und enthält zahlreiche Abbildungen. Es ist anzunehmen, daß die Zeitschrift in Abnehmerkreisen gern gelesen und ihr oben genannter Zweck damit erreicht wird.] *nkl*

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Zur Lage der schweizerischen Elektroindustrie. — Einem Bericht der N. Zür. Zg. zufolge ist es im abgelaufenen Jahr wieder gelungen, die Werkstätten voll in Betrieb zu halten, allerdings bei unter dem Einfluß des amerikanischen Arbeitstempos oft unglaublich kurzen Lieferterminen. Auch in Arbeiterkreisen bricht sich immer mehr die Überzeugung Bahn, daß, solange diese Verhältnisse dauern, eine weitgehende Elastizität in der Verwendung der gesetzlich möglichen Arbeitszeit geboten erscheint und diejenige Wirtschaftspolitik die beste ist, die unter Hintansetzung des starren Dogmas der 48-Stunden-Woche am meisten Hände beschäftigt. Der aus 1929 hinüber genommene Bestellungsbestand läßt, mindestens für die erste Hälfte des laufenden Jahres, kein Abflauen der Produktion erwarten. Die Zahl der in den Betrieben Beschäftigten steigt stetig. Wenn auch die Preise den Tiefpunkt überschritten zu haben scheinen und eine leicht ansteigende Tendenz bekunden, so haben sich doch auch die Selbstkosten erhöht. (Verteuerung von Kupfer, Kohle, Transformatorenöl.) Die internationalen Kartellierungen in Eisen, Stahl, Kupfer, Röhren, Öl usw. wirken sich für die Schweiz ungünstig aus. Außerdem waren umfangreiche Neuanschaffungen, Erweiterungen, Umstellungen usw. notwendig, um den Ansprüchen der internationalen Kundschaft zu genügen, und die Forschungslaboratorien usw. verlangen ständig große Aufwendungen. Gerade dieser Umstand schließt im Fall eines Konjunkturumschwungs eine nicht unerhebliche Belastung in sich. Der Anteil des spezifisch schweizerischen Absatzes an der Gesamtproduktion verspricht eine Erhöhung, weil sich die Bundesbahnen entschlossen haben, das Werk der beschleunigten Elektrisierung weiterzuführen und auch sonst im Hinblick auf die bedeutende Steigerung der Lokomotivkilometer ihr elektrisches Material weitgehend zu ergänzen. Der Ausblick in die nahe Zukunft ist also vorläufig nicht ungünstig, doch lassen die nationalistischen Tendenzen, die auf eine in sich geschlossene Wirtschaft hinausgehen und vor allem, wie beispielsweise in Spanien, fremde Waren fernzuhalten suchen, eine rechte Zuversicht nicht aufkommen.

Syndikat und Kartell der Leitungsdrahtfabriken. — Nach in Berlin geführten Verhandlungen ist nunmehr der Leitungsdrahtverband — bisher Vereinigte Leitungsdraht-Fabriken (VAUELFA), jetzt „VAUELFA" Vereinigte Leitungsdraht-Fabriken G. m. b. H. — in der Weise aufgebaut worden, daß sich zunächst die Gesamtheit der deutschen Spezialfabriken auf 10 Jahre zu einem Syndikat zusammengeschlossen hat, welches dann seinerseits mit der Gruppe der Großfirmen, der die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, die Bergmann-Elektricitäts-Werke AG., die Rheinische Draht- und Kabelwerke G. m. b. H., Köln-Riehl, und die Siemens-Schuckertwerke AG. angehören, auf 4 Jahre ein Kartell bildet. Dieses bezweckt in erster Linie die Festsetzung einheitlicher Verkaufsbedingungen für das Leitungsdrahtgeschäft und die Rationalisierung der Fabrikation.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Im Februar 1930 hat sich innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B die Einfuhr gegen den Vormonat (5314 dz bzw. 3,817 Mill RM) um 1044 dz (19,6 %) und 0,137 Mill RM (3,6 %) erhöht, im Vergleich zum Februar 1929 (7850 dz bzw. 3,973 Mill RM) aber um 1492 dz (19 %) und 19 000 RM verringert. Umgekehrt ist die Ausfuhr, einschl. 14 486 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 3,931 Mill RM, gegenüber dem Januar (136 600 dz bzw. 48,995 Mill RM) um 3873 dz (3 %) und 0,808 Mill RM gesunken, verglichen mit dem Parallelmonat des Vorjahres (113 814 dz bzw. 41,681 Mill RM) aber um 18 913 dz (16,6 %) und 6,506 Mill RM (15,6 %) gewachsen. Für die beiden ersten Monate von 1930 ergibt sich gegen die entsprechende Zeit des Vorjahres eine Abnahme des Imports um 4442 dz (27,5 %) bzw. 0,788 Mill RM (9 %). Er umfaßte 728 Lichtmaschinen (2748 i. V.), 13 765 Dynamos, Elektromotoren usw. (34 995 i. V.), 623 Bogen- usw. Lampen (377 i. V.), 1,261 Mill Metalldrahtlampen (0,931 i. V.) und 46 300 Kohlefaden- usw. Lampen (17 400 i. V.). Im Export,

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 591; 1930, S. 415.

VDE-Vorschriftenbuch 17. Aufl. 1930

erschienen. Zu beziehen durch Verlag des VDE, Berlin W57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		Februar	Januar/Februar		Februar	Januar/Februar	
		1930	1930	1929	1930	1930	1929
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	30	76	164	474*	1 062*	1 225*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	2 863	4 745	6 909	34 579*	64 135*	43 521*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	276	304	111	2 631*	4 477*	3 676*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	245	633	941	5 024*	9 217*	8 513*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	617	1 101	2 482	37 060*	77 518*	85 867*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	13	39	27	282	551	917*
911 a	Metallfadenlampen	264	572	423	900*	2 015*	2 130*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	12	27	8	33	71	83*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	15	26	25	65	67	57
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittelungseinrichtungen; Bestandteile davon	23	68	94	1 811*	3 051*	2 869*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	508	1 022	1 103	5 088*	10 833*	10 114
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	90	258	369	2 515*	5 340*	5 635*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	—	—	13	575	1 599	1 060
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	220	498	245	1 219*	2 674*	2 716*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	2	4	2	26	47	29*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	243	409	510	1 512*	3 736*	4 641*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	13	21	34	960*	1 992*	1 828*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	848	1 704	2 426	27 267*	55 629*	53 020*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	42	100	85	1 345*	2 621*	2 789*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	8	37	101	6 158	15 884	15 399
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	25	27	19	6	6	6
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	1	1	23	79	126	106*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	3 124*	6 681*	4 774*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	—	1	2
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	6 358	11 672	16 114	132 727*	269 327*	250 971*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*3 954*	*7 771*	*8 559*	*48 187**	*97 182**	*92 058**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	27	50	41	797	1 979	2 176
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	8	14	17	79*	147*	110
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	—	—	224	684	1 421	1 398
648 d	Elektroden	290	980	1 613	17 370	41 846	41 398
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	—	82	4 258*	10 891*	10 497*
740 a	Glühlampenkolben	—	61	40	1 459	2 937	2 403
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	205	308	320	8	8	8
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	49	88	55			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	200	380	472	12 885*	27 627*	22 578*

der eine Steigerung um 18 356 dz (7 %) bzw. 5,124 Mill RM (5,5 %) aufweist, waren 24 051 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 6,192 Mill RM inbegriffen, und der Stückzahl nach entfielen auf ihn 11 027 Lichtmaschinen (13 504 i. V.), 117 137 Dynamos, Elektromotoren usw. (102 606 i. V.), 6379 Boden- usw. Lampen (8537 i. V.), 11,937 Mill. Metalldrahtlampen (11,297 i. V.) und 0,204 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,265 i. V.). Als Überschuß der Ausfuhr waren 257 655 dz bzw. 89,411 Mill RM zu buchen (234 857 dz bzw. 83,499 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Berichtigung.

In dem Nachtrag zur Arbeit „Transformatorenberechnung mittels Nomogramms" ist in der ETZ 1930, S. 469, r. Sp., 4. Zeile, infolge eines Versehens der Setzerei „Abb. 3" anstatt „Abb. 7" gesetzt worden.

Abschluß des Heftes: 5. April 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Motorschutzschalter Form MSB/AMSB für 10 bis 100 A.

Mitteilung der AEG.

Die neuen AEG-Motorschutzschalter Form MSB/AMSB haben großen Anklang in der Praxis gefunden, da sie einen einzigartig vervollkommneten Motor- und Kurzschlußschutz bieten.

Die neuen Schalter wurden auf Grund der theoretischen Erkenntnisse entwickelt, die im Verlaufe jahrelanger Arbeiten gesammelt wurden*); diese erstreckten sich

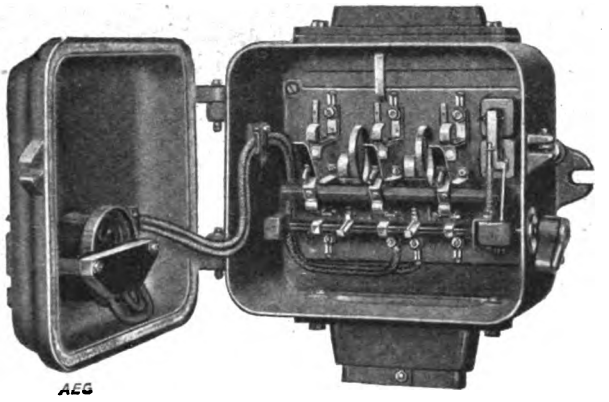


Abb. 1. Form AMSB 25 (Funkenkammer herausgenommen) mit Strommesser und Anschlußstutzen.

vor allem auf die Erwärmungs- und Abkühlungsverhältnisse an Motoren und Wärmeauslösern, auch das Verhalten direkt, indirekt und transformatorisch beheizter Wärmeelemente, sowie auf Kurzschlußfestigkeit und Kurzschlußbegrenzung, um nur einige Beispiele zu nennen. Maßgebend für die Entwicklung waren ferner die Erfahrungen, die man mit den kleinen Motorschutzschaltern gleicher bzw. ähnlicher Bauart gemacht hatte, so insbesondere hinsichtlich der Erhöhung der Schaltleistungen durch zweckmäßige Anordnung der Funkenkammern und der sorgfältigen Ausbildung der Schaltstücke.

Die durch die Konstruktionsverbesserungen erreichten Schaltleistungen sind nachstehend zusammengestellt:

Die Schalter Form MSB 10 für 10 A entsprechen den Bedingungen der RES nach Gruppe I, d. h. 500 A induktionsfrei ($\cos\varphi = 1$) und 75 A induktiv ($\cos\varphi = 0{,}2$) bei 500 V, die Schalter MSB 25 für 25 A denen der Gruppe II, d. h. 1500 A induktionsfrei und 225 A induktiv bei der gleichen Spannung; die Formen MSB 60 und 100 für 60 bzw. 100 A bewältigen bereits mit Auslösern von 25 A ab mit großer Sicherheit bei 550 V die für Gruppe III der RES geforderte hohe Schaltleistung, 5000 A induktionsfrei ($\cos\varphi = 1$) und 750 induktiv ($\cos\varphi = 0{,}2$).

Alle Schalter der Form MSB/AMSB**) haben direkt auf das Klinkenschloß arbeitende Wärmeauslöser in zwei Polen sowie unverzögert, ebenfalls direkt wirkende magnetische Auslöser in allen Polen und können auf Wunsch auch mit Unterspannungsauslöser ausgerüstet werden. Es ist ferner möglich, eine Fehlerstromauslösung (Heinisch-Riedl-Schutz) sowie bei den Formen für 60 und 100 A einen dritten Wärmeauslöser und ein oder zwei Signal- bzw. Sperrkontakte vorzusehen.

Die in hohem Grade kurzschlußfesten Wärmeauslöser, die den Schutz des Motors vor Überlastungen zu übernehmen haben, sind den Erwärmungsverhältnissen des Motors so weitgehend angepaßt, daß eine größtmögliche Ausnutzung der Motoren erreicht werden kann. Sie eignen sich auch für die häufige Wiederholung schwerer Anlaufvorgänge. Die Auslöser bestehen aus U-förmig gebogenen, künstlich gealterten Bimetallstreifen, die bei den Auslösern für Stromstärken bis 10 A direkt und indirekt, bei allen übrigen lediglich direkt beheizt werden.

Die magnetischen Schnellauslöser, welche die Abschaltung bei etwa auftretenden Kurzschlüssen zu übernehmen haben, bestehen bei den Schaltern für 10 und 25 A aus je einem in jedem Pole angeordneten Magneten, während bei den Schaltern für 60 und 100 A (für Drehstrom) die Auslösung dreiphasig ausgebildet ist. Dadurch, daß diese Kurzschlußmagnete auf verschiedene Auslösebereiche eingestellt werden können, ist es möglich, den gleichen Schalter sowohl für Kurzschluß- als auch für Anlaßmotoren gleicher Leistung zu verwenden. Da die Wärmeauslöser außerdem leicht auswechselbar sind, kann der gleiche Schalter auch für Motoren verschiedener Leistung vorgesehen werden, ein Vorteil, der hauptsächlich bei Betriebsumstellungen zur Geltung kommt.

Die Signal- oder Unterbrecher-Kontakte dienen dazu, die Beobachtung der Schaltstellung von entfernter Stelle aus zu ermöglichen. Der bei den Schaltern für 60 und 100 A außerdem einzubauende Sperrkontakt gestattet die Verriegelung mit dem Anlaßgerät, hilft also Schaltfehler zu verhüten.

Der Fehlerstromauslöser (nach Heinisch-Riedl) wird auf Wunsch als Schutzvorrichtung gegen gefährliche Berührungsspannungen angebaut, d. h. gegen Spannungen von mehr als 42 V (für Tiere bereits von mehr als 24 V) an betriebsmäßig spannungsfreien Teilen, z. B. dem Motorgehäuse, die durch Isolationsfehler oder dergl. auftreten können. Diese Schutzvorrichtung ist mit einer zweipoligen Prüfeinrichtung ausgerüstet, um sowohl das einwandfreie Arbeiten der Schutzvorrichtung selbst als auch den Zustand der Hilfserde kontrollieren zu können.

Die Kontaktgebung ist bei den Schaltern für Stromstärken von 25 bis 100 A zweistufig ausgebildet. Die Hauptkontaktstücke werden bei der Form MSB 25 durch Feinsilberplatten gebildet, während bei den Formen MSB 60 und 100 lamellierte Kontaktbürsten angeordnet sind. Durch kräftige Blasfelder, in denen die Kontaktstücke schwingen und die schnelle Entionisierung der Lichtbogengase beim Auftreffen auf die kalten Wände der schmalen Funkenkammern ist die Lichtbogenzeit auf maximal eine Halbperiode beschränkt. Da die Eigenzeit des Schalters dank der direkt wirken-

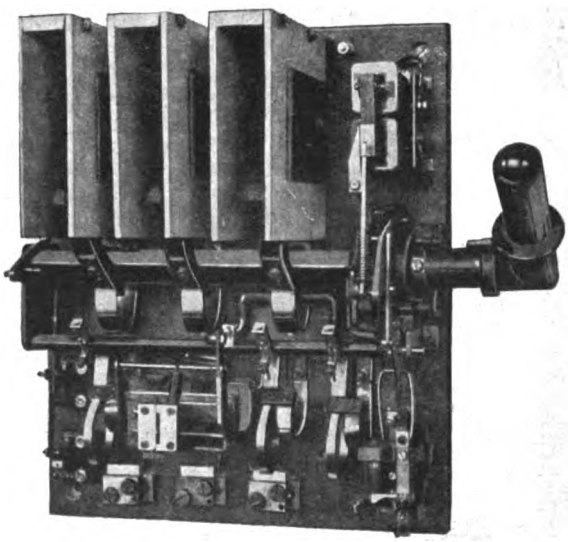


Abb. 2. Form MSB 60 (Schutzkasten abgenommen) mit drittem Wärmeauslöser, Unterspannungsauslöser, Signalkontakten und Fehlerstromauslösung.

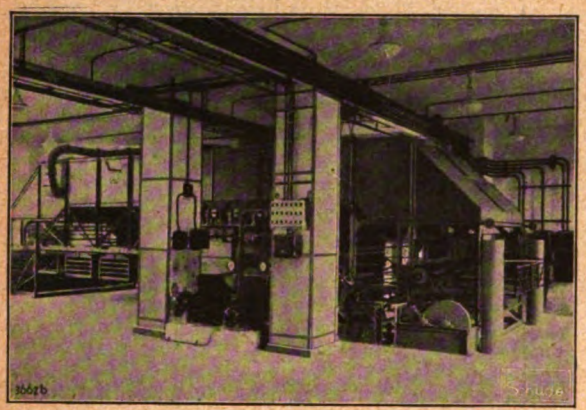
den Auslösung und der hohen Rückzugskräfte ebenfalls nur etwa eine Halbperiode beträgt, ist eine sehr kleine Gesamtabschaltzeit erreicht worden.

Abb. 1 stellt einen Motorschutzschalter für 25 A mit eingebautem Strommesser in eisengekapselter Ausführung dar. In Abb. 2 wird ein Schalter Form MSB 60 mit den vorstehend genannten Zusatzeinrichtungen gezeigt.

*) S. ETZ 1930, Hefte 7 und 8, S. 233 und 283.
**) S. AEG-Druckschrift Sa/V 372.

Digitized by Google

Schilde



Schneller trocknen

bedeutet

Zeit-, Platz- und Kapitalersparnis.

In den

Schilde-Trocknern

für

lackierte Telefongehäuse und -hörer, Anlasserkästen, Kleinteile, Zählergehäuse und -tafeln, Motore, Radio- und Lautsprecherkästen, Beleuchtungskörper, Staubsaugerteile, Installationsrohre usw. usw.

wird die Trockenzeit durch zweckmäßige und wirksame Umluftführung auf Bruchteile der seither üblichen herabgesetzt.

Die Trocknung erfolgt garantiert staubfrei und die Lackschicht wird durch und durch absolut hart, ohne spröde zu werden.

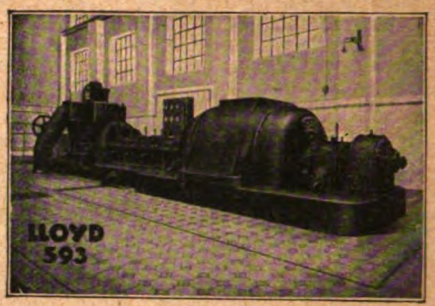
Große Trockenräume sind nicht mehr nötig, außerdem sparen Sie neben Zeit erheblich an Betriebskosten und Bedienung.

Verlangen Sie unsere Drucksache E. T. 695 die wir Ihnen gern kostenlos zusenden.

BENNO SCHILDE MASCHINENBAU-A.G. HERSFELD H.-N.

5620

LLOYD



TURBOGENERATOR
2500 kVA, 550 Volt, 3000 U. p. M.

Turbogeneratoren
bis zu den größten Leistungen

LLOYD DYNAMOWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BREMEN.

SÜDDEUTSCHE KABELWERKE MANNHEIM

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 17. April 1930 | Heft 16

Das Kraftwerk West der Berliner Städtische Elektrizitätswerke Akt. Ges.

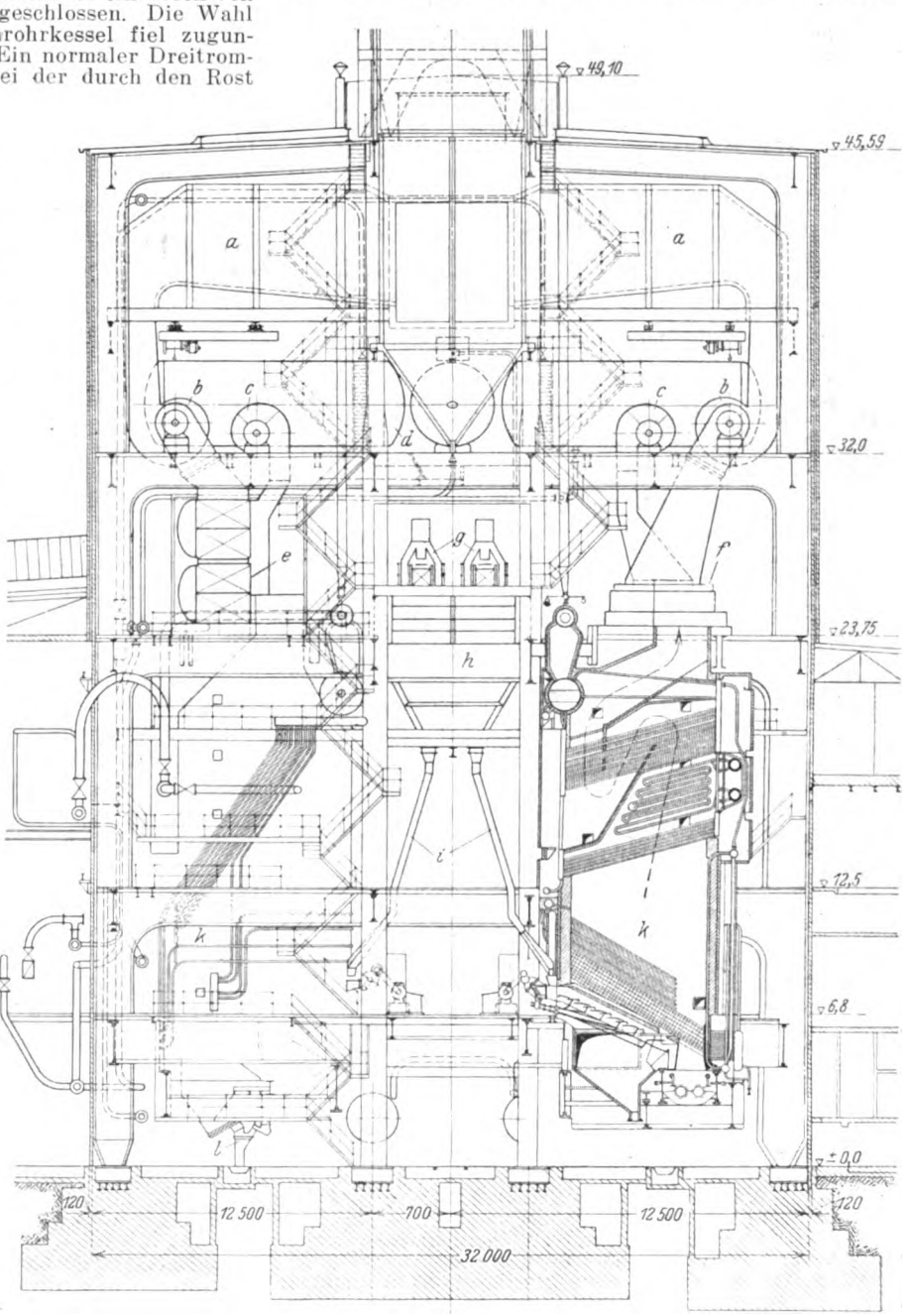
Von Dr.-Ing. E. h. **M. Rehmer**, Mitglied des Vorstandes der Berliner Städtische Elektrizitätswerke Akt. Ges.

(Schluß von S. 498.)

8. Kesselanlage, Kohlenversorgung und Entaschung.

Im Werk stehen zwei Reihen zu vier Kesseln; je zwei gegenüberliegende Kessel, also immer ein Block von vier, ist an einen Schornstein angeschlossen. Die Wahl zwischen Steilrohr- und Gruppenrohrkessel fiel zugunsten der Gruppenrohrkessel aus. Ein normaler Dreitrommel-Steilrohrkessel beansprucht bei der durch den Rost gegebenen Kesselbreite eine größere Tiefe des Kessels. Außerdem hätte sich ein weniger geschickter Zusammenbau von Kessel, Luftvorwärmer, Saugzug und Entstaubungskammern ergeben. Bei der Wahl eines Zweitrommeltyps, der an sich den erwünschten Rauchgasaustritt nach oben zuläßt, hätte sich die notwendige Heizfläche nur durch Übergang zu längeren und damit auf Grund der bestehenden Werkstatteinrichtungen geschmiedeten Trommeln unterbringen lassen. Der Grundgedanke bei der Festlegung des Dampfdruckes war jedoch: ausschließliche Verwendung von geschweißten Trommeln ohne Rundnaht. — Wie weitreichend unsere Studien hinsichtlich der dampftechnischen Ausgestaltung des neuen Westwerkes waren, soll zum mindesten durch die Wiedergabe der Konstruktion eines Benson-Kessels (Abb. 47) von 150 t/h Leistung gekennzeichnet werden. Im Rahmen vorliegender Ausführung hat sie in Anbetracht der auf Seite 488 gemachten Erläuterungen allerdings nur historischen Wert. Für den Leser dieser Zeilen dürfte trotzdem noch genügendes Interesse an der Wiedergabe vorhanden sein.

Die Obertrommeln (Abb. 48) der Westwerkskessel haben eine Länge von 12 m bei 1500 mm Dmr. und 45 mm Wandstärke. Der Kessel hat 60 nebeneinander hängende



a Rauchgasfüchse
b Saugzuggebläse
c Unterwindgebläse
d Speisewasser-Hochbehälter
e Rotator-Luftvorwärmer
f Ljungström-Luftvorwärmer
g Kohlenlängsbänder mit Abwurfwagen
h Kohlenbunker
i Kohlenschurren
k Kessel
l Entaschung

Abb. 46. Schnitt durch das Kesselhaus.

Digitized by Google

Sektionen, in denen 22 Rohrreihen übereinander liegen (Abb. 49 ... 55). Zwischen der 5. und 7. Rohrreihe befindet sich der Überhitzer. Die Kesselrohre haben bei 102 mm äuß. Dmr. eine Länge von 7 m. Mit einer lichten Breite des Kessels von 10,65 m und 6,18 m Tiefe bzw. einem Abstand zwischen Rost und unterer Rohrreihe von 7,1 m ergibt sich ein Brennkammervolumen von 467 m³. Die Feuerraumbelastung ist bei Annahme einer mittleren Kohlenqualität rd. 257 000 kcal/m³h.

Die Wahl der Unterschubfeuerung für ein derartiges Werk hat gewisses Aufsehen erregt. Es läßt sich eine Anzahl von Presseveröffentlichungen zitieren, in deren Inhalt dieser Entschluß der BEWAG sogar als fehlerhaft bezeichnet wird. Teilweise sind die Verfasser dieser Notizen vorsichtiger und wollen es der Zeit überlassen, ob die Wahl der Feuerung für das Westwerk richtig sei. In allen Literaturstellen vermißt man jedoch die unbedingt notwendige Objektivität in der Beurteilung der technischen Arbeit anderer. Die Wahl von Unterschubfeuerungen für das Westwerk ist auf Grund folgender Überlegungen gefallen, die von sehr umfangreichen theoretischen Rechnungen, Feuerungsversuchen, schriftlichem und mündlichem Erfahrungsaustausch begleitet waren:

1. Kohlenstaubfeuerung mit zentralen Mahlanlagen schied der hohen Baukosten wegen aus. Zugegeben sei, daß die vorzügliche Regelfähigkeit der Kohlenstaubfeuerung gerade im vorliegenden Fall einen Anreiz bedeutet hätte. Es wären aber lediglich Kessel mit Einzelmühlen in Frage gekommen und gleichzeitig damit infolge des notwendigen Einbaues mehrerer Einzelmühlen je Kessel eine untragbare Verteuerung des gesamten Baues.

2. Der Anreiz zur Wahl von Kohlenstaubfeuerung beruhte vor einigen Jahren in Deutschland im wesentlichen auf wirtschaftlichen Vorteilen. Die gesamte Kohlenindustrie hat diese Feuerungsart folgerichtig als wichtiges Mittel in der Bekämpfung des Sortenproblems und damit als volkswirtschaftliche Notwendigkeit zur Gesundung dieser Schlüsselindustrie bezeichnet. Der wirtschaftliche Vorteil lag in der Verwendung billiger, für Rostfeuerungen bisher nicht brauchbarer Kohlensorten. Heute ist dieser Anreiz nicht mehr vorhanden. Die Preispolitik der Kohlensyndikate hat sich mit Zunahme der Kohlenstaubfeuerungen gewandelt. Die sogenannten Staubkohlensorten sind im Preis erheblich gestiegen. Unter Berücksichtigung der erforderlichen Aufbereitungskosten, die ohne Kapitaldienst heute in ganz Deutschland durchschnittlich 3 bis 3,50 RM betragen (hierbei sind Stromkosten mit 6 Pf/kWh angesetzt), sind die bezeichneten Kohlensorten kaum noch konkurrenzfähig. Die Besitzer großer Staubfeuerungsanlagen werden bei notwendigen Erweiterungen in jedem Einzelfall sehr sorgfältig zu prüfen haben, wieweit die Kohlenstaubfeuerung noch Vorteile bietet.

3. Für Kraftwerke in der Nähe von Wohngebieten hat sich mit der Kohlenstaubfeuerung aber das Problem der Abgasreinigung als lästiges Anhängsel herausgebildet. Vom Standpunkt der allgemeinen Hygiene ist es zu begrüßen, daß seit zwei Jahren in allen Ländern an der Lösung dieses Problems ernsthaft gearbeitet wird. Kohlenstaubfeuerungen haben einen relativ hohen Gehalt an Flugasche in den Kesselabgasen. Es wird unumgänglich sein, diese zu reinigen. Ein wirtschaftlicher Abgasreiniger existiert bisher nicht. Erfahrungsgemäß ist der Betrieb von Elektrofiltern mit einem durchschnittlichen Entstaubungsgrad von 80 ... 85 % am einfachsten. Ihr Einbau erfordert aber eine Erhöhung des Anlagekapitals von 8 ... 10 RM je installiertes kW. Nur die Naßreinigung hat Aussicht, bei gleichen Entstaubungsgraden mit wesentlich geringeren Anlagekosten auszukommen. Bei Unterschubfeuerungen besteht die Flugaschegefahr nicht.

4. Unterschubfeuerungen haben außerdem in der heutigen Entwicklung mindestens die gleichen Brennleistungen wie Kohlenstaubfeuerungen. Sie sind in weiten Grenzen ebenfalls von der Kohlensorte unabhängig. Die deutsche Feuerungsindustrie hat inzwischen sehr richtig erkannt, daß neben der Kohlenstaubfeuerung auch die Unterschubroste ihr Anwendungsgebiet behaupten würden. Das hat sie bewogen, dem in Deutschland am weitesten entwickelten Wanderrost ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden. Seit ein bis zwei Jahren sind auf dem deutschen Feuerungsmarkt verschiedene Konstruktionen von sog. Unterwind-Zonenrosten erschienen, die nach den vorliegenden Versuchsresultaten Günstiges versprechen. Zur Wahl solcher Roste im Westwerk konnten wir uns aber nicht entschließen, da es gewagt erschien, hier das alleinige Risiko der Schrittmacherarbeit zu übernehmen. Immerhin sei hier mit Befriedigung festgestellt, daß die technische Ausstattung des Westwerkes den Anstoß zu einer unbestreitbaren Weiterentwicklung der deutschen Feuerungsindustrie gegeben hat. Außerdem übernahm keine deutsche Feuerungsfirma Garantien für die gleichen, nachstehend angeführten Wirkungsgrade, wie wir sie mit dem Lieferer der Taylor-Unterschubroste bzw. der Kessel vereinbarten:

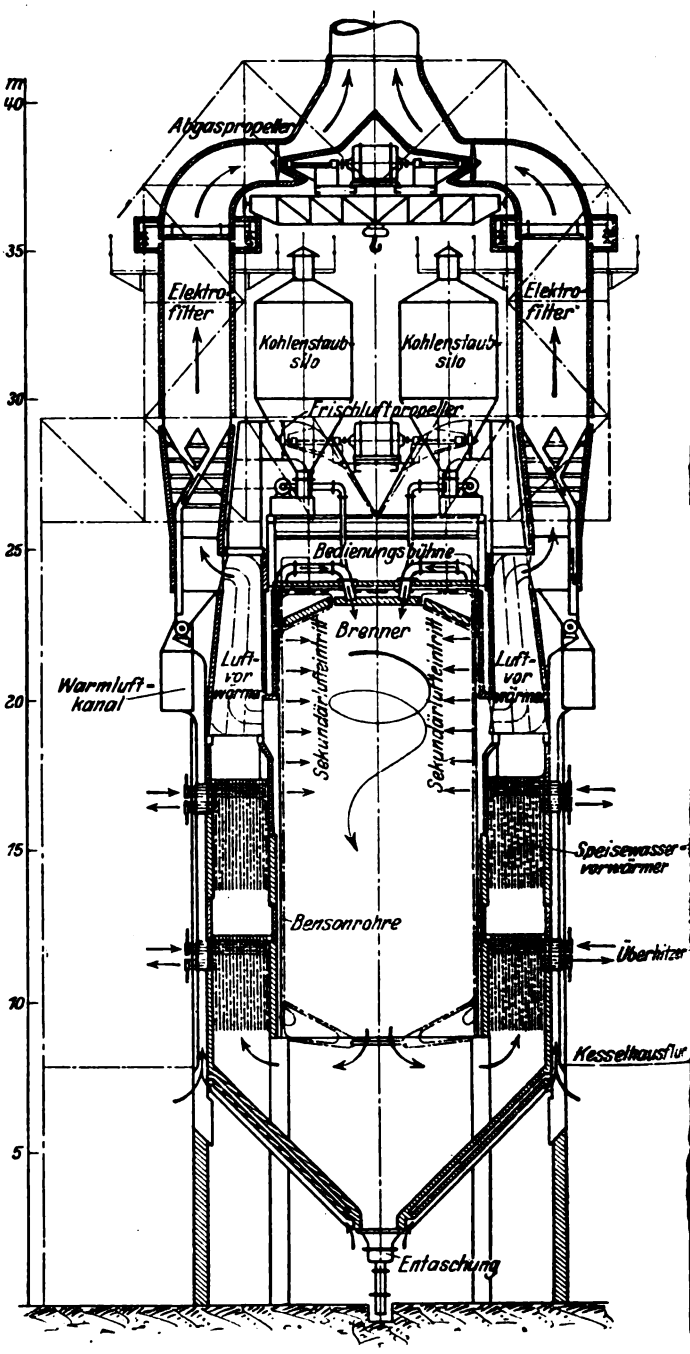


Abb. 47. Benson-Kessel für Westwerk-Vorprojekt. Dampfleistung 150 t h.

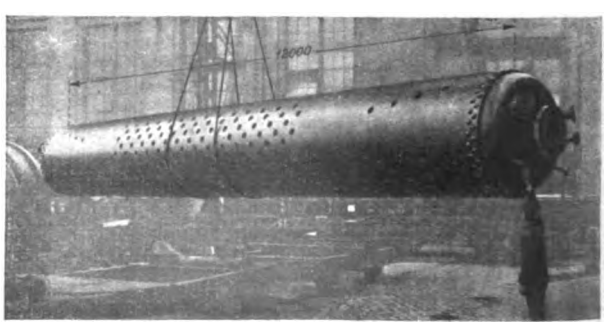


Abb. 48. Kesseltrommel.

Digitized by Google

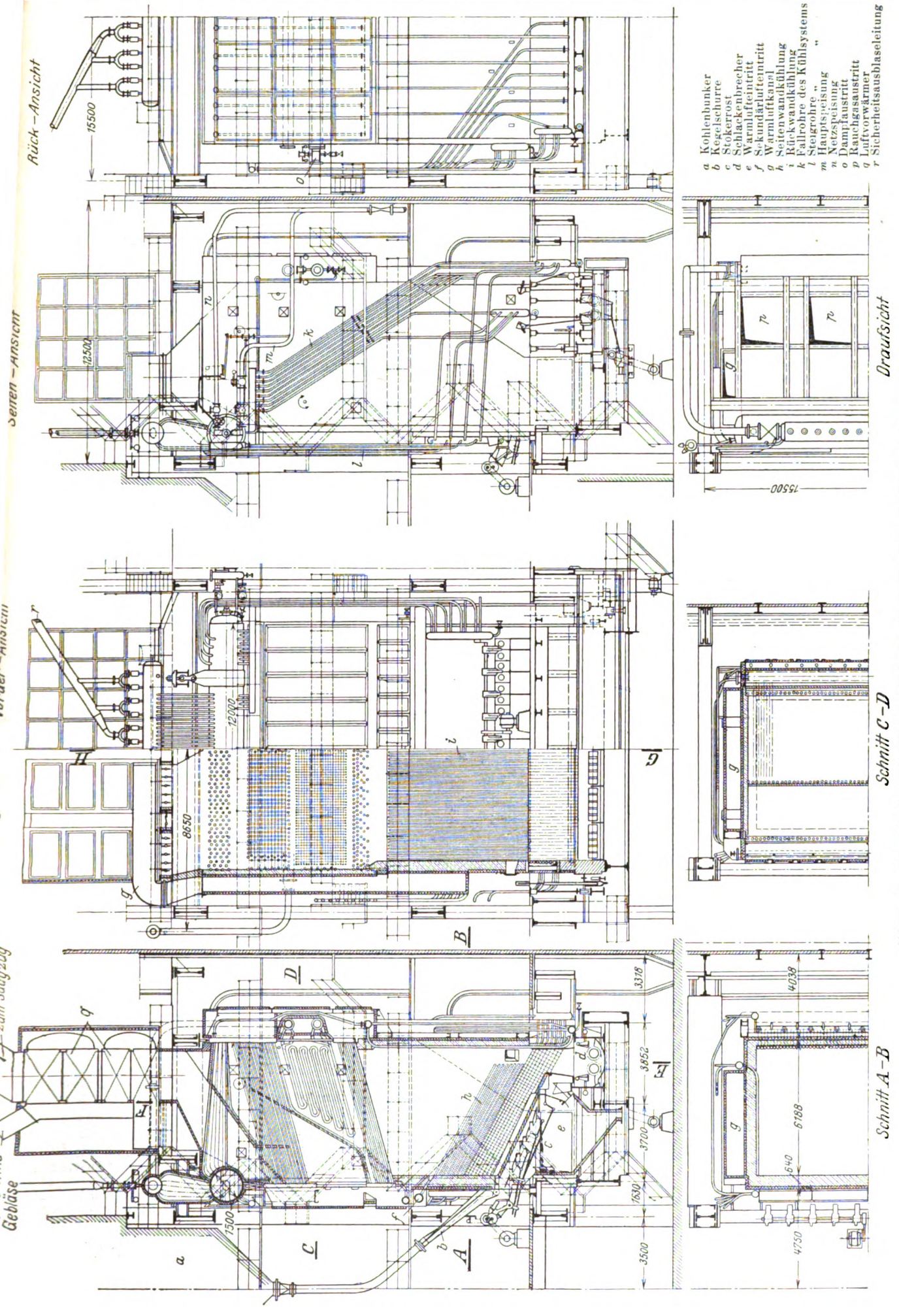


Abb. 49 ... 55. Gruppenrohrkessel mit 2400 m² Heizfläche, Dampfdruck 32 atü, Dampftemperatur 415°.

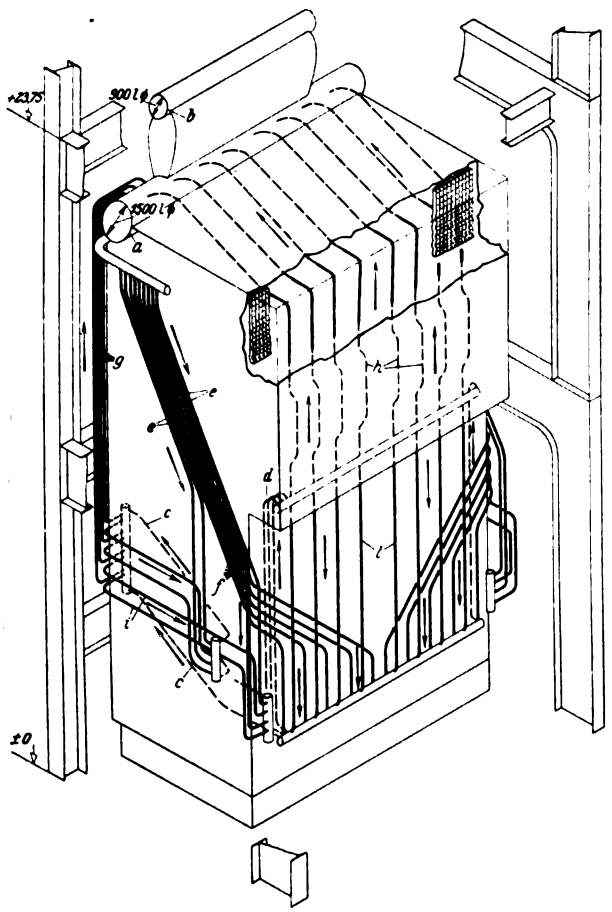
Digitized by Google

Dampfleistung	Wirkungsgrad	
150 t/h	81,0 %	(Überlast)
120 „	84,5 „	(Normallast)
80 „	87,0 „	(¾ Last).

Das Kesselgerüst wird von der Tragkonstruktion des Gebäudes aufgenommen. Obertrommel und Sektionen hängen unabhängig vom Gerüst an Querträgern, die in die Kesselhausrahmen eingewechselt sind. Die Obertrommel liegt auf der Vorderseite des Kessels, also an der Bedienungseite. Bei der dadurch bedingten Rohrneigung ergeben sich nach der Kesselrückseite hin anwachsende Feuerraumhöhen, die Verbrennungsvorteile versprechen.

Zur Verhinderung von Aschenansinterung an den Rohrgassen ist in der Vorheizfläche des Kessels eine ungewöhnlich große Rohrleitung gewählt worden (Abb. 49 ... 55). Auch in den Zwischenräumen der einzelnen Überhitzerelemente wurde ein lichter Abstand von 80 mm nicht unterschritten. Vom Einbau eines Strahlungsüberhitzers ist Abstand genommen worden. Die 12 m langen Überhitzersammler sind dem Einfluß der heißen Rauchgase entzogen; die einzelnen Rohrschlangen werden nicht eingewalzt, sondern durch besondere Abzweigstücke mit ihnen verschraubt (Abb. 58 u. 59).

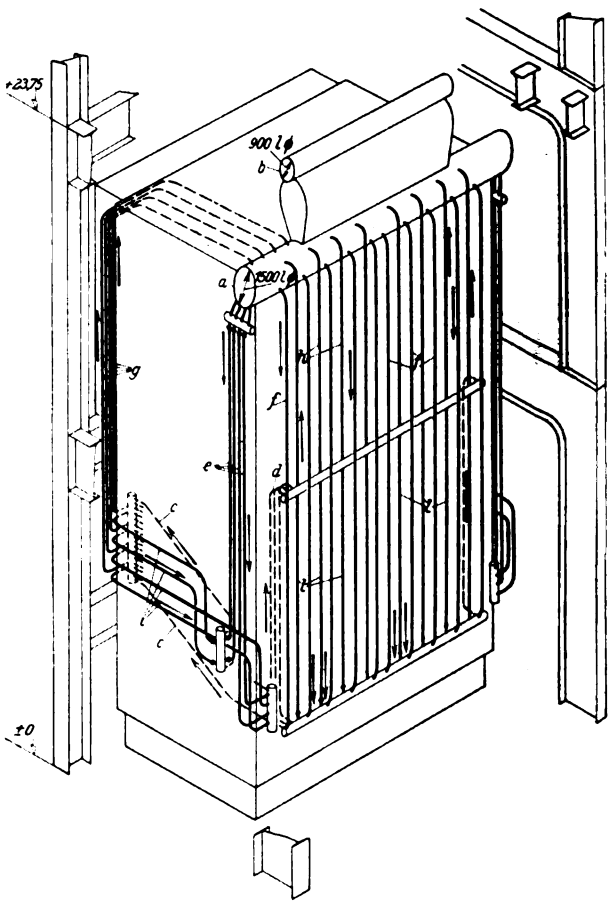
Der Kessel hat drei Gaszüge, die untere Gaslenkwand konnte durch eine stark gekrümmte Form der obersten Rohrreihe der Vorheizfläche erreicht werden.



a Obertrommel
b Dampfsammler
c Seitenwandkühlung, Rohre 73,5 83 Dmr.
d Rückwandkühlung, Rohre 73,5/83 Dmr
e Fallrohre für c, Rohre 116,5/127 Dmr.
f Fallrohre für d, Rohre 116,5 127 Dmr.

Rohrmaße gelten für Abb. 56.

Abb. 56. Kühlrohrsystem des ausgeführten Kessels von Kesselrückwand gesehen.



g Steigrohre für c, Rohre 98/102 Dmr
h Steigrohre für d, Rohre 98/102 Dmr.
i Rücklaufrohre für c, Rohre 98/102 Dmr.
l Rücklaufrohre für d, Rohre 73,5/83 Dmr.

Abb. 57. Kühlrohrsystem eines Kessels mit zurückverlegter Quertrommel von Kesselrückwand gesehen.

Bei der Projektierung sind auch Kesseltypen mit zurückgelegter Wassertrommel durchgeprüft worden. Sie hätten zwar den Vorteil einer einfacheren Verbindung des Kühlrohrsystems mit dem Kessel ergeben, wie dies die schematische Darstellung der Kühlrohrsysteme bei den beiden Kesseltypen nach Abb. 56 u. 57 zeigt. Insbesondere hätte sich bei rückwärts liegender Quertrommel der Anschluß von Fall- und Steigerohren außerordentlich vereinfacht. Eine Auswechselung von Siederohren wäre dabei aber nur unter Verbreiterung oder Erhöhung des Kesselhauses möglich gewesen.

Die beiden Überhitzersammler hängen am Kesselgerüst. Die Lage des Überhitzers im Heizgaszuge wurde durch die Forderung nach möglichst geringen Dampftemperatur-Schwankungen bei verschiedenen Belastungen bedingt:

Dampfleistung	Überhitzungstemperatur	
150 t/h	420 °	(Überlast)
120 „	415 °	(Normallast)
80 „	406 °	(¾ Last).

Zum Einbau gelangen Taylor-Unterschubroste nach den Konstruktionen der American Engineering Company. Sämtliche Stokerteile werden in Deutschland fabriziert. Der Stoker hat eine nach hinten geneigte Lage und besteht aus Mulden, zwischen denen Düsenreihen liegen (Abb. 60). Die Kohle fällt aus dem vorgelagerten Trichter in Retorten hinein, in denen sich Stoßkolben hin und her bewegen. Je nach der Drehzahl bzw. Hubhöhe dieser Kolben verändert sich die zugeführte Kohlenmenge. Die einzelnen Teile des Stokers werden durch Gestänge dauernd in Bewegung gehalten. Die Kohle wandert mit zunehmendem Ausbrand allmählich über den Ausbrennrost in den Schlackentrichter hinein, der unten durch 2 Brecherwalzen abgeschlossen wird. Hier erfolgt ein weiteres Ausbrennen der Rückstände. Besonders sorgfältig ist bei diesen Unterschubrosten auf die Zuführung der Verbrennungsluft zu achten. Der ganze Rost ist durch Regelklappen in Felder von etwa 2 m² aufgeteilt, denen die Verbrennungsluft je nach Kohlensorte und Belastung mit verschiedenen Pressungen zugeführt wird.

Der Feuerraum ist zum Teil mit Kühlflächen ausgelegt; die Rückwand ist ganz gekühlt. Die Seitenwände

Digitized by Google

erhalten bis zu einer Höhe von etwa 2 m über dem Brennstoffbett ebenfalls Wasserkühlrohre, die teilweise mit Gußblöcken ummantelt sind. Das gesamte Kühlsystem ist an die Obertrommel angeschlossen. Auf besonders reichliche Querschnittsbemessung der Fall- und Steigerohre wurde Wert gelegt.

Die Abgase verlassen den Kessel neben der Obertrommel und gehen durch kurze Abgaskanäle in die Luftvorwärmer. Es werden sowohl Plattenluft- als auch Ljungström-Vorwärmer eingebaut (Abb. 46). Zunächst sind sie so bemessen, daß die für eine Belastung von 150 t/h Dampf erforderliche Verbrennungsluft auf rd. 200 ° vorgewärmt werden kann. Die Raumverhältnisse gestatten eine spätere Vergrößerung der Heizfläche für 300 ° Luftvorwärmung.

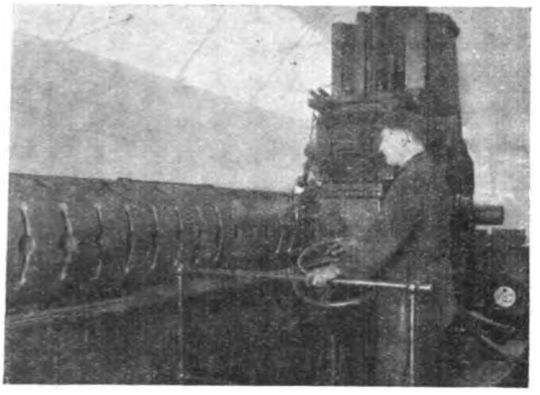


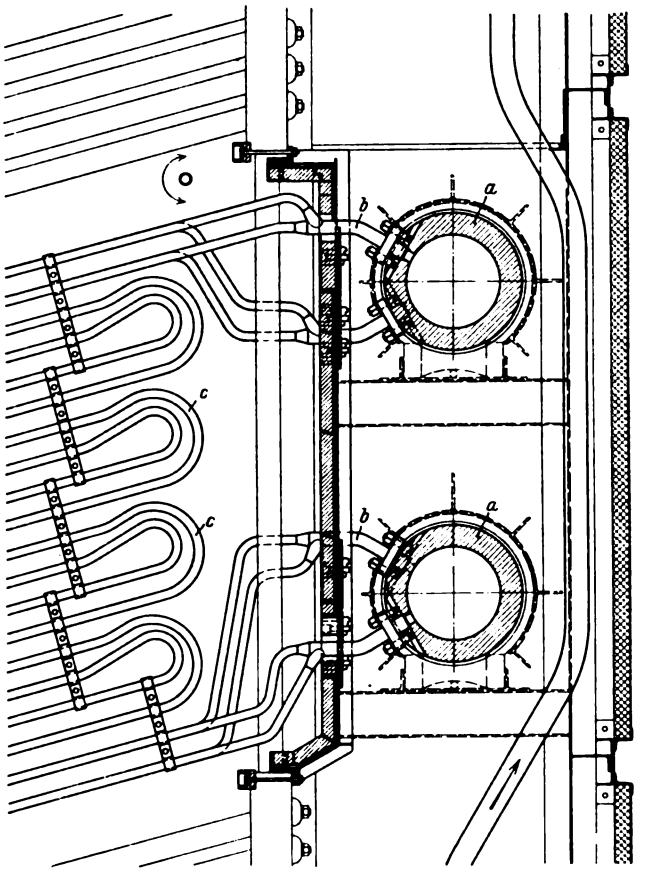
Abb. 58. Fräsen der Schraubennuten am Überhitzersammler.

Jeder Kessel besitzt zwei vollständig getrennte Saugzug- und Unterwindgebläse. Für die Unterwindgebläse werden Ventilatoren mit rückwärts gekrümmten Schaufeln, für die Abgasgebläse solche mit vorwärts gekrümmten verwendet. Sämtliche Kesselgebläse erhalten als Antrieb Asynchronmotoren mit Schleifringläufer und Widerstandsregelung. Da bei der Art der Kraftwerksbelastung die Kessel öfters mit geringer Belastung fahren müssen, ergab die Drehzahlregelung gegenüber der Drosselregelung trotz hoher Anlagekosten erhebliche Betriebskostenersparnisse. Ferner ist es möglich, die Kessel bis zu einer Belastung von 60 ... 70 t/h mit natürlichem Zug zu fahren. Alle Gebläse erhalten zu diesem Zweck Rauchgasumführung.

Trotzdem die bisher vorliegenden Erfahrungen und Messungen übereinstimmend bestätigen, daß eine Flugaschenbelästigung bei Stokerfeuerung praktisch nicht vorhanden ist, wurden Abgaskanäle in solchen Dimensionen vorgesehen, daß sie natürlichen Entstaubungskammern gleichen. Infolge der reichlichen Querschnitte können hier nur noch Gasgeschwindigkeiten von 1 ... 2 m auftreten, wobei erfahrungsgemäß eine starke Selbstreinigung der Gase von mitgeführten Teilchen eintritt. Aus baulichen Gründen fanden diese Entstaubungskammern noch im Kesselhausinneren Aufstellung.

Ausgehend von der schon weiter oben gemachten Feststellung, daß eine wirtschaftliche Abgasreinigung nur durch irgendwelche Naßverfahren möglich sein wird, wählten wir eine Schornstein-Bauweise, die auch ein Durchströmen von feuchten Rauchgasen ermöglicht. Zwei technische Bedingungen hat ein derartiger Schornstein zu erfüllen: er muß die durch Temperaturdifferenzen (Ausfall des Lufterhitzers, Störungen in der Naßentstaubung) auftretenden Beanspruchungen aushalten und sein Material darf nicht durch vorhandene Säuredämpfe zersetzt werden. Die Westwerks-Schornsteine haben dementsprechend ein äußeres Eisenbeton-Traggerüst, bestehend aus Säulen und Querringen (Abb. 14, S. 489). Jeder dritte Ring steht auf der Innenseite vor, um das eingemauerte Futter aufzunehmen. Die einzelnen Fächer der Tragkonstruktion sind nach dem Futter zu durch Prüß-Wände abgeschlossen. Zwischen der Prüß-Wand und dem Futter befindet sich eine Isolierschicht. Die Steine des Innenfutters sind säurefest und haben sehr geringe Ausdehnungskoeffizienten; auch die Fugendichtung erfolgt durch säurefestes Material. Das Gewicht eines solchen Schornsteins beträgt 1450 t gegenüber 1800 ... 2000 t für den glatten Eisenbeton-Schornstein. Die beiden Schornsteine stehen direkt auf dem Kesselhausdach, das hier eine Höhe von 46 m hat. Die Schornsteinmündung befindet sich auf der Quote von 110 m. Der lichte Durchmesser beträgt 6,35 m. Die sich in Abgaskanälen und Schornsteinen ansammelnden Rückstände gelangen in den Trichter am Schornsteinfuß, von wo sie in die allgemeine Entaschungsanlage abgeführt werden.

Die maximale Aschenmenge eines jeden Kessels bei einer Belastung von 150 t/h wird etwa 2½ ... 3 t einschl. aller sonstigen Rückstände in den Gaskanälen und Zügen betragen. Nach sehr eingehendem Studium ist ein Aschentransportsystem gewählt worden, das ohne große Wassermengen auskommt. Nach einem bestimmten Turnus werden die einzelnen Kessel entascht. An der Vorderseite des Kessels kann der Rostdurchfall und direkt unter den Brecherwalzen die ausgebrannte Schlacke abgezogen werden. Durch Regelschürzen zu beiden Seiten der Walzen (Abb. 60; eine Mengenregelung beim Aschenabzug kann auch durch Drehzahlregelung der Brecherwalzen erfolgen) lassen sich sowohl Stückgröße als auch Fördermenge während des Entaschungsvorganges ändern. An den einzelnen Abfalltrichtern sitzen Schwabach-Apparate. In diesen Apparaten erfolgt das Ablöschen und Austragen der Asche, welche dann durch Abfallschurren zu den Förderrinnen gelangt. Unter jeder Kesselreihe liegen zwei Längsrinnen, die das anfallende Material auf eine Querrinne abgeben.



a Überhitzersammler *b* Fingerstücke *c* Überhitzerschlangen

Abb. 59. Anschluß der Überhitzerschlangen.

Die Bewegung des Fördergutes erfolgt ohne Wurfbewegung nur horizontal. Am Ende der Querrinne übernimmt ein schräg nach oben laufendes Band (Abb. 63) die Weiterbeförderung des Aschenmaterials, bis es schließlich in einer Sammelgrube anfällt. Aus dieser Sammelgrube kann ein Greiferkran die Asche entnehmen und sie sowohl in Kähnen als auch in Waggons bzw. beim Fehlen beider vorübergehend in Hofbunkern stapeln. Je vier Kessel können gleichzeitig entascht werden. Mit Hilfe von fahrbaren Gurtförderern kann die anfallende Schlacke auch im Aschenkeller direkt in Eisenbahnwaggons geladen werden.

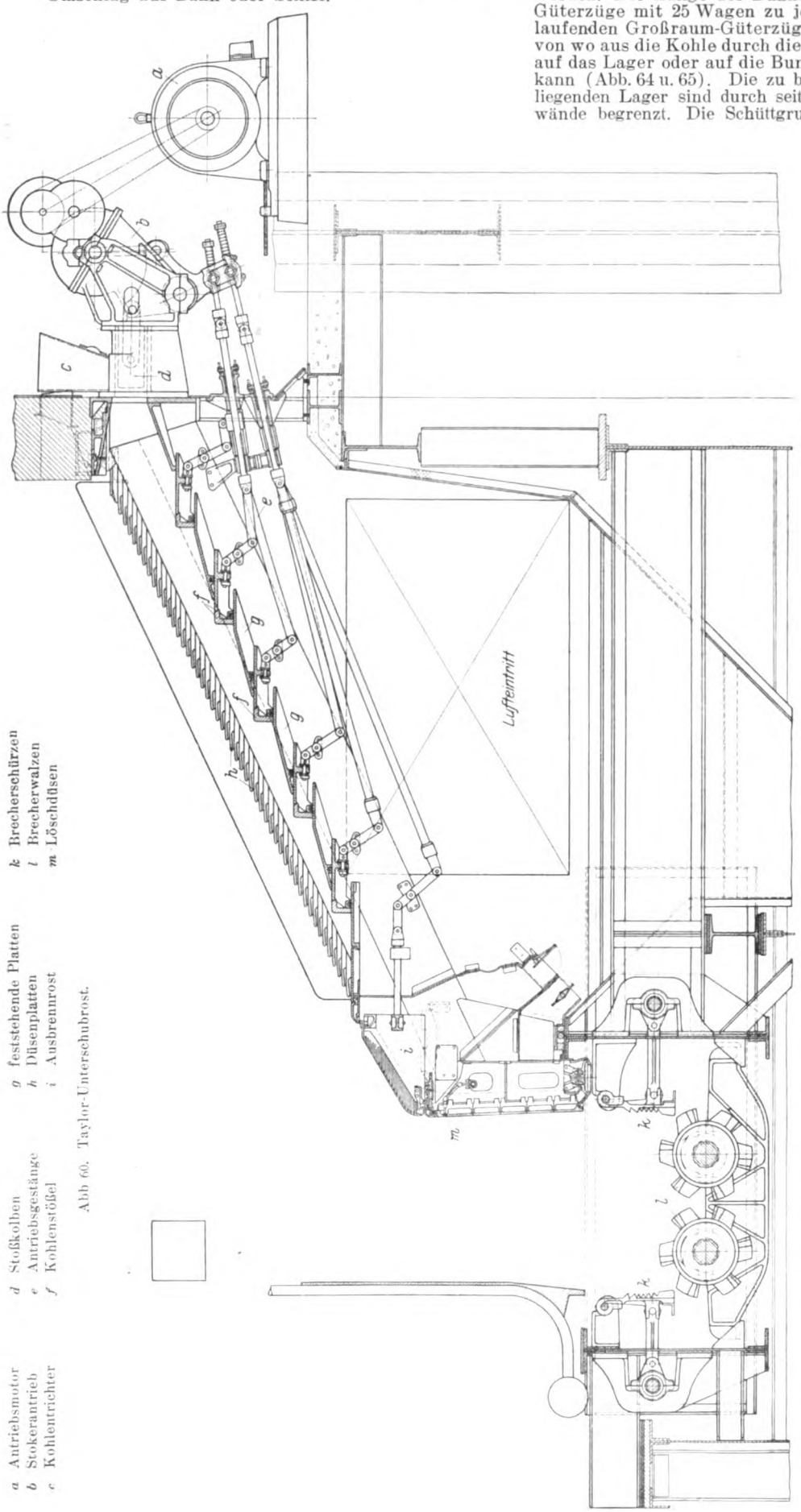
Die Bekohlungsanlage des Werkes soll drei Aufgaben erfüllen:

1. Bei Kohlenzufuhr durch Bahn: Stapelung entweder im Kohlenlager, im Kesselhaus oder Umschlag nach Kahn;
2. bei Kohlenzufuhr durch Schiffe: Stapelung im Bunker, im Kesselhaus bzw. Umschlag auf Bahn;

Digitized by Google

3. Kohlenförderung vom Lager ins Kesselhaus bzw. Umschlag auf Bahn oder Schiff.

Es können Kähne bis zu 1000 t Ladegewicht verwendet werden. Die Länge des Bunkerhauses ist für Großraum-Güterzüge mit 25 Wagen zu je 60 t vorgesehen. Die einlaufenden Großraum-Güterzüge entladen in Schüttgruben, von wo aus die Kohle durch die Greiferdrehkräne entweder auf das Lager oder auf die Bunkerbänder gebracht werden kann (Abb. 64 u. 65). Die zu beiden Seiter der Schüttgrube liegenden Lager sind durch seitliche 10 m hohe Staubschutzwände begrenzt. Die Schüttgruben werden von 2 Verladebrücken überspannt. Die Verladebrücke auf der Hafenseite übernimmt den Kohlentransport bei Schiffsladungen. Die längs der Schüttgrube laufenden Gummigurte sind in ihrer Förderrichtung umkehrbar und mit selbsttätig verfahrbaren Abwurfwagen ausgerüstet. Der Transport von Kohle ins Kesselhaus erfolgt über ein Schrägband, das unter 18° Neigung zur Höhe der Kesselhausbunker hinaufläuft. Hier überladen die Schrägbänder auf horizontale Gurtförderer mit ebenfalls verschiebbaren Abwurfwagen, die die Kesselbunker in Längsrichtung des Kesselhauses überqueren. Die Leistung der Kohlenfördermittel beträgt 2 × 125 t/h. Die Fassung eines Großraum-Güterzuges von 1500 t kann demnach in 6 h entleert werden.



a Antriebsmotor
b Stokerantrieb
c Kohlentrichter
d Stoßkolben
e Antriebsgestänge
f Kohlenstößel
g feststehende Platten
h Düsenplatten
i Ausbrennrost
k Brecherschürzen
l Brecherwalzen
m Löschdüsen

Abb. 60. Taylor-Unterschubrost.

Die Transportanlage gestattet natürlich gleichzeitig Kohle vom Lager nach dem Kesselhaus und vom Lager oder der Schüttgrube nach dem Kahn zu transportieren; außerdem ist durch Schurrenanordnung eine Förderung vom rechten Bunkerband auf das linke Schrägband und hier wieder auf das rechte Kesselhausband möglich.

Sämtliche Kohlen-Fördereinrichtungen sind so elektrisch verriegelt, daß alle Transportmittel in Richtung der Förderbewegung bereits laufen müssen, wenn beispielsweise ein Gurtförderer angelassen wird. An zwei Stellen des Förderbandes sind Magnetabscheider eingebaut. Auch der Einbau von Brechern für die Anfuhr reiner Förderkohle ist räumlich möglich.

9. **Rohrleitungsanlage.**

Die von den Kesseln kommenden Dampfmengen strömen durch eine Einzelleitung je Kessel zu einem auf dem Rohrboden des Pumpenhauses liegenden Hauptsammelstrang (Abb. 68); es können auch vorübergehend zwei Kessel hintereinander geschaltet werden. Von der gemeinsamen Sammelleitung zweigen auch die Zuströmleitungen der Turbinen ab. Bei der ge-

Digitized by Google

wählten Schaltungsart ließ sich die Hauptsammelleitung mit einem größten Durchmesser von 400 mm ausführen, was mit Rücksicht auf Flanschkonstruktionen, Material und Kompensation sehr erwünscht war. Die maximalen Dampfgeschwindigkeiten sind bei Höchstlast:

für eine Kesselanschlußleitung von 350 mm l. W. 50 m/s bei einer Belastung von 150 t/h,
für die Anschlußleitung der Turbine 35,5 m/s bei einer Belastung von 157 t/h,
für die Hauptsammelleitung bei Durchströmmenge von zwei Kesseln (nur vorübergehend anwendbar) 76 m/s.

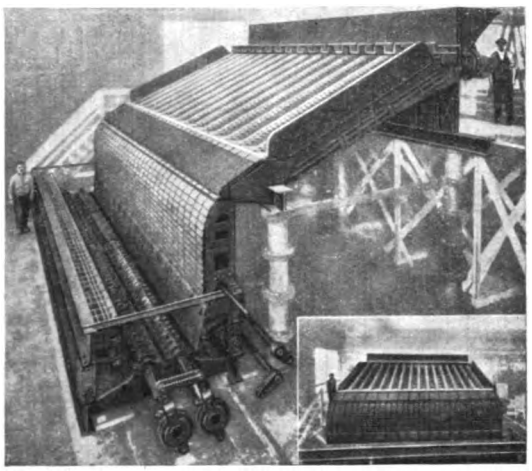
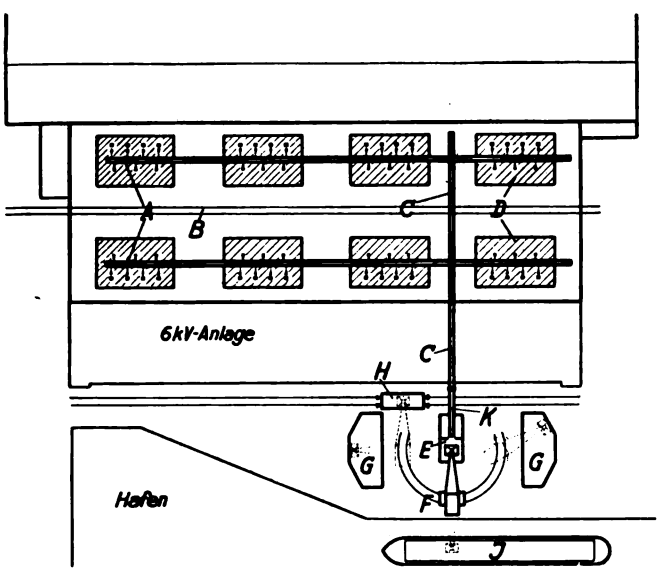


Abb. 61. Prüfstandmontage eines Taylor-Unterschubrostes.

Bei diesen niedrigen Dampfgeschwindigkeiten sind auch die Druckverluste entsprechend klein. Rechnerisch entstehen bei Normallast zwischen Kessel und nächstliegender Turbine 0,9 at, zwischen Kessel und entferntest liegender Turbine 1,2 at. Bei Maximallast sind die entsprechenden Werte 1,5 bzw. 1,9 at. Abb. 67 gibt einen Schnitt

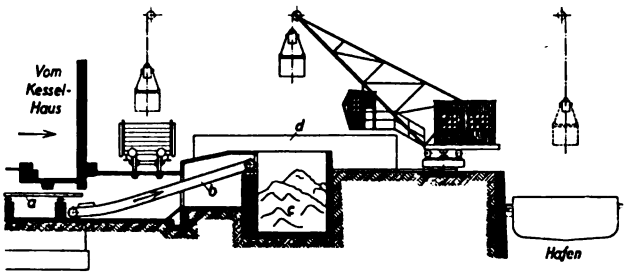


A Längsförderrinnen	F Greiferdrehkran
B Kesselhausgleis	G Aschenlager
C Querförderrinnen	H Eisenbahnwagen
D Kessel	J Aschenkahn
E Greifergrube	K Schrägband

Abb. 62. Entaschungsschema.

durch die Flanschenbauarten wieder, mit der wir seit ihrer Verwendung im Klingenberg-Werk zufriedenstellende Ergebnisse zu verzeichnen haben. Die Dampfrohrflanschen werden bei Nennweiten über 150 mm genau ausgedreht, um eine feste Passung mit dem Rohr zu erzielen. Zwei Reihen gegeneinander versetzter Gewindebolzen halten den Flansch auf dem Rohr fest, die Bolzen sind innen und außen elektrisch dicht verschweißt. Außerdem findet eine elektrische Dichtschweißung an Stirnfläche und Kragen des Flansches statt. Bei Nennweiten unter 150 mm werden die Flansche aufgewalzt und mit einer einreihigen Bolzenverschraubung gesichert.

Auf den Einbau von Wasserabscheidern im Rohrleitungsystem ist verzichtet worden. Einzelne Formstücke tragen lediglich angegossene Wassersäcke zur Abführung etwa mitgerissener Feuchtigkeitsmengen. Faltenrohre und glatte Rohrbogen dienen dem Dehnungsausgleich in der Rohrleitung.



a Förderrinne *b* Schrägband *c* Sammelgrube *d* Hofbunker

Abb. 63. Aschenförderanlage.

2 Turbo- und 4 Elektrospeisepumpen sind aufgestellt. Alle Pumpen sind einzeln an die Speisewasser-Sammelleitung angeschlossen, die in Form einer Ringrohrleitung mit Querverbindung ausgeführt ist (Abb. 69). Die Hilfsspeiseleitung ist nur an die Turbospeisepumpen ange-

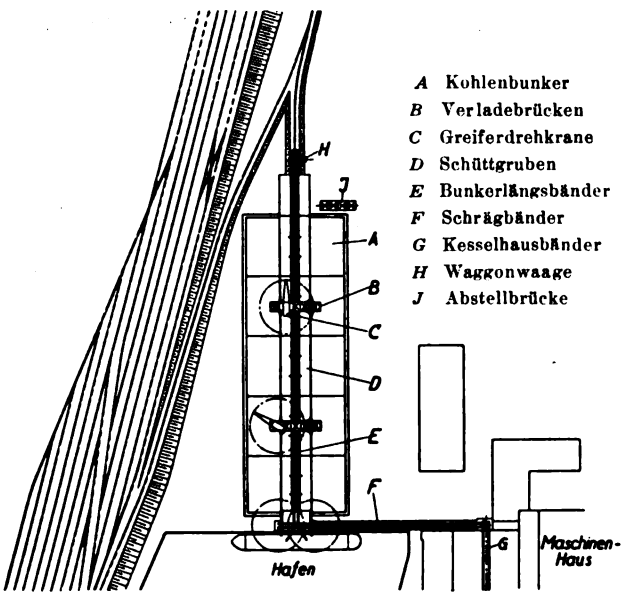


Abb. 64. Kohlenförderanlage.

schlossen, wird aber ständig vom Hauptspeisestrang unter Druck gehalten.

Der Haupt-Speiseleitungsring hat eine Rohrweite von 250 mm. Im normalen Betriebszustand, d. h. bei Speisung von 2 Kesseln, also 300 t/h Wasserförderung, entstehen in

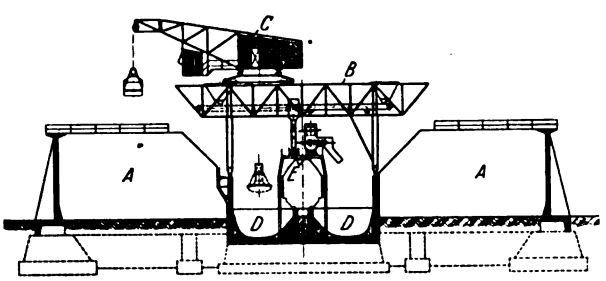


Abb. 65. Querschnitt durch das Kohlenbunkerhaus.
(Bedeutung der Buchstaben wie in Abb. 64.)

den einzelnen Rohrabschnitten Geschwindigkeiten von 1,85 m/s. Der Dimensionierung der Rohrleitung wurde ein Druck von 45 atü zugrunde gelegt. Wie die Abb. 68 ... 70 zeigen, ist reichlich Gebrauch von elektrisch angetriebenen Schiebern gemacht worden, die zur Erhöhung der Betriebs-

Digitized by Google

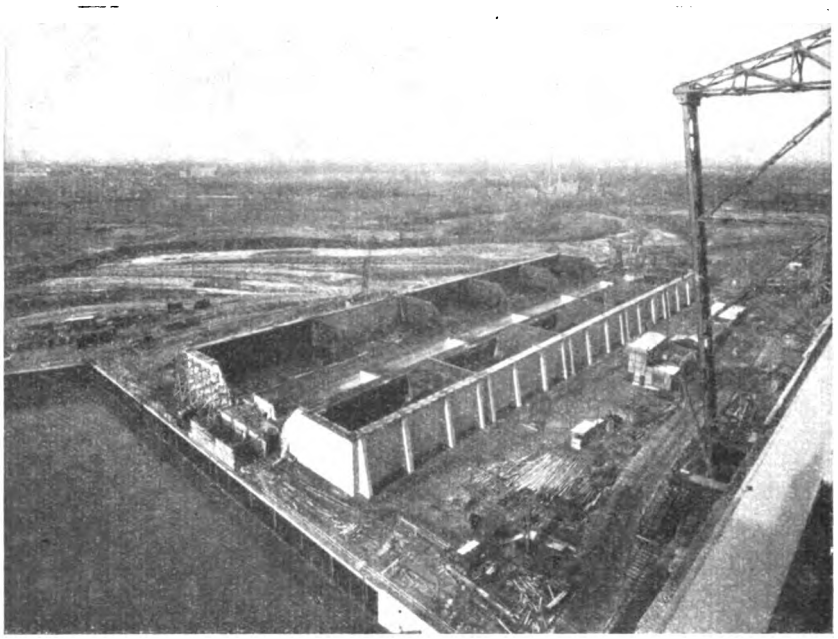


Abb. 66. Kohlenbunkerhaus im Bau.

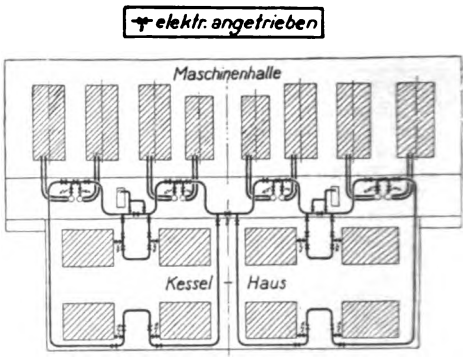


Abb. 68. Dampfleitungs-Schema.

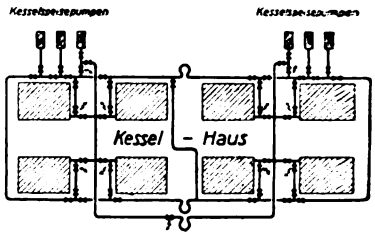
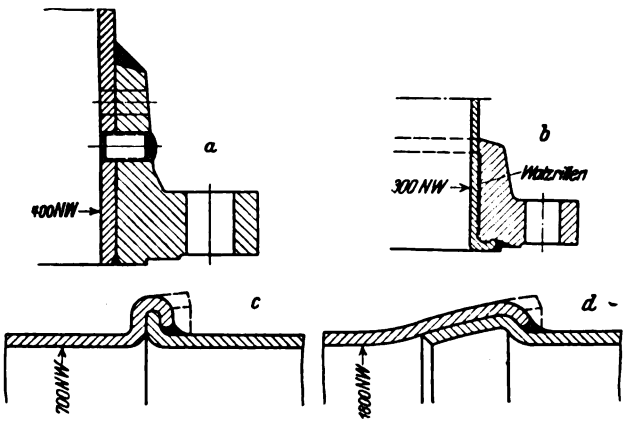


Abb. 69. Speisewasser-Druckleitungs-Schema.

sicherheit und vereinfachten Bedienung in den letzten Jahren ein immer größeres Anwendungsgebiet gefunden haben. Im übrigen ist der Auswahl der Armaturen für alle Hochdruckleitungen besondere Sorgfalt zugewendet worden. Als Absperrschieber der Hochdruckdampfleitungen sind Stahlgußschieber mit parallelen Dichtflächen, kurzer Schließzeit und mechanischer Anpressung der Dichtplatten gewählt worden. 2 Schnittzeichnungen der verwendeten Armaturen sind in den Abb. 71 ... 74 wieder-



a Hochdruck-Dampfleitung
b Speisewasser-Druckleitung
c Strahlwasserleitung
d Kühlwasserleitung

Abb. 67. Verwendete Rohrleitungsverbindungen.

gegeben. Für die Speisewasser-Druckleitungen sind besonders stark gebaute Stahlgußschieber mit Keilabschluß und Säulenaufsatz verwendet worden. Bei Schiebern über 150 mm l. W. wurden innere Entlastungen den besonderen äußeren Umführungen vorgezogen. Für alle Armaturen hat die BEWAG im übrigen besondere konstruktive Richtlinien herausgegeben.

Die gesamte Rohrleitungsanlage ist nach DI-Normen bemessen worden. Aus den zur Verfügung stehenden Druckstufen sind die Nenndrücke 10, 16 und 64 ausgewählt. Auch die zu verwendenden Nennweiten sind seit einigen Jahren bei allen Bauten der BEWAG vorgeschrieben.

10. Werkstoffe, Materialüberwachung und Abnahme.

In Zahlentafel 4 ist eine Zusammenstellung der Werkstoffe für die wichtigsten Bauteile enthalten. Bei der Wahl der Werkstoffe haben wir uns von der Ansicht

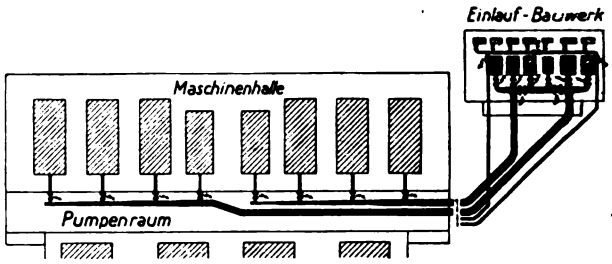


Abb. 70. Kühlwasserleitungs-Schema.

Zahlentafel 4. Werkstoffe der wichtigsten Bauteile.

Bauteil	Material	Zugfestigkeit bei Raumtemp. kg/mm²	Dehnung bei $l = 5d$ %
Kessel			
Obertrommel u. Dampfsammler mit Böden, Schlammsammler	Flußstahl I	35...44	22...27
Überhitzer-Sammelrohre Wasserwandsammler	Flußstahl III	44...53	18...22
Teilkammern	Flußstahl II	41...50	20...24
	Flußstahl III	44...53	18...22
Siederohre	Flußstahl I	35...44	22...27
	Sonder- { JZ I	3 ...44	22...27
	material { JZ II	41...50	20...24
Überhitzer-Rohrschlangen	½ JZ III	44...53	22
	¼ Röhrenstahl III	44...53	22
	¼ TH 31	45...55	18
	¼ TH 30	38...45	20
Schrauben	Krupp EFD 70	110	10...12
Turbinen			
HD.- u. ND.-Welle bei Haupt- u. Hausturbine	SM-Sonderstahl	60...70	20
Turbinengehäuse	Stahlguß	45	20
	Heißdampfgußeisen	—	Brinellhärte 175
Schaufeln und Deckbänder	5% Ni-Stahl	55...70	20
	V 5 M-Stahl	60...72	(bei $l = 10\,f$) 22
Rohrleitungen			
Hochdruckdampf- u. Speisewasser-Druckleitungen	Flußstahl	42...50	24
Flanschen	Flußstahl	50...60	22
Formstücke u. Schiebergehäuse	Elektro- u. Bessemer-Stahlguß	45	25
Schrauben	3 % Ni-Stahl	50...60	21...23
Kühl- u. Strahlwasserleitungen	Flußstahl mit 0,25—0,35% Cu	34...42	25
Schiebergehäuse	Gußeisen		-

Digitized by Google

leiten lassen, daß ein Material mit hoher Streckgrenze bei Betriebstemperatur die notwendig größte Sicherheit mit geringsten Wandstärken vereinigt. Anderseits ist leider die Kostenfrage bei der Materialauswahl immer noch von großem Einfluß. Die Rohrleitungs-Wand-

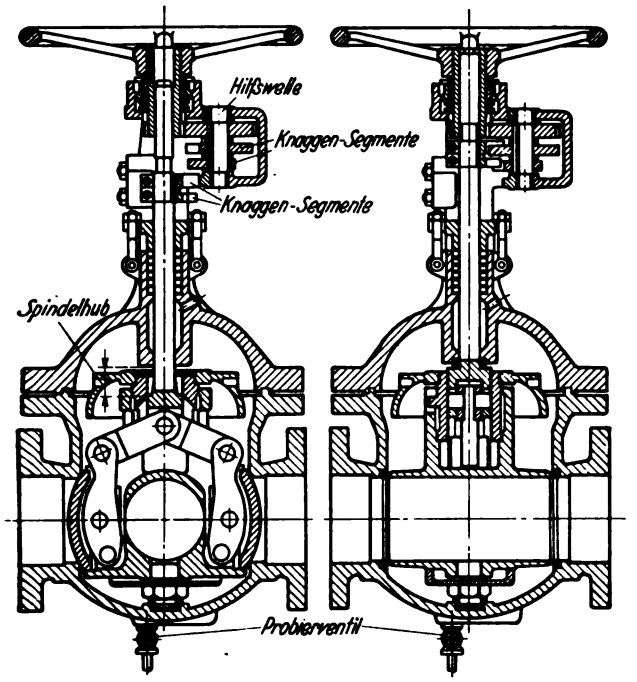


Abb. 71 u. 72. Borsig-Schnellschließventil.

stärken sind unter Zugrundelegung einer 2,35fachen Sicherheit gegenüber der Streckgrenze bei 425 ° ermittelt. Bei den Speisewasser-Druckleitungen, die mit Betriebstemperaturen von 150 ° arbeiten, schrieben wir Wandstärken gemäß DI-Normen mit einer 5,6fachen Mindestsicher-

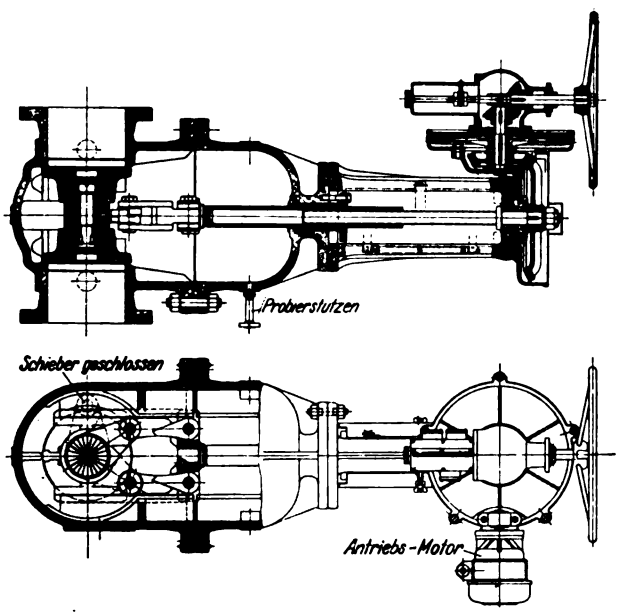


Abb. 73 u. 74. Fischbach Schieber mit elektrischem Antrieb.

heit gegen Bruch vor. Für Formstücke und Armaturen ließen wir die Verwendung von Elektro- oder Bessemer-Stahlguß frei. Die Stahlgußmaterialien sollen aber eine Mindestfestigkeit von 45 kg/mm² bei Raumtemperatur und 25 % Dehnung (15 °, Meßlänge 5 d) haben.

Für die Wahl und Abnahme der Materialien waren außer den gesetzlichen Vorschriften die Richtlinien der Vereinigung der Großkesselbesitzer, Ausgabe 1928, maßgebend. Mit der Abnahme der Materialien wurde ein amtlicher Sachverständiger am Herstellungsort (Ruhrgebiet, Oberschlesien und Berlin) beauftragt. Um eine reibungslose Abnahme zu sichern, ist zwischen Besteller, Lieferer und Materialabnehmer eine Einigung über die Auslegung der Vorschriften herbeigeführt worden. Z. T. gehen die Vorschriften der BEWAG über die Richtlinien der V. G. B. hinaus. Wo die Verwendung von Sonder- oder

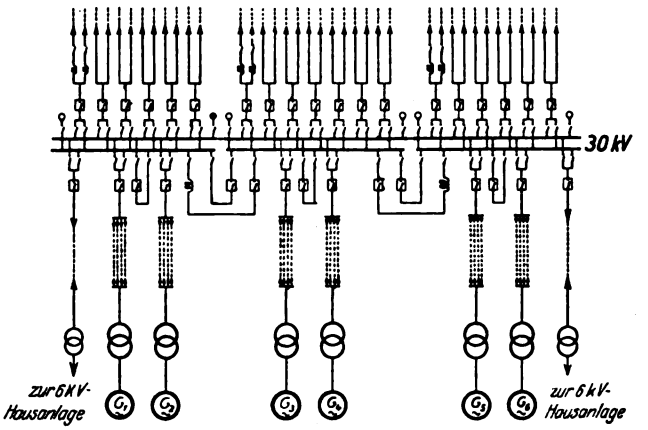


Abb. 75. Einphasiges Schaltbild der 30 kV-Anlage.

legierten Stählen erfahrungsgemäß erhebliche Vorteile in bezug auf Lebensdauer und Betriebsicherheit bot, sind sie vorgesehen worden (unterste Siederohrreihe, Überhitzerschlangen usw.).

11. Elektrische Anlage.

Die 30 kV-Anlage ist entsprechend dem in Abb. 75 dargestellten einphasigen Schaltbild in drei Gruppen unterteilt, die über Ölschalter und Drosselspulen miteinander

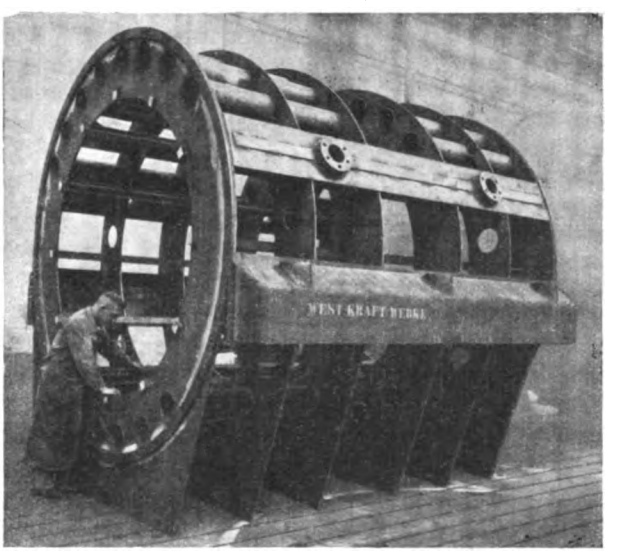


Abb. 76. Geschweißtes Statorgehäuse des Hauptgenerators. (Werkstattbild.)

verbunden werden können. Auf jede Hauptgruppe arbeiten zwei Hauptmaschinen bzw. zusätzlich eine Hausturbine.

Die Hauptgeneratoren erzeugen Drehstrom von 10 500 V und 50 Hz. Die Generatoren sind mit den Erregermaschinen für 220 V starr gekuppelt. Das Statorgehäuse ist bis auf die Seitenschilder voll geschweißt. Die Statorwicklung ist als Bügelwicklung ausgeführt mit einem Stab je Nut. Die Teilleiter der Stäbe sind verdrillt. Der größte plötzliche Kurzschlußstrom bei ein- bzw. dreiphasigem Kurzschluß beträgt etwa das 14fache, der Dauerkurzschlußstrom etwa das 3,1fache der Nennstromamplitude. Wie bei allen Turbosätzen der BEWAG sind auch hier BBC-Spannungs-Schnellregler vorhanden. Außerdem sind die Maschinen mit Überstromreglern aus-

Digitized by Google

gerüstet, die den Dauerkurzschlußstrom auf den 1,2fachen Wert des Normalstroms begrenzen. Die Kühlung der Generatoren erfolgt im Umlaufverfahren (Abb. 30, S. 493). Durch festeingebaute Thermoelemente an einzelnen Stellen des Stators lassen sich die Generatortemperaturen überwachen.

Da die Transformatorenanlage direkt an das Maschinenhaus angebaut ist, war es möglich, jeden Stromerzeuger durch blanke Kupferschienen, die in begehbaren Kanälen unter Maschinenhausflur Quote 8,0 verlegt sind, mit seinem zugehörigen Transformator zu verbinden (Abb. 78). In den Haupttransformatoren wird die Spannung von 10 500 auf 31 900/30 000 V übersetzt. Jeder Transformator hat eine Leistung von 37 500 kVA und ist in Dreieck-Stern geschaltet. Bei Vollast betragen die Wicklungsverluste rd. 220 kW, die Leerlaufverluste erreichen rd. 70 kW. Die Kurzschlußspannung ist 10 %. Das Gewicht eines Transformators mit Ölfüllung beträgt rd. 62 t. Preßluftkühler (Betz-Propeller-Gebläse) dienen zur Ölkühlung. Die Hausgeneratoren erzeugen Drehstrom von 6300 V. Außerdem ist die Eigenstromversorgung durch 2 Haustransformatoren mit einer Leistung von je 12 500 kVA möglich. Ihr Übersetzungsverhältnis ist 30 600/30 000/29 400/6300 V. Die Wicklung ist Stern/Stern-verkehrt geschaltet; eine 30prozentige Tertiärwicklung ist vorhanden. Die Kurzschlußspannung beträgt 7,5 %. Bei solcher Auslegung gleichen die Haustransformatoren den Umspannwerk-Transformatoren im übrigen BEWAG-Netz, so daß die Ersatzbeschaffung leicht möglich ist. Ein Haustransformator mit Ölfüllung wiegt rd. 35 t.

Alle Transformatoren sind mit ihren 30 kV-Ölschaltern durch Einphasenkabel verbunden. In der baulichen Anordnung folgen sich Maschinenhaus, Transformatorenhaus, Warte, 30 kV-Gebäude. Die Einteilung der Felder und die Instrumentenanordnung auf den einzelnen Tafeln

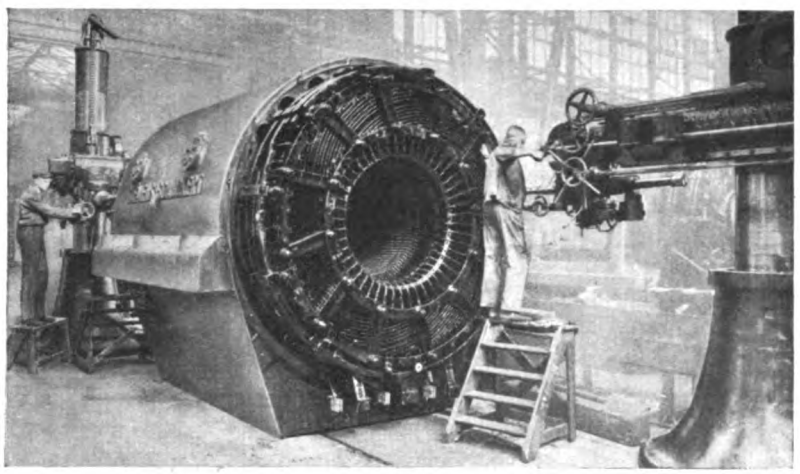


Abb 77. Werkstattbild eines Hauptgenerators.

der Warte ist aus Abb. 79 ersichtlich. Nach dem 30 kV-Haus zu sind in leichter Kurve die Schaltpulte und dahinter die Schalttafeln mit den zugehörigen Meßgeräten für die 30- und 6 kV-Erzeugung angeordnet. In einer dritten Reihe stehen die Tafeln mit den Registrierinstrumenten und Zählern. Die beiden Seitenflügel des Raumes enthalten die Tafeln für die 30 kV-Kabelabzweige, die 220- und 24 V-Gleichstromanlage. Nach dem Maschinenhaus zu stehen die Tafeln für die 6 kV-Eigenbedarfsverteilung. Mit besonderer Sorgfalt ist das Signalisierungssystem durchgebildet worden (Abb. 80 ... 82). Die Stellung jedes Öl- und Trennschalters wird durch eine „Ein- und Aus"-Lampe angezeigt. Für die Ölschalter sind die Lampenfarben rot und grün. Die Trennschalterstellungen werden nur mit weißem Licht und durch verschiedene Lampengrößen gekennzeichnet. Alle diese Signallampen können von einer zentralen Stelle aus geschaltet werden.

Beim Ausfall eines Ölschalters leuchtet eine Störungslampe (Abb. 80) auf, ein Fallklappenrelais (*l*) betätigt eine Hupe. Gleichzeitig wird der Bedienungsmann zusätzlich über die Lage der Störung dadurch orientiert, daß

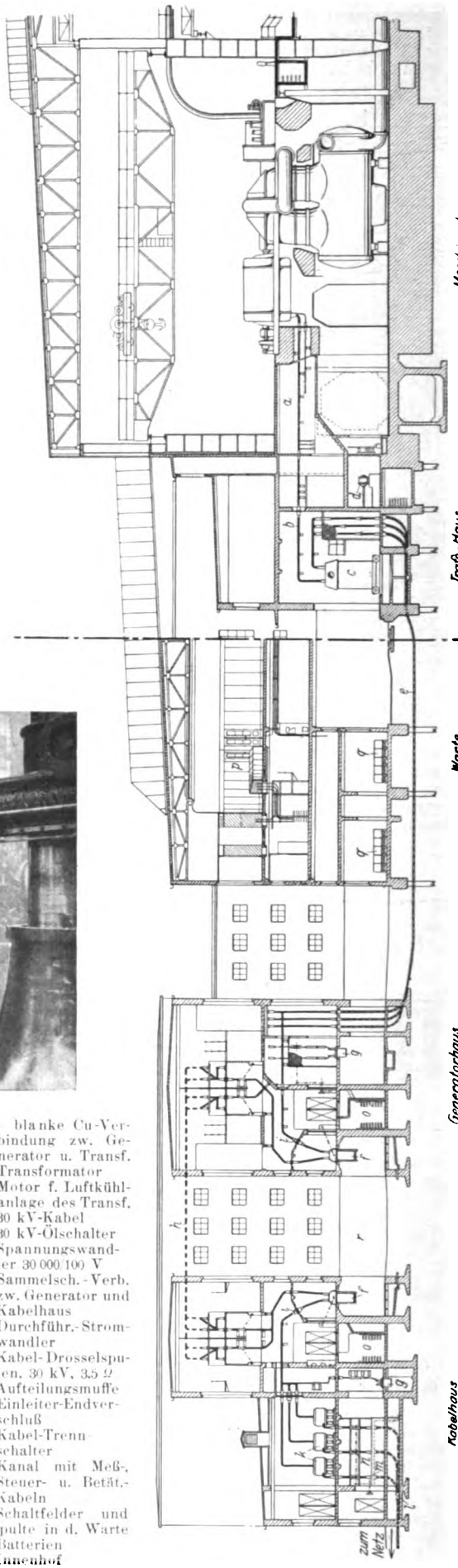


Abb. 78. Stromführung zwischen Generatoren und 30 kV-Schalthaus.

a, b blanke Cu-Verbindung zw. Generator u. Transf.
c Transformator
d Motor f. Luftkühlanlage des Transf.
e 30 kV-Kabel
f 30 kV-Ölschalter
g Spannungswandler 30 000/100 V
h Sammelsch.-Verb. zw. Generator und Kabelhaus
i Durchführ.-Stromwandler
k Kabel-Drosselspulen, 30 kV, 3,5 Ω
l Aufteilungsmuffe
m Einleiter-Endverschluß
n Kabel-Trennschalter
o Kanal mit Meß-, Steuer- u. Betät.-Kabeln
p Schaltfelder und -pulte in d. Warte
q Batterien
r Innenhof

Digitized by Google

ein Lichtstreifen auf dem Mittelfeld erscheint. Nachdem somit die Störung kenntlich gemacht ist, können Hupe und Lichtstreifen durch Druckknöpfe abgestellt werden, die Störungslampe bleibt jedoch weiter brennen und erlischt erst nach Betätigung der Fallklappe durch Hand.

Die Betätigungs-Sammelschienen für 220 V und die Signalisierungschienen für 24 V werden durch besondere Relais überwacht. Auch hier erscheint beim Spannungsausfall auf dem Mittelfeld der gestörten Gruppe ein Lichtstreifen, zusätzlich spricht eine Hupe mit anderer Tonhöhe als die vorhin geschilderte an.

Die 30 kV-Schaltanlage besteht aus 2 mit Verbindungsgängen versehenen Einzelgebäuden (Abb. 78).

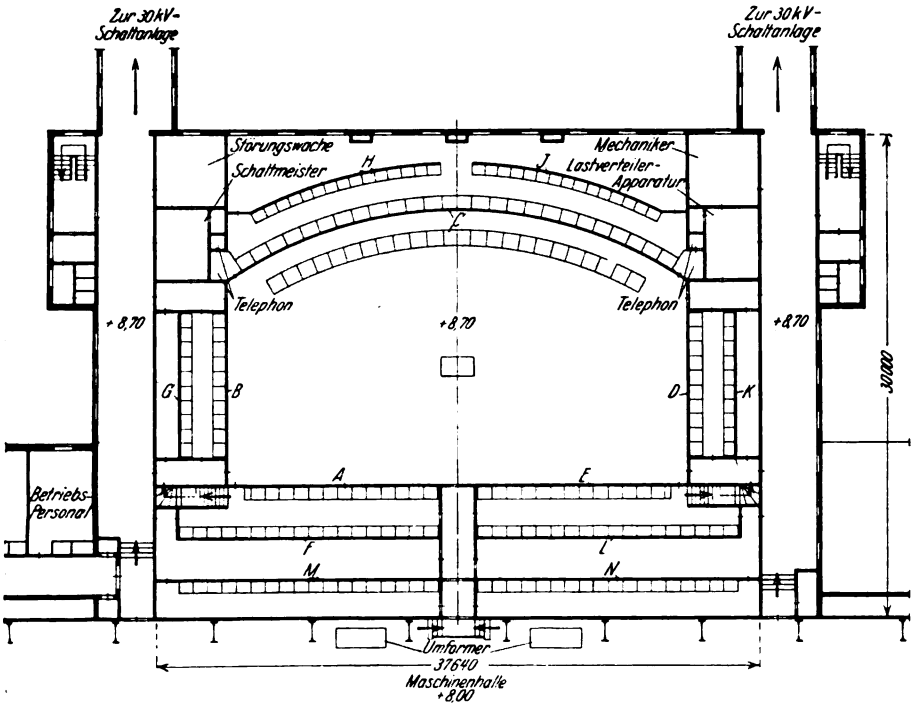
Auch in der architektonischen Gestaltung ist durch Ausbildung der Treppenhäuser die Dreigliederung der Gesamtanlage wirksam ausgeprägt (Abb. 85). Der eine Gebäudeteil nimmt die von den Generatoren kommende Energie auf; in dem sog. Kabelhaus wird die Verbindung mit dem allgemeinen 30 kV-Netz Berlins hergestellt. Durch die Auflösung in zwei Gebäudehälften war eine Schalteranordnung dergestalt möglich, daß sämtliche Ölschalterkessel an den Außenwänden der Häuser sitzen und bei Störungen in den Innenhof auspuffen können.

Das Generatorhaus hat zwei Stockwerke. Das Erdgeschoß enthält die Qualmkammern für Ölschalter *f* und Spannungswandler *i* sowie einen Kabelkanal *o* für Meß-, Signal- und Steuerleitungen. Neben dem Kabelkanal ist noch ein Warmluftkanal für Heizzwecke vorgesehen; zunächst ist eine Heizung des Gebäudes nicht beabsichtigt. Der erste Stock ist vollständig mit Ölschaltern, Spannungswandlern und Kabelendverschluß-Zellen besetzt. Zwischen den ersten beiden Zellenarten läuft der Ölschalter-Bedienungsgang. Das oberste Stockwerk enthält die Doppelsammelschiene mit den Sammelschienen-Trennschaltern. Das Kabelhaus ist das ungefähre Spiegelbild des Generatorflügels, nur stehen hier in Höhe des Ölschalter-Bedienungsganges die 30 kV-Drosselspulen *k* für die abgehenden Kabel, deren Trennschalter *n* und Endverschlüsse *m* im Erdgeschoß sitzen.

Sämtliche Ölschalter- und Sammelschienen-Trennschalter der 30 kV-Anlage sind durch Druckluft betätigt, deren Ventilsteuerung elektrisch von der Warte aus erfolgt. Eine Handbetätigung an der Einbaustelle selbst ist möglich. Kabeltrennschalter und Trennschalter der Spannungswandler werden nur durch Hand betätigt. Jedes Ölschalterfeld ist für Anschluß von zwei Kabeln bemessen. Jeder Kabelabzweig hat Drosselspulen. Die ganze Anlage ist mit Material nach Reihe 30 der R.E.H./1928 ausgebaut; auch das verwendete Porzellan entspricht den Normen. Die Stützer haben eine Umbruchfestigkeit von 750 kg.

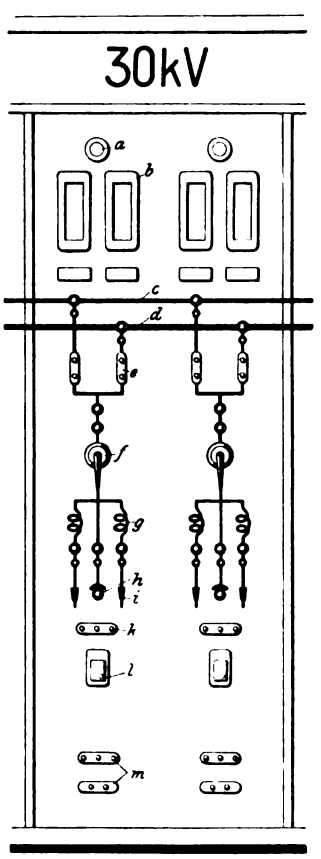
12. Eigenversorgung.

Stellt man die Anschlußwerte der Licht- und Kraftverbraucher in den verschiedenen Gebäuden eines neuzeitlichen Großkraftwerkes zusammen, so läßt sich konstatieren, daß sie im einzelnen Größenordnungen erreichen, die der Strombelastung von Städten mit rd. 100 000 Einwohnern entspricht. In Abb. 83 sind als Versorgungsquellen 2 Hausturbinen mit je 12 000 kW und 2 Haustransformatoren mit je 12 500 kVA angeführt (s. a. Abb. 84). Naturgemäß wird die Leistung dieser Versorgungsquellen nicht gleichzeitig ausgenutzt. Es ist eine Reserve von 100 % darin enthalten; außerdem ist für die Auslegung der Hausturbinen der Wärmebedarf der Speisewasser-Aufbereitungsanlage mitbestimmend gewesen. Das Kesselhaus hat einen Anschlußwert von 5800 kW. Im Kraftbedarf an zweiter Stelle steht dann das zentrale Einlaufbauwerk mit rd. 3000 kW, das praktisch zur Eigenbedarfsleistung des Maschinenhauses zu



A	Schalttafel	für	6 kV-Verteilung
B	„	„	30 kV-Kabelabzweige
C	„	„	30- u. 6 kV-Erzeugung
	Schaltpult	„	30- „ 6 kV- „
D	Schalttafel	„	30 kV-Kabelabzweige
E	„	„	110- oder 220 kV-Anlage
F	„	„	220 V Gleichstrom
G	„	„	24 V „
H	„	„	reg. Instrumente nd Zähler
J	„	wie	*h*
K	„	für	Reserve
L	„	„	110- oder 220 kV-lage
M	„	„	220 V Gleichstrom
N	„	„	110- oder 220 kV-Anlage

Abb. 79. Einteilung der Warte.



a Störungslampe
b Amperemeter
c Hilfsammelschiene
d Gruppen-Sammelschiene
e Trennschalterbetätigung
f Ölschalterbetätigung
g Drosselspule
h Spannungswandler
i Kabelendverschluß
k Synchronisierstecker
l Fallklappe
m Prüfstecker

Abb. 80.
Tafel für Kabelabzweig.

Digitized by Google

rechnen ist. Verhältnismäßig hoch ist der Lichtstrom-Anschlußwert der Kraftwerksgebäude in Höhe von 250 kW. In Verbindung mit dem einphasigen Schaltbild

a Amperemeter für Generator
b Blindlastanzeiger
c Wirklastanzeiger
d Amperemeter für Erregung
e Generatorspannung
f Erregerspannung
g Störungslampe
h Spannungsschnellregler
i Überstromregler
k Prüfstecker
l 3. Sammelschiene, für Erweiterung vorgesehen
m Hilfsammelschiene
n Gruppensammelschiene
o Trennschalterbetätigung
p Kommandoanlage
q Signaltableau
r Ölschalterbetätigung
s Transformator
t Generator
u Drehzahlregelung
v Notdruckknopf
w Synchronisierstecker
x Nebenschlußregler
y Umschalter für Spannungsregler
z Einstellwiderstand für h

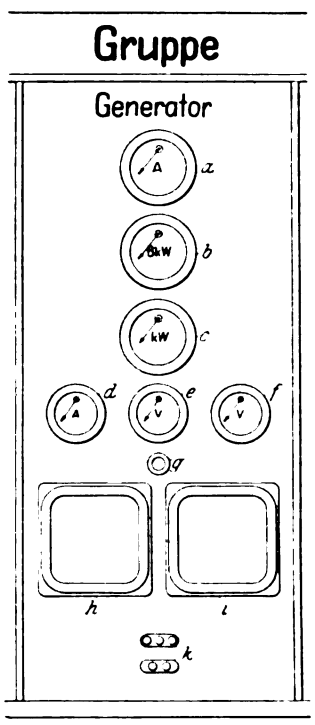


Abb. 81. Generatortafel.

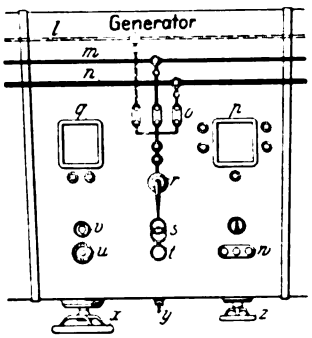


Abb. 82. Generatorpult.

der Abb. 84 wird diese Darstellung der Anschlußwerte leichter verständlich.

Die zulässigen Schaltungsarten, die sich durch drei Trennstellen der 6 kV-Sammelschiene herstellen lassen, sind:

1. 2 Hausturbinen parallel,
2. 2 Haustransformatoren parallel,
3. 2 Hausturbinen + 1 Haustransformator parallel,
4. 1 Haustransformator mit Speisung aus dem Netz parallel.

Diesen Kombinationen ist sowohl die Abschaltleistung der Ölschalter als auch die Verteilung bzw. Unterteilung der einzelnen Verbrauchsstellen angepaßt worden. Die 6000 V-Sammelschiene wird normal in zwei getrennten Teilen gefahren, von denen der eine durch die Hausturbine, der andere über die Haustransformatoren vom 30 000 V-Netz gespeist wird. Entsprechend dem Grad der Versorgungsicherheit, den man den beiden Versorgungsarten zugemessen hat, liegen die wichtigsten Verbraucherstellen des Werkes auf der Hausturbinenseite und die sog. unwichtigen Antriebsorgane an dem durch Transformatoren gespeisten Sammelschienensystem.

In der Eigenbedarfsversorgung ist der Hauptgesichtspunkt gewahrt worden, alle durch Spannungsschwankungen bzw. Spannungsausfall möglichen Störungen auf die kürzeste Zeit zu beschränken. Man mußte also danach streben, die bestehende Betriebschaltung des Eigenbedarfsnetzes bei Störungen in der Stromversorgung zu erhalten. Arbeiten beispielsweise eine Hausturbine und ein Haustransformator auf getrennte 6 kV-Sammelschienenabschnitte und tritt eine Störung bei der Hausturbine auf, so ist es durch Einlegen des Sammelschienen-Kuppelschaltermöglich, vom Netz aus alle durch die Hausturbine versorgten Motoren wieder anlaufen zu lassen.

Durchweg sind Drehstromantriebe vorgesehen, so daß generell Kurzschlußankermotoren Verwendung finden konnten. Auf Nullspannungsauslösung ist prinzipiell verzichtet. Abweichend hiervon sind die Unterwind- und Saugzugventilatoren jedes Kessels durch Drehstrommotoren mit Schleifringläufern angetrieben. Die Drehzahlregelung bis auf 30 % der Nenndrehzahl erfolgt durch Rotorwiderstände. Das Nullspannungsrelais dieser Motoren ist so geschaltet, daß beim Ansprechen desselben der Regelwiderstand mit größerer Geschwindigkeit als beim normalen Regelvorgang auf kleinste Drehzahl hinunter regelt, ohne den Ölschalter zum Auslösen zu bringen. Beim Wiederkehren der Spannung läuft der Motor sofort mit seiner niedrigsten Drehzahl an. Die Ölschaltersteuerung und die Regelung selbst erfolgen von den einzelnen Kesselpulten aus.

Bei Leistungen über 100 kW sind 6000 V-Motoren verwendet worden. Sonst ist die Eigenbedarfsversorgung generell auf 380 V abgestellt. Gleichstrom dient nur zur Notbeleuchtung, Betätigung und Signalisierung. Um die Eigenbedarfsanlage selbst von kleinen Abzweigen zu befreien, sind an den großen Verbrauchstellen, besonders Kesselhaus und Einlaufbauwerk, gußgekapselte 6 kV-Unterverteilungen geschaffen worden, die mit den Sammelschienen des 6 kV-Hauses über Drosselspulen von 0,5 Ω induktivem Widerstand verbunden sind. Hierdurch ist es möglich geworden, die Ölschalterbetätigung im Einlaufbauwerk ohne Fernantrieb durchzuführen und außerdem für die gußgekapselten Anlagen Ölschalter ohne Löschkammern zu verwenden. Als weiterer Vorteil ist noch eine günstigere Bemessung der kurzschlußfesten Stromwandler in diesen Anlagen zu verzeichnen. Sämtliche Ölschalter der offenen 6 kV-Anlage (mit Ausnahme der Motoren der Speisewasserpumpen) werden von der Warte aus gesteuert.

Auch der Antrieb der Unterschubroste mußte für eine weitgehende Regelfähigkeit bei konstantem Drehmoment ausgelegt werden. Die Wahl fiel auf Leonard-Sätze, die in einem Bereich von 1 : 14 regelfähig sind. Die Schlackenbrecher werden durch polumschaltbare Motoren mit 3 Drehzahlen angetrieben.

Eine besonders hohe Leistung von je 950 kW haben die Kurzschlußankermotoren der Speisepumpen. Sie werden direkt von der Sammelschiene des 6 kV-Hauses gespeist. Vorsorge ist für den Einbau von Stern-Dreieck-Schaltern getroffen, falls die direkte Einschaltung dieser Motoren Schwierigkeiten machen sollte.

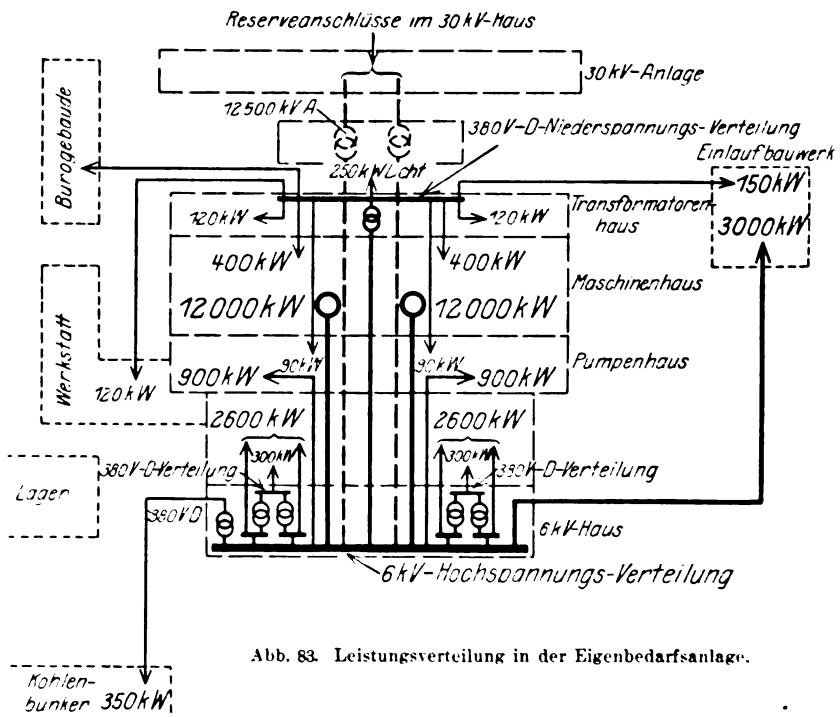


Abb. 83. Leistungsverteilung in der Eigenbedarfsanlage.

Digitized by Google

13. Anlagekosten.

Alle Erwägungen über die technische Ausgestaltung dieses Werkes nahmen immer Rücksicht auf den Gedanken, daß es sich um ein Werk mit relativ schlechtem Belastungsfaktor handelt, bei dem der Kapitaldienst verstärkt als Gestehungskostenanteil ins Gewicht fällt. Die Anlagekosten ließen sich aber dank dieser grundsätzlichen Einstellung erfreulicherweise soweit senken, daß nachstehende spezifische Sätze nicht überschritten werden. Bezogen auf die installierte Maschinenleistung des Werkes ergibt der Kostenvoranschlag folgende Zahlen:

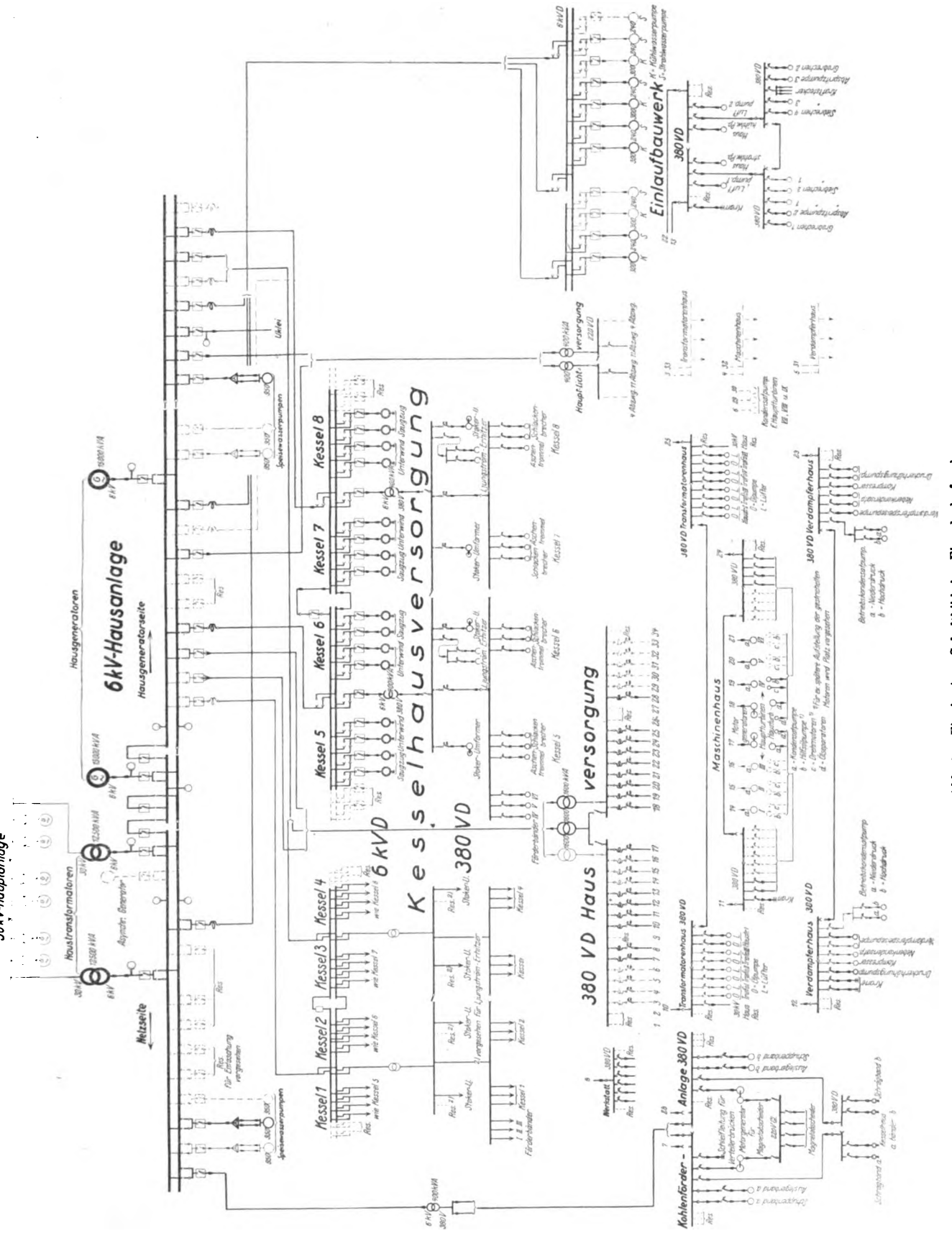


Abb. 84. Einphasiges Schaltbild der Eigenbedarfsanlage.

Digitized by Google

1.	Kraftwerk	234 RM/kW
2.	Aufspannwerk	39 „ „
3.	Gesamtbau	273 RM/kW

Von diesen 273 RM/kW entfallen auf die einzelnen Kraftwerksteile nachstehende Prozentsätze:

1.	Kesselhaus	26,5 %
2.	Maschinenhaus	20,7 „
3.	Rohrleitung u. Isolierung	4,5 „
4.	Speise- u. Kühlwasseraufbereitung	6,0 „
5.	Kohlentransport	3,4 „
6.	Elektrische Eigenbedarfsanlage	8,0 „
7.	Aufspannwerk u. 30 kV-Schaltanlage	13,0 „
8.	Grundstück, Lager, Werkstatt und Bürogebäude, Krane, Aufzüge, Gleise und Hafenanlage, Zivilingenieur, Bauzinsen, Bauüberwachung und Verschiedenes (für Pos. 1 ... 7)	17,9 „
	Summe	100,0 %

Mit den ersten Bodenarbeiten ist im April 1929 begonnen worden. Der Fortschritt der Bauarbeiten läßt keinen Zweifel darüber eintreten, daß eine Leistung von 100 000 kW im Herbst 1930 betriebsbereit eingesetzt werden kann.

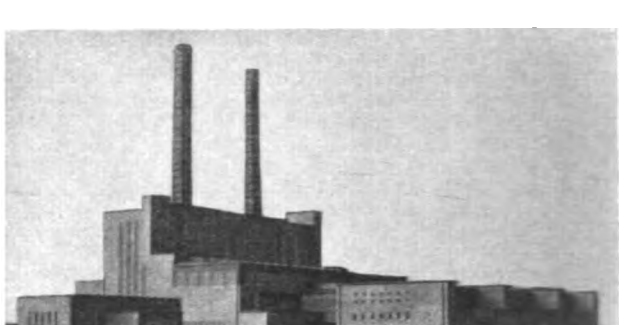


Abb. 85. Kraftwerk West, Straßenseite.

Kabelkasten oder Schaltschrank?

Für Niederspannungs-Verteilungsnetze werden seit mehr als 30 Jahren im Erdboden eingebaute Kabelkästen verwendet, die durch Gummidichtung oder mittels Taucherglocke gegen eindringende Feuchtigkeit abgedichtet sind. Die einzelnen Kabelstrecken sind durch Schmelzstreifen abgesichert. Obgleich viele Tausende dieser Kästen lange Zeit ohne Störung im Gebrauch sind, werden neuerdings oft oberirdisch aufzustellende Kabelschaltschränke empfohlen, bei denen die Bedienung bequemer sein soll, jedoch die vielen anderen Nachteile verschwiegen werden.

Zunächst spielt die Platzfrage eine große Rolle. Nimmt man einen Grundflächenbedarf von 0,3 m² an und berücksichtigt man ferner, daß die Schränke unweit der Straßenkreuzungen auf dem Fußwege aufgestellt werden müssen, so ergibt sich die große Schwierigkeit der Wahl des Aufstellungsortes. An der Hausfront ist wegen Schaufenstern, Aushangkästen, Reklameschildern o. dgl. die Aufstellung unerwünscht. Die Fußwegmitte muß für den Fußgängerverkehr freigehalten werden. Es bleibt nur die Aufstellung an der Bordkante bei Einhaltung eines Abstandes von 0,6 ... 0,7 m vom Fahrdamm, damit durch weitausladende Möbelwagen, Omnibusse usw. der Schrank nicht angefahren wird.

Diese Aufstellungsart bedeutet ein erhebliches Verkehrshindernis, da die an den Straßenkreuzungen besonders wichtige freie Sicht für die Kraftwagenführer beeinträchtigt wird. Die Stadtverwaltungen sträuben sich auch gegen die Aufstellung solcher oberirdischer Einrichtungen, da schon Plakatsäulen, Oberflurhydranten, Sandkästen und anderes das Straßenbild verunzieren.

Die Unterbringung der Kabelschaltschränke in den Häusern selbst scheitert meist an dem Widerstand der Hausbesitzer und Mieter.

Forscht man nach den Gründen, warum trotz dieser Schwierigkeiten der unterirdische Kabelkasten durch den oberirdischen Schaltschrank ersetzt werden möchte, so ergibt sich folgendes:

1. Das Öffnen unterirdischer Kabelkästen kann nur mittels besonderer Werkzeuge, wie Hebel, Haken und Schlüssel erfolgen; dies kann aber in bezug auf Öffnen durch Unbefugte bei Unfug oder Unruhen eher ein Vorteil sein gegenüber oberirdischen Schränken.

2. Die früher üblichen Kästen bergen eine Bedienungsgefahr in sich, da beim Auswechseln der Schmelzstreifen Funkenbildung und Lichtbogen nicht zu vermeiden sind.

3. Gleichfalls ist bei Auswechselung der Sicherungen eine Berührung mit Nachbarpolen und der Kastenwand möglich.

4. Es ist eine zeitweise Nachprüfung, ob etwa Nässe eingedrungen ist, notwendig.

5. Es wird dem Kabelkasten unter Umständen Explosionsgefahr nachgesagt, da aber die Sicherungen in völlig abgeschlossenem Raume abschmelzen, ist diese Gefahr gering. Auch in den sonstigen im Fußwege befindlichen Schächten, Kanälen o. dgl. können sich Gase ansammeln.

Bei oberirdischen Schaltschränken rühmt man die gute Zugänglichkeit und glaubt auch durchgebrannte abschaltbare Sicherungen leicht ohne Berührungsgefahr auswechseln zu können. Leider wird jeder Bedienende mit größtem Bedenken eine Strecke, deren Sicherungen durchgeschmolzen sind, wieder in Betrieb nehmen wollen. Neben dem Einschaltfeuer ist die einphasige Wiedereinschaltung bei Drehstrom ein erheblicher Übelstand.

Es sind nun neuerdings verbesserte unterirdische Kabelkästen konstruiert worden, bei denen die Gefahren unter 2. und 3. vermieden sind und die in bezug auf Zu- und Abschalten von Kabelstrecken unter Belastung den oberirdischen Kabelschränken nicht nachstehen. Der Schaltvorgang wird durch Nebenschließen der zu überbrückenden Sicherungsstrecke im Kabelkasten aus diesem heraus nach außen verlegt und kann mittels Maximalschalters dreipolig erfolgen. Die Auswechselung der Schmelzstreifen im Kasten wird daraufhin ohne jede Lichtbogenbildung vorgenommen. Zum Schutz des Bedienenden ist es außerdem zweckmäßig, hierbei eine geeignete Isolierzange zu verwenden.

Das Verfahren der Nebenschließung und Herausnahme des Schaltvorganges wird nach meinem Vorschlage schon seit Jahren angewandt. Bei Verwendung geeigneter fahrbarer Einrichtungen, die z. B. auf Elektrokarren aufgebaut sind, läßt es sich weitgehend auch für Transformatorenstationen anwenden.

Die Neukonstruktion von unterirdischen Kabelkästen in der Bauart mit Anschluß einer transportablen Schaltvorrichtung ist seit etwa 2 Jahren auf dem Markt. Eine rechteckige Form, die sich besonders zum Einbau in schmalen Fußwegen eignet, hat noch den Vorteil, daß die Kabel in der Längsrichtung der Straße zugeführt werden können. Mehrere größere Vierleiter-Kabelnetze 380/220 V sind mit unterirdischen Kabelkästen neuer Bauart ausgerüstet worden und haben sich bisher bewährt.

Wahrscheinlich wird man daher in der inneren Stadt von den verkehrstörenden, leicht rostenden oberirdischen Schaltschränken, die Unbefugten leicht zugänglich sind, zum Kabelkasten verbesserter Bauart wieder zurückkehren, da die Bedienungschwierigkeiten, welche hauptsächlich gegen die Verwendung unterirdischer Kästen sprechen, nunmehr beseitigt sind.

Oberirdische Kabelschaltschränke können hingegen für Außenbezirke in Straßen mit Baumreihen verwendet werden.

A. Kastalski.

Digitized by Google

Die wirtschaftlichen Ergebnisse der Elektrisierung der Staatsbahnstrecke Stockholm–Gotenburg*.

Über die Buchhaltung und Verwaltung der Schwedischen Staatsbahn berichten von der Regierung ernannte Oberrevisoren. Die bezügliche Denkschrift für das Kalenderjahr 1928 ist von besonderem Interesse, weil Gesichtspunkte über die Elektrisierung der Hauptbahnen gebracht werden, die in vielen Ländern Aufmerksamkeit verdienen. Mit dem Jahre 1928 schloß das erste Betriebsjahr mit einem dem elektrischen Betriebe angepaßten Fahrplan ab, so daß ein wirtschaftlicher Vergleich zwischen dem elektrischen Betriebe und dem Dampfbetrieb an Hand der vorliegenden allerdings noch spärlichen Erfahrungen versucht wurde. Eine Klärung der Verhältnisse ist gerade aus dem Grunde erwünscht, weil eine Grundlage zur Beurteilung künftiger Elektrisierungen geschaffen werden muß.

Die ausgeführte Elektrisierung wurde im Jahre 1923 beschlossen und sollte nach dem Gutachten einschl. Lokomotiven 39 Mill Kr Kapitalaufwand erfordern. Dieses Kapital ließe sich bei einem Kohlenpreis von 34 Kr/t mit 5 % bzw. von 32 Kr/t mit 4,5 % verzinsen. Die Förderleistung betrug 1922 nur 3,8 Mill Zugkilometer, würde jedoch nach damaliger Auffassung bald um 25 % steigen. Dies würde Anlagekosten von 41 Mill Kr, davon 12 Mill für Lokomotiven bedingen. Durch die Verkehrsteigerung sollte ein Mehrbedarf von Lokomotiven an anderen Strecken eintreten, so daß ein Teil der durch die Elektrisierung frei gewordenen Dampflokomotiven unmittelbar auf diesen Strecken Verwendung finden könnte. Aus diesem Grunde sollte der Elektrisierung ein entsprechender Betrag, auf 5 Mill Kr geschätzt, gutgeschrieben werden. Dadurch erwies sich die Elektrisierung bereits bei einem Kohlenpreise von 26 Kr/t bei 5 % bzw. 24 Kr/t bei 4,5 % Zinsfuß als wirtschaftlich durchführbar. Der Strompreis war zu 3,75 Öre/kWh angenommen.

Die Arbeiten wurden im Jahre 1926 größtenteils zu Ende geführt. Mehrkosten für Fahrleitungen, für Inlandbeschaffung der Lokomotiven und Einkauf von Dampfheizwagen für den Durchgangsverkehr mit nicht elektrisierten Strecken betrugen 3,29 Mill Kr, die aus Erneuerungsrücklagen gedeckt wurden. Später wurden weitere Lokomotiven aus Rücklagen in Höhe von 1,04 Mill Kr gekauft.

Die Anlagekosten verteilen sich wie folgt:

	Mill Kr	
Feste Anlagen:		
Fahrleitung	13,30	
Unterwerke	4,55	
Herabsenkung der Gleise	0,64	
Änderung von Brücken für den Straßenverkehr	0,04	
Grundstückserwerb	0,05	
Änderung von Hausbauten	0,02	
Wohnhäuser	0,24	
Änderung der Bahn-Schwachstromleitungen	3,60	22,44
Rollendes Material:		
elektr. Lokomotiven	11,79	
elektr. Revisionswagen	0,18	
Dampfheizwagen	0,79	12,76
Verschiedene Unkosten:		
Projektierung	0,20	
Lagerspesen	0,17	
Arbeitsleitung	0,55	
verschiedene Arbeiten	0,25	
Montagezugdienst	0,16	
Anstellung und Fürsorge der Belegschaft	0,09	1,42
Änderung der Schwachstromleitungen der Telegraphenverwaltung		6,71
insgesamt		43,33

Hiervon entfallen 34 Mill Kr auf Leihgelder, die von den Reichstagen 1920, 1924 und 1925 angewiesen wurden, und 9,33 Mill Kr auf Mittel der Erneuerungsrücklagen.

Die Inbetriebnahme der ganzen Strecke erfolgte Mai 1926, dagegen wurde der dem elektrischen Betrieb angepaßte Fahrplan mit höheren Fahrgeschwindigkeiten erst ab 15. V. 1927 eingeführt. Die Zeitersparnis betrug dabei für Schnellzüge 2 h, für Personenzüge 2½ und für Güterzüge 10 ... 12 h.

Ein unmittelbarer Vergleich zwischen dem letzten Jahre mit Dampfbetrieb (1925) und dem ersten Jahre mit elektrischem Normalbetrieb (1928) ist nicht möglich, weil der Umfang und die Art des Verkehrs sich geändert haben und das Untersuchungsmaterial übrigens von den Anschlußstrecken mit Dampfbetrieb nicht scharf abgegrenzt werden kann. Die Änderung in der Verkehrsleistung geht aus der folgenden Zahlentafel hervor:

Jahr	Zug-km . 10^3					Wagenachs-km . 10^3				
	insgesamt	Schnell- und Personenzüge	%	Güterzüge	%	insgesamt	Schnell- und Personenzüge	%	Güterzüge	%
1925	3730	2715	73	1015	27	142 368	67 619	47	74 749	53
1928	4697	3511	75	1186	25	178 258	90 329	51	87 929	49
Vermehrung	26%	29%		17%		25%	34%		18%	

Hierzu kommt noch, daß sich die Grundlagen des Dampfbetriebes im Laufe der Jahre geändert haben. Die Kohlenpreise schwanken. Besserungen wurden vorgenommen und Ersparnisse gemacht, die in den Ziffern für 1925 nicht in Erscheinung treten. Der elektrische Betrieb ist noch zu jung, als daß der Verkehr den Beharrungszustand, welcher eine richtige Einschätzung aller Faktoren erlaubt, schon erreicht hätte. Die Kosten zur Ausbesserung der elektrischen Ausrüstung im Jahre 1928 dürften z. B. für die späteren Jahre vielleicht nicht ausschlaggebend sein.

Aus diesem Grunde wurde der Vergleich in der Weise vorgenommen, daß die Verkehrsleistung vom Jahre 1928 benutzt wurde, um einerseits die Verhältnisse bei elektrischem Betrieb unter Berücksichtigung solcher Faktoren zu untersuchen, die in Zukunft u. U. andere Ergebnisse hervorrufen können, und anderseits die Abwicklung derselben Verkehrsleistung mit Dampfbetrieb, wie sich dieser heutzutage gestalten würde, abzuschätzen.

Die Ersparnisse durch die Elektrisierung wurden nach den obigen Voraussetzungen errechnet und betragen an Personal für das Maschinenressort etwa 400 Mann. Bei einem Durchschnittsgehalt von 3600 Kr entspricht dies einer Verringerung der Ausgabe um 1,44 Mill Kr. Durch die vorgesehene Einmannbedienung der Verschiebelokomotiven usw. wird diese Ziffer wahrscheinlich noch höher werden. Durch die verkürzte Laufzeit der Züge berechnet man ferner eine Ersparnis an Auslagen für Betriebspersonal von 0,03 Kr/Zug-km. Auf 4,7 Mill Zugkilometer bezogen, entspricht dies 0,140 Mill Kr.

Bezüglich der Unterhaltung der Lokomotiven wurden die Kosten einer Hauptrevision zu 7400 Kr im Jahre 1928 ermittelt. Bei steigendem Alter der Lokomotiven wird diese Summe höher ausfallen und auf 8500 Kr geschätzt. Die Laufleistung zwischen den Ausbesserungen wechselt je nach dem Dienste und wurde früher mit 170 000 km angenommen; im Güterzugdienst wurden in der Tat 250 000 km erreicht, es wird jedoch mit 180 000 km gerechnet. Die Kosten betragen dann 4,72 Öre/km. Mit Aufschlag für unvorhergesehene Schäden und für anteilige Generalunkosten der Ausbesserungswerke wird dies auf 7 Öre/km abgerundet. Demgegenüber stehen die Unterhaltungskosten der Dampflokomotiven für das Lokomotivkilometer mit 27 Öre im Jahre 1924 bzw. etwas über 20 Öre im Jahre 1928.

Durch das Freiwerden von Dampflokomotiven ist diese Ziffer gesunken, indem ausbesserungsbedürftige Lokomotiven zurückgestellt wurden und die Kosten noch nicht erscheinen. Es wird mit 23 Öre/km gerechnet, wovon $^2/_3$ oder 15,4 Öre auf die Ausbesserungswerke entfallen. Die Unterhaltung der elektrischen Lokomotive dürfte somit 8,4 Öre/km billiger ausfallen. Bei 5,5 Mill Lokomotivkilometer im Jahre 1928 ergibt dies eine Ersparnis von 0,46 Mill Kr.

Die erhöhte Fahrgeschwindigkeit dürfte an sich höhere Unterhaltungskosten des Wagenparkes bedingen, dies wird jedoch durch verringerte Reinigungs- und Anstrichkosten durch das Ausbleiben des Kohlenrauches ausgeglichen. Die Ausgaben für Schmierung, Reinigung

* Vgl. ETZ 1920, S. 592; 1925, S. 814, 1741; 1926, S. 88; 1928, S. 1534.

Digitized by Google

und Beleuchtung der elektrischen Lokomotiven sind um 0,60 Öre/Lok.-km geringer als beim Dampfbetrieb. Die Kosten für Wasserzufuhr betragen 1,15 Öre/Lok.-km und müssen größtenteils beibehalten werden, weil die Abzweigstrecken noch mit Dampf betrieben werden, so daß die Anlagen nicht stillgelegt werden konnten. Der Bedarf an Lokomotivschuppen ist durch die Elektrisierung geringer geworden. Ein wesentlicher Teil dieser Kosten, welche beim Dampfbetrieb auf 1,93 Öre/Lok.-km geschätzt werden, kommt somit in Wegfall. Die Summe der Ersparnisse dieser Art wird auf 3 Öre/Lok.-km geschätzt und entspricht somit bei 5,5 Mill Lok.-km 0,165 Mill Kr.

Der Stromverbrauch im Jahre 1928 betrug 66,7 Mill kWh an den Unterwerken gemessen und soll nach Verständigung mit der Staatlichen Kraftwerksverwaltung mit höchstens 2,8 Öre/kWh (anfangs 3,75 Öre/kWh) verrechnet werden. Die Stromkosten würden dann etwa 1,87 Mill Kr sein. Hiervon sind 0,16 Mill Kr in Abzug zu bringen für Ersparnisse bei der vorhandenen örtlichen Beleuchtung durch die Elektrisierung. Es bleiben also Stromkosten mit 1,71 Mill Kr.

Zur Ermittlung der entsprechenden Kosten beim Dampfbetrieb soll der Energieverbrauch in Steinkohlen umgerechnet werden. Früher wurde 1 kWh am Stromabnehmer 2 kg Steinkohle gleichgesetzt. Nunmehr sind die Dampflokomotiven besser, so daß 1 kWh, hochvoltseitig an den Unterwerken gemessen, 1,2 kg Kohle in der Dampflokomotive entsprechen dürfte. Der Verbrauch für den reinen Bahnbetrieb (65 Mill kWh) ist somit 78 000 t Kohle beim Dampfbetrieb gleichzusetzen. Der Kohlenpreis ist in den letzten Jahren sehr unregelmäßig gewesen. Der cif-Preis in den Einfuhrhäfen ist zur Zeit 20 ... 21 Kr/t. Unter Hinzurechnung der Transport-, Lager- und Zinsenspesen wird der Preis an den Lagerplätzen je nach dem Orte zwischen 24 und 28 Kr/t liegen. Die Preise sind sogar niedriger gewesen, u. zw. auf Grund des eigenartigen Wettbewerbs auf dem Weltmarkte. Nunmehr ist die Preisbewegung nach aufwärts stetig. Vorsichtshalber wird aber mit einem Preis von nur 23 Kr/t an den Lokomotivschuppen gerechnet. Dies macht bei 78 000 t Auslagen von 1,79 Mill Kr. Der elektrische Betrieb stellt sich also um 0,08 Mill Kr günstiger. Dabei ist zu bemerken, daß jede Krone Erhöhung des Kohlenpreises eine Ersparnis auf diesem Konto von 70 000 ... 80 000 Kr herbeiführt.

Die Jahreskosten für Fernübertragung belasten die Elektrisierung etwa wie folgt. Für Bedienung und Unterhaltung wurden 0,355 Mill Kr ausgezahlt. Die Rücklagen zur Erneuerung der Unterwerke und Leitungen betragen 0,579 Mill Kr. Weil die Zinsen für das in festen Anlagen investierte Kapital unten abgezogen werden, sollten hiervon Zinsen vom künftigen Guthaben der Erneuerungsrücklagen abgesetzt werden. Die Nettokosten der Rücklagen sind dann 0,325 Mill Kr und die Stromübertragung führt Mehrkosten gegenüber dem Dampfbetrieb von 0,68 Mill Kr herbei.

Die Rücklagen zur Erneuerung der Dampflokomotiven betragen 3 %, bei elektrischen Lokomotiven 4 %. Nach der Ansicht der Eisenbahnverwaltung liegt kein Grund vor, die Lebensdauer der elektrischen Lokomotiven kürzer als diejenige der Dampflokomotiven einzuschätzen. Trotzdem wird hier mit 3,5 % gerechnet, was für die Elektrisierung Mehrkosten von 0,06 Mill bedeutet.

Abgesehen von vermehrten Kosten bei den Lokomotivschuppen usw. waren zur Abwicklung des Verkehrs im Jahre 1928 mit Dampfbetrieb irgendwelche weiteren Kapitalinvestierungen nicht erforderlich. Dagegen würde eine Beibehaltung des Dampfbetriebes bald eine Erneuerung der Lokomotiven hervorrufen. Anderseits wurden durch die Elektrisierung erhebliche Geldmittel in Anspruch genommen, u. zw. etwa 11.8 Mill Kr für Lokomotiven. Es sollten aber nicht die vollen Zinsen von diesem Betrage als Mehrkosten zu Lasten der Elektrisierung aufgeführt werden, u. zw. begründet die Generaldirektion der Schwedischen Staatsbahnen diese Auffassung wie folgt. Bei einem Eisenbahnnetz der fraglichen Größenordnung (etwa 1000 Lokomotiven) ist eine jährliche Erneuerung unter normalen Umständen erforderlich, u. zw. würde der Betrag von 11,8 Mill Kr (entsprechend etwa 120 Dampflokomotiven) in 5 Jahren dazu verbraucht werden. Unter einigermaßen normalen Umständen hätte man also die Lokomotiven bei einer Elektrisierung dieser Art ohne andere Mehrkosten als solche, die durch den etwas höheren Preis der elektrischen Lokomotiven im Vergleich mit Dampflokomotiven bedingt werden, beschaffen können, indem die normale Ausschlachtung veralteter Lokomotiven für einige Jahre zusammengefaßt wird. In der Tat hat sich nebenbei bemerkt herausgestellt, daß die elektrischen Lokomotiven, auf ihre Leistungsfähigkeit bezogen, etwas billiger als Dampflokomotiven sind. Anderseits ist durch die laufende Umstellung des Betriebes in wirtschaftlichere Form der Lokomotivenbedarf bei den Staatsbahnen geringer geworden. Dies ändert an sich nicht den Charakter einer Erneuerung bei dieser Beschaffung von Lokomotiven, wenn auch die Geldausgabe wesentlich früher als bei beibehaltenem Dampfbetrieb notwendig wurde. Es wird ferner angenommen, daß die elektrischen Lokomotiven im Durchschnitt sieben Jahre früher eingekauft wurden und daß die Preise für elektrische und Dampflokomotiven die gleichen sind. Nach diesem Gedankengang sind die Mehrkosten für die frühzeitige Lokomotivenbeschaffung gleich 4,65 % Zinsen während sieben Jahren (1926/1933, wobei 1926 die mittlere Zahl der wirklichen Beschaffungsjahre 1925/1928 darstellt) von 11,8 Mill Kr, also gleich einer Jahresquote von 0,549 Mill Kr. Kapitalisiert zur Anfangszeit wird dies 3,2 Mill Kr. Die wirklichen Mehrkosten sind die Zinsen darauf oder 0,150 Mill Kr.

Von den 31,5 Mill Kr Kosten der festen Anlagen entfallen 6,7 Mill Kr auf die Verlegung der Schwachstromleitungen der Telegraphenverwaltung. Über die Buchung dieses Betrages bestehen noch Differenzen, es wird jedoch begründet, daß nur 2,751 Mill Kr zu Lasten der Elektrisierung gehen sollten, wogegen 3,9 Mill von der Telegraphenverwaltung selbst zu tragen waren.

Von der Gesamtsumme, 43,3 Mill Kr, entfielen nach dem Obigen 11,8 Mill Kr auf die Lokomotiven und 3,9 Mill Kr auf die Telegraphenverwaltung. Der Rest, 27,6 Mill Kr, geht zu Lasten der Elektrisierung und muß verzinst werden. Die mittleren Zinsen für schwedische Staatsanleihe sind z. Z. 4,63 %. Mit einer Abrundung auf 4,65 % ergibt sich der Mehrbetrag für die Elektrisierung somit zu 1,25 Mill Kr.

Die obigen Ausführungen werden wie folgt zusammengefaßt:

	Kostenerhöhung Mill Kr	Kostenersparnis Mill Kr
Personal, Maschinen	—	1,44
dgl. Verkehr	—	0,14
Unterhaltung des rollenden Materials	—	0,46
versch. Auslagen des Maschinenressorts	—	0,165
Brennstoff	—	0,080
Unterhaltung und Erneuerung der Kraftübertr.	0,680	—
Erneuerung des rollenden Materials	0,060	—
Kapitaldienst:		
elektr. Lokomotiven	0,150	—
sonstige Anlagen	1,280	—
	2,170	2,285

Aus den obigen vorsichtigen Schätzungen dürfte somit hervorgehen, daß die Kapitalinvestierung für die Elektrisierung Stockholm—Gotenburg voll verzinst wird und außerdem einen unbedeutenden Gewinn von 0,115 Mill Kr jährlich zeigt. Die Gesichtspunkte sind aber nicht ganz zutreffend oder erschöpfend. Es sind nämlich Vorteile durch die Elektrisierung entstanden, die in Form von Ersparnissen oder sonstwie große Werte darstellen, dagegen nicht mit Sicherheit in bestimmten Geldsummen ausgedrückt werden können. Z. B. sind sämtliche Telephon-, Telegraphen- und Signalleitungen auf der Strecke Stockholm—Gotenburg verkabelt worden. Die Unterhaltung wird dadurch billiger, die Betriebsicherheit und Leistungsfähigkeit größer. Noch wichtiger sind die rein verkehrstechnischen Vorteile, namentlich durch die verkürzte Fahrzeit. Die Personalersparnisse sind bereits berücksichtigt worden. Die Fahrzeit eines Güterzuges war früher etwa 24 h. Ein Zug wurde am Tage verladen, fuhr nachmittags ab, kam am nächsten Tage an und wurde am dritten Tage abgeladen. Heute wird an einem Tage verladen, nachts über die ganze Strecke gefahren und am Vormittag abgeladen. Der wirkliche Zeitgewinn für Absender und Empfänger ist 24 h. Dies ist nicht nur wegen Wettbewerbs seitens anderer Transportmittel von Bedeutung, sondern auch weil der schnellere Umlauf der Güterwagen einen geringeren Bedarf an solchen im Vergleich mit Dampfbetrieb bringt. Ganz besonders treten die Vorteile der Elektrisierung dadurch in Erscheinung, daß gegen unbedeutende Mehrkosten mehrere Züge eingesetzt und somit wesentlich größere Verkehrsleistungen abgewickelt werden können. Dies wurde gerade während der Eisblockade in Öresund im Frühling 1929 nachgewiesen, wo durch die Umlenkung der Transportwege eine gewaltige Betriebserhöhung auf der elektrisierten Strecke eintrat. Die elektrischen Lokomotiven hatten dabei in 48 h 43 Dienststunden, eine Leistung, die bei Dampflokomotiven ausgeschlossen ist. Die elektrischen Lokomotiven laufen im Durchschnitt etwa 104 000 km im Jahre, d. h. mehr als das Doppelte gegenüber Dampf-

Digitized by Google

lokomotiven. Durch die Leistungsfähigkeit einer elektrisierten Bahn wird der Bau eines Doppelgleises überflüssig oder in weite Ferne verschoben, wogegen diese Erweiterung beim Dampfbetrieb nach einer gewissen Verkehrssteigerung unerläßlich wird. Hierzu kommen noch die Vorteile im Geschäfts- und Erwerbsleben durch die schnelleren, dichteren und besseren Verkehrsgelegenheiten sowohl für Reisende als auch für Güter, Vorteile, die ohne erhöhte Tarife geboten werden. Es wird angenommen, daß diese Vorteile zu einer Vermehrung des Personenverkehrs geführt haben, obwohl nähere Angaben noch nicht vorliegen. Durch die verkürzten Transportzeiten sind auch Güter, die sonst anderen Transportmitteln vorbehalten wären, der Staatsbahn zur Beförderung übergeben worden. Schließlich wird darauf hingewiesen, daß die Elektrisierung die Abhängigkeit von der Brennstoffeinfuhr aus dem Auslande vermindert.

Die Denkschrift faßt die Ausführungen dahin zusammen, daß die Elektrisierung das Kapital verzinst, außerdem Gewinn zeigt und Vorteile solcher Größenordnung und Art bringt, daß die Durchführung der Elektrisierung vom Standpunkte der Staatsbahn und des ganzen Landes als eine wirtschaftlich wohl begründete Maßnahme betrachtet werden muß. Die Vorteile werden bei steigender Verkehrsleistung noch größer.

Auch wenn hieraus nicht der Schluß gezogen werden kann, daß das Ergebnis bei anderen Strecken ebenfalls wirtschaftlich ausfallen würde, wird eine nähere Untersuchung darüber empfohlen. Es wird darauf hingewiesen, daß sonst nach etwa zehn Jahren bei unverändertem Verkehrsumfang neue Dampflokomotiven erforderlich werden. Steigt dagegen der Verkehr, wozu Zeichen nicht fehlen, so würde ab 1935 eine Neubeschaffung eintreten, wozu noch Neuanlagen von Lokomotiven und Schuppen kommen. Anschließend würde zur Ausbildung von Lokomotivführern beim Dampfbetrieb der Personalbestand ab 1936 durch Heizer in einer Anzahl von 120 Mann jährlich während zehn Jahren erhöht werden müssen.

Sollte eine Elektrisierung weiterer Staatsbahnstrecken überhaupt wirtschaftlich erscheinen bzw. zur Ausführung gelangen, so wird empfohlen, so frühzeitig damit anzufangen, daß sich die Wirkungen spätestens zu der Zeit geltend machen, wo sonst neue Geldinvestierungen und andere Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des Dampfbetriebes erforderlich werden. Dies dürfte innerhalb 5 bis 6 Jahren der Fall werden. Aus diesem Grunde sollten die bezüglichen Projekte schnellstens durchgearbeitet werden, damit die Entscheidung von Regierung und Reichstag in der nächsten Zeit getroffen werden kann.

Halden.

Arbeitsspeicher in den Alpen.

Von Dr.-Ing. **Kurt Krauß**, Wien.

(Schluß von Seite 531.)

4. Der Tagesausgleich.

Ist q die sekundliche Zuflußmenge, so ist die Zuflußmenge eines Tages 86 400 q; für die Vereinigung des Abflusses auf eine zusammenhängende tägliche Betriebszeit von b Stunden muß der Tagesspeicher bei einer täglichen Füllzeit $f = 24 - b$ Stunden eine Wassermenge Q aufnehmen, die gleich ist

$$Q = \frac{f}{24} = 86\,400\,q\,,$$

somit bei

$b =$	6	8	12	16	Stunden
$f =$	18	16	12	8	„
$Q =$	64 800 q	57 600 q	43 200 q	28 800 q	

Die für den Tagesausgleich aufzubringende Wassermenge erreicht daher auch bei stärkeren Alpenbächen nur die Größenordnung einiger Hunderttausend m³, bei großen Flüssen mit etwa 100 m³/s Wasserführung einzelne Millionen m³. Die Erstellung solcher kleiner Speicher erfordert nur geringen Aufwand und ist mindestens bei allen Hochdruckwerken möglich. Die ausgeführten Anlagen der Mittleren Isar und des Murkraftwerkes Pernegg der Steweag haben aber den Nachweis erbracht, daß auch Mitteldruckanlagen an großen Alpenströmen mit Tagesspeichern ausgestattet werden können. Zum Tagesausgleich können ferner auch die mit Jahresspeichern ausgestatteten Kraftwerke herangezogen werden. Nach der Eignung für den Tagesausgleich verteilt sich das Gesamtarbeitsdargebot nach Zahlentafel 5 auf die darin angeführten Kraftwerksgruppen.

Zahlentafel 5.

Kraftwerke	% des Gesamtarbeitsdargebotes eines Jahres	s	
		Grenzen	Mittelwert
Laufwerke ohne Möglichkeit einer Tagesspeicherung . .	30	2 ... 1,5	1,7
Jahresspeicherwerke	7	1,4 ... 0,3	1
Winterkraftwerke und Jahrespumpenspeicherwerke . .	3	0 ... —1,7	— 0,5
Tagesspeicherfähige Werke .	60	3 ... 0,8	1,7

Kraftwerke, die in nicht zu großem Abstand aufeinander folgen, können aus dem Tagesspeicher des obersten gemeinsamen Nutzen ziehen, wobei nur Zwischenspeicher nötig sind, die man nach der Zeit zu bemessen hat, die das Wasser braucht, um die Strecke vom nächsten höheren Kraftwerk aus zurückzulegen; diese Zeit liegt meist in der Größenordnung von ½ ... 2 h.

Vielfach trifft man noch auf die Forderung, daß neu zu errichtende Tagesspeicherwerke mit Gegenbecken ausgestattet werden sollen, um zur Vermeidung einer Behinderung der Unterlieger das Wasser konstant an den Flußlauf zurückzugeben. Diese Forderung läuft oft gerade den Interessen jener zuwider, denen sie dienen will, denn auch für die Unterlieger wäre bis auf wenige Ausnahmen nicht 24stündig konstanter, sondern auf bestimmte Tagesstunden vereinigter Wasserzufluß vorteilhaft. Durch gegenseitige Verständigung zwischen allen Benutzern eines Flußlaufes zwecks Festlegung eines gemeinsamen Planes für die Belastung und Wasserführung und der zu seiner Aufrechterhaltung nötigen Zwischenspeicher, die kleiner werden als ein Gegenbecken, wird sich immer eine bessere Ausnutzung erreichen lassen als durch die Vernichtung der bei einer Stufe einmal eingeleiteten Vereinigung des Abflusses auf die Stunden des Bedarfes. Hier ist daher eine Abkehr von der gegenwärtigen Gepflogenheit am Platze.

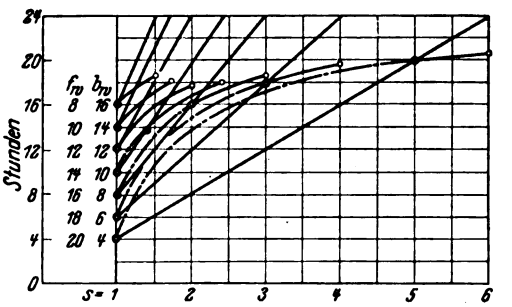


Abb. 9. Wirkung von Tagesspeichern.

In jedem Wasserlauf mit nicht vollständigem Jahresausgleich wird die Wirkung der Tagesspeicher durch die jahreszeitliche Änderung der Wasserführung beeinflußt. Abb. 9 zeigt diesen Zusammenhang. Bei gegebener installierter Leistung, die zusammen mit einem Tagesspeicher für eine Füllzeit f_w bei der winterlichen verminderten Wasserführung eine Benutzungsdauer b_w im Winter ermöglicht, reicht der s-fache Sommerzufluß für die s-fache Benutzungsdauer $b_s = s\,b_w$ aus. Die geraden Linien in Abb. 9 veranschaulichen diesen Zusammenhang. Der winterlichen Füllzeit f_w dagegen entspricht bei s-fachem Sommerzufluß nur das s-tel der Füllzeit, daher $f_s = \frac{f_w}{s}$; diesen

Digitized by Google

Zusammenhang veranschaulichen die Hyperbelstücke, deren Ordinaten wegen der Beziehung $b = 24 - f$ Stunden von der 24-Stundenlinie nach abwärts aufgetragen sind. Übereinstimmung zwischen Speichergröße, Zuflußmenge und installierter Leistung besteht nun nur in den mit Doppelringen bezeichneten Punkten, in denen sich zusammengehörige Gerade und Hyperbel schneiden. Liegt die (in diesem Falle strichpunktierte) Hyperbel höher als die zugehörige Gerade, so ist der Speicherinhalt für den Sommerbetrieb zu klein. Liegt dagegen die (in diesem Falle voll ausgezogene) Hyperbel unter der zugehörigen Geraden, so kann der Speicher nicht ausgenutzt werden, weil die installierte Leistung nicht für die durch Zufluß und Speicherwirkung erhöhte Wassermenge ausreicht. Schließlich wird in jenen Fällen, in denen die Geraden die 24-Stundenlinie erreichen, der Speicher überhaupt unwirksam (daher enden in den zugehörigen, mit einfachen Ringen bezeichneten Punkten die Hyperbelstücke), weil dann der Speicher dauernd überflutet wird und in jedem Augenblick der natürliche Zufluß allein für die volle Kraftwerksleistung ausreicht. Bei Alpenwässern ohne oder mit nur teilweisem Jahresausgleich darf man daher nicht nach Haas und Kromer (a. a. O.) mit 300, sondern nur mit 180 ... 200 jährlichen Füllungen des Tagesspeichers rechnen.

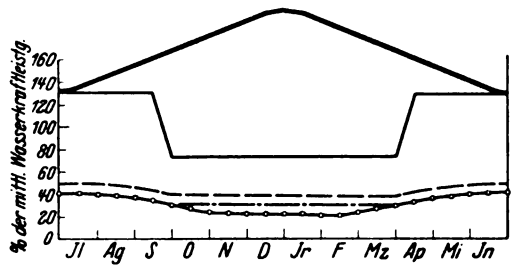


Abb. 10. Aufteilung der täglichen Arbeit.

Die Tatsache, daß mehr als die Hälfte des Gesamtdargebotes in speicherfähigen Werken mit verminderter täglicher Winterarbeit ausgebaut werden kann, legt den Gedanken nahe, zur Winterspitzendeckung diese Werke heranzuziehen. Sie haben im Winter zwar ihre volle Leistung, jedoch mit kürzerer täglicher Benutzungsdauer als im Sommer abzugeben. In der Grundlast und im breiten, eine große tägliche Benutzungsdauer aufweisenden Basisteil der winterlichen Tageslast werden nebst den Laufwerken die Dampfkraft-, Jahrespumpen- und Winterkraftwerke eingeteilt. Diese Aufteilung des Belastungsgebirges wird unter Benutzung des kWh-kW-Körpers in den Abb. 11 und 12 durchgeführt. Vorher ist in Abb. 10 nochmals das Jahresdiagramm der täglichen Arbeit für das Normaljahr gemäß Abb. 8 b mit der Aufteilung auf Wasser- und Dampfkraft in Maßstäben entsprechend dem Grundriß des kWh-kW-Körpers vorgeführt, wobei die Arbeit der Wasserkraftwerke gemäß Zahlentafel 5 weiter unterteilt ist in den Anteil der Laufwerke o–o–o–o–o–o, Winterkraftwerke — - — - — - —, Jahresspeicherwerke mit Vollausgleich — — — — und den Rest, der auf Tagesspeicherwerke mit nur teilweisem Jahresausgleich entfällt.

Nun wird in Abb. 11 die Unterteilung am kWh-kW-Körper, vom Grundriß ausgehend, vorgenommen. Von f' aus wird die tägliche Arbeit der Laufwerke nach links abgetragen, sie führt zu einer Linie l', die auf den Körper hinaufprojiziert die Linie l ergibt. Der Kreuzriß l'' von l zeigt dann die auf die Laufwerke entfallenden Leistungen nach der Zeit geordnet. An l' anschließend, wird im Grundriß die tägliche Arbeit der Dampfkraftwerke angetragen und führt zu einer Linie d', der wieder am Körper d und der Kreuzriß d'' zugehört. Der Vergleich mit der Begrenzungslinie g' der Grundlast (vgl. oben die Erläuterung zu Abb. 3) zeigt, daß mehr als die Hälfte der Arbeit der Dampfkraftwerke in der Grundlast verbraucht wird, der Rest in der Basis der Tageslast mit mindestens 18stündiger täglicher Belastung. Von unerwünschten Belastungspitzen bleiben die Dampfkraftwerke somit verschont. Nun folgt die Arbeit der Winterkraftwerke, Linien w', w und w''. Weiterhin wird den Jahresspeicherwerken mit Vollausgleich ein Band zugewiesen, das täglich bei gleicher Leistung gleiche Arbeit ergibt, mithin aus den Schichten des kWh-kW-Körpers Abschnitte gleicher Neigung herausgreift. Der Rest kommt den Tagesspeicherwerken mit unvollkommenem Jahresausgleich zu. Dem Kreuzriß in Abb. 11 sind die höchsten Leistungen, die von jeder Gruppe von Kraftwerken gestellt werden müssen, zu entnehmen. Zusammen mit der Benutzungsdauer von 4150 Stunden für die Höchstleistung des Belastungsgebirges und dem Anteil der einzelnen Gruppen an der Gesamtarbeit laut Zahlentafel 5 ergibt sich für jede Kraftwerksgruppe die in Zahlentafel 6 angegebene Benutzungsdauer. Die Zahlentafel zeigt den Erfolg der gewählten Aufteilung: jede Gattung von Kraftwerken erreicht eine günstige Benutzungsdauer, die nur für 5 % der Gesamtleistung weniger als 2000 Stunden beträgt; aber auch diese Gruppe der Winterkraft- und Jahrespumpspeicherwerke erhält eine wesentlich günstigere Benutzungsdauer als die jetzt für solche Kraftwerke gebräuchlichen 1000 Stunden.

Zahlentafel 6.

Kraftwerke	Größte Leistung in % der Gesamthöchstleistung	Anteil an der Gesamtarbeit in %	Benutzungsdauer h
Laufwasserkräfte	12	18	6200
Tagesspeicherwerke	41	36	3600
Jahresspeicherwerke mit Vollausgleich	6	4	2800
Winterkraftwerke	5	2	1700
Dampfkraftwerke	42	40	4000
Übertragungsleitungen Süd—Nord	58	60	4300

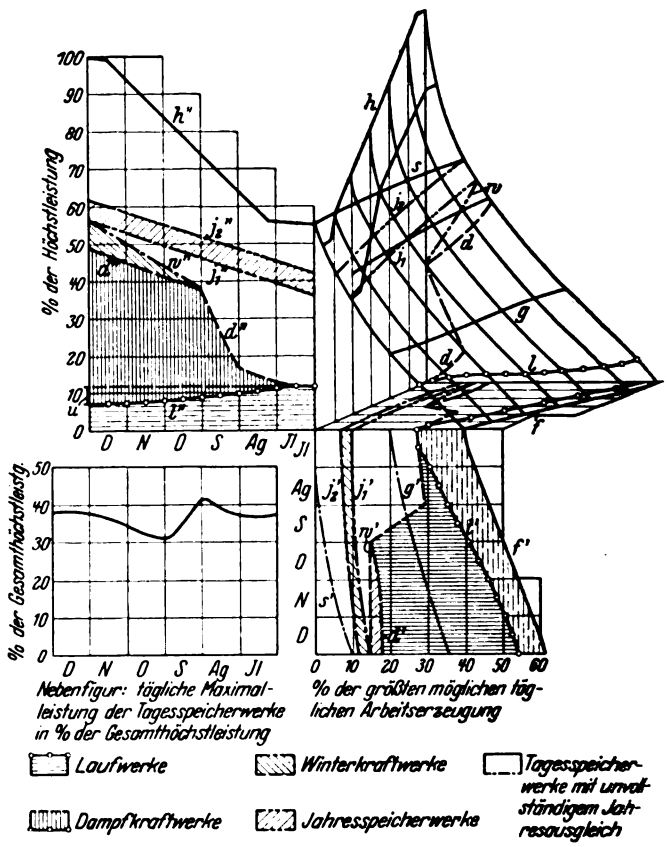


Abb. 11. Aufteilung des kWh-kW-Körpers.

Als wichtigstes Ergebnis der vorstehenden Untersuchung ist hervorzuheben, daß in einem Verbundbetrieb aller Alpenwasserkräfte mit dem deutschen Reichsnetz eigene Spitzendeckungsanlagen mit ungünstigen Benutzungszeiten von 500 ... 1000 Stunden vermieden werden können, weil die Möglichkeit gegeben ist, die nur im Winter bestehende Aufgabe der Spitzendeckung Kraftwerken zu übertragen, die im Sommer bei gleicher Leistung an der Grundlastlieferung teilnehmen und daher eine günstige Gesamtbenutzungsdauer erreichen. Auch die Übertragungsleitungen, die die Leistung der Wasserkraftwerke von Süd nach Nord bringen, erzielen eine recht günstige Benutzungsdauer, die etwas über dem Durchschnitt von 4150 h liegt.

Dabei müssen zur Zeit der höchsten Spitze, von der Reserve abgesehen, trotz des im Winter großen Ausfalles an täglicher Wasserkraftarbeit, nur jene Maschinen der

Digitized by Google

Laufwerke feiern, für deren Betrieb im Winter zu wenig Wasser verfügbar ist, so daß sie als Reserve nur für das eigene Kraftwerk, nicht aber für das ganze Netz dienen können. Die Größe ihrer Leistung ist dem Kreuzriß der Abb. 11 zu entnehmen als Unterschied zwischen der größten und kleinsten Ordinate der Kurve l''; sie beträgt nur etwa 4 % der Gesamtinstallation. Die übrigen 96 % arbeiten an der Spitze mit. Auch kann die Ausbaugröße der Wasserkräfte so hoch angesetzt werden, daß sie die Verarbeitung des ganzen Sommerzuflusses ermöglicht. Dieses günstige Ergebnis ist zum großen Teile den Tagesspeichern zu danken, die den knappen Winterzufluß für den Betrieb der vollen Kraftwerksleistung zur Spitzenzeit zusammendrängen. Die Errichtung von Tagesspeichern verdient daher sorgfältigste Beachtung, und die noch vereinzelt auftretende Absicht, Hochdruckwerke als Laufwerke ohne Tagesspeicher auszubauen, erweist sich somit als fehlerhaft.

Der Verlauf der täglichen größten Leistung der Tagesspeicherwerke ist in der Nebenfigur zu Abb. 11 herausgezeichnet als Unterschied der Ordinaten zwischen h'' (täglicher Verlauf der Gesamthöchstleistung) und d'' bzw. w'' abzüglich der konstanten Breite des Bandes zwischen j_1'' und j_2''. Diese Leistung schwankt zwischen 30 und 41 % der Höchstleistung und trägt zur Spitzenleistung etwa 38 % bei. Somit erscheint die Leistung dieser Werke zur Spitzenlast um ein weniges, nämlich um 7 %, zu gering ausgenutzt. Dieser Überschuß an nicht voll ausgenutzter Leistung kommt aber hier der Leistungsreserve des ganzen Netzes zugute, da diese Leistung, hinter der in Speichern verfügbare Arbeit steht, bei Ausfall anderer Kraftwerke beliebig eingesetzt werden kann.

Es mag auffallen, daß für die Winterkraft- und Jahrespumpenwerke im Gegensatz zu ausgeführten Anlagen und zu den jetzt geltenden Anschauungen der Einsatz nicht in der Spitze, sondern möglichst tief in der Basis des Belastungsgebirges empfohlen wird; gilt doch noch vielfach der Begriff „Jahresspeicherwerk" oder „Winterkraftwerk" als identisch mit dem Begriff „Spitzenkraftwerk". Dieser Vorschlag ist aber ebensogut begründet wie der bisherige gegenteilige Vorgang. Die Erklärung liegt in der Größe des Anteils der Tagesspeicherwerke mit teilweisem Jahresausgleich. Solange nur der Verbundbetrieb e i n e s Winterkraftwerkes mit e i n e m Laufwerk oder einer Gruppe von Laufwerken zu berücksichtigen ist, wie bei dem klassischen Beispiel Beznauwerk (Aare)—Löntschwerk, muß man natürlich dem Winterkraftwerk die Spitze zuweisen, weil das Laufwerk hierfür keinesfalls in Frage kommt. Die Lage ändert sich sofort, wenn ein ansehnlicher Teil der Gesamtarbeit auf Tagesspeicherwerke mit unvollständigem Jahresausgleich entfällt. Die Tagesspeicher sind bei reichlichem Sommerzufluß wenig wirksam, auch ist im Sommer keine Spitze zu decken; diese Werke müssen also dann auch an der Grundlast mitarbeiten. Im Winter aber ist zwar die volle Leistung dieser Werke verfügbar, Wasser aber nur für wenige tägliche Betriebstunden; die Tagesspeicher sind sehr wirksam, weil sie einen erheblichen Teil des spärlichen Zuflusses erfassen. Dadurch wird die Lieferung dieser Werke zwangläufig für die Belastungspitze bestimmt, und die Winterkraftwerke müssen dort eingesetzt werden, wo nun der Mangel bleibt: in jenem Teil der Grundlast, den im Sommer die Tagesspeicherwerke bedient hatten und der nach Abwanderung ihrer Arbeit in die Spitze ungedeckt bleibt. Die vorteilhafte Folge ist kleinere installierte Leistung, daher verringerte Anlagekosten, für die Winterkraftwerke bei gleicher Arbeit, somit Verbilligung der Kilowattstunde.

Damit ist auch über die Bedeutung der Tagespumpenspeicherung in den Alpen entschieden; sie ist nahezu Null und besteht nur dort, wo es gilt, in der Nähe wichtiger Verbraucher eine größere ausgleichende und vor allem als Augenblicksreserve verwendbare Arbeitsmenge und Leistung bereitzustellen, z. B. bei Wien. Auch hier darf man nicht vorbehaltlos übernehmen, was sich im Verbundbetrieb Dampfkraftwerk—Tagespumpspeicherwerk ergeben hat. Sobald Tagesspeicherwerke mit natürlichem Zufluß maßgebend an der Energielieferung teilnehmen, fällt diesen logischerweise die Spitzendeckung zu.

Die große Wertschätzung, die der Pumpenspeicherung als sehr nützlichem Mittel für den Jahresausgleich gebührt, soll durch diese Feststellung ihrer Entbehrlichkeit für den Tagesausgleich nicht beeinträchtigt werden. Dies geht auch aus allen Gleichungen über die Wirtschaftlichkeit von Pumpenspeicheranlagen, vgl. H a a s und K r o m e r a. a. O., hervor: immer spielt der Preis der Ladearbeit eine große Rolle. Dieser ist für Jahrespumpspeicherwerke, die mit dem Sommerüberschuß von Wasserkraftwerken geladen werden, wirklich gleich Null, daher ist diese Art von Speicherung wirtschaftlich gerechtfertigt. Dagegen müßten alpine Tagespumpenspeicherwerke, die nur im Winterhalbjahr in Betrieb stehen könnten — im Sommer ist ja keine Spitze zu decken —, mit Dampfenergie geladen werden, die zudem aus großen Entfernungen, also mit nicht vernachlässigbaren Verlusten, herangeführt werden müßte; es ist nicht einzusehen, warum die erheblichen Kosten dieser Ladearbeit aufgewendet werden sollen, wenn verlustlose Spitzendeckung aus Tagesspeichern mit natürlichem Zufluß möglich ist.

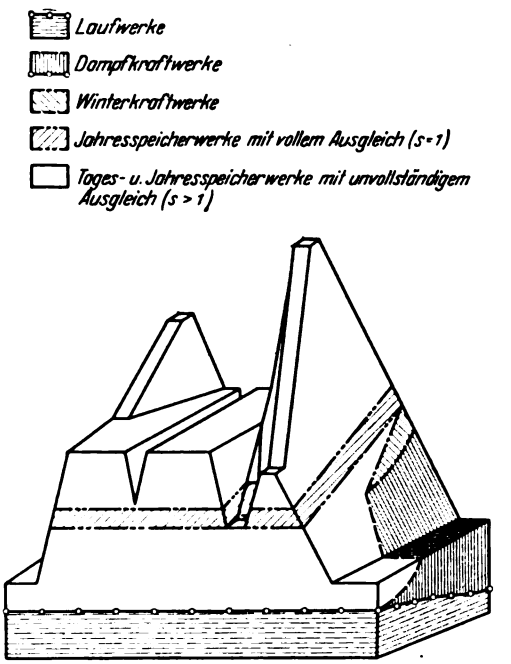


Abb. 12. Aufteilung des Belastungsgebirges.

In Abb. 12 ist endlich nochmals das Belastungsgebirge wie in Abb. 1, jedoch mit Eintragung der Verteilung der Arbeit und Leistung auf die einzelnen Kraftwerksgattungen, dargestellt.

Der drahtlose Weckanruf.

Von Dipl.-Ing. Dr. **A. Salmony**, Berlin.

Übersicht. **Die nachstehend beschriebene Erfindung ermöglicht es, von der Sendestelle aus den Empfänger durch ein Klingelzeichen anzurufen. Besonders wichtig ist dies bei Schiffen in Not, für das Polizeiwesen, den Nachrichtendienst und anderes mehr.**

Das Telephon hat seine beherrschende Stellung im Wirtschaftsleben dadurch erobert, daß es den Weckruf besaß, während beim Funkverkehr dieser leider bisher nicht möglich war, so daß entweder die Funknachricht durch bestimmte Zeichen vorher festgelegt oder der Empfänger dauernd auf Anruf Obacht geben mußte. Wenn das auch für den Privatmann erträglich war, so mußte es für das Seeschiffahrtswesen, für Flugzeuge, weiter für das gesamte Heereswesen sowie für die Zwecke des kommerziellen Rundfunkes, wie z. B. für Zeitungsnachrichten-Übermittlung, oder für polizeitechnische Bedürfnisse als durchaus nachteilig empfunden werden.

Durch eine Erfindung des Polizeihauptmanns Dr. R i s t o w vom Polizeiinstitut für Technik und Verkehr ist diesem Mißstand nunmehr abgeholfen worden; die Einrichtung ist so konstruiert, daß in dem Moment, wo der

Digitized by Google

Sender in Tätigkeit kommt, ein beliebig starkes Klingelzeichen gegeben wird oder auch ein entsprechendes Lichtsignal eingeschaltet werden kann. Der durch In- und Auslandspatente geschützte Apparat[1] (Abb. 1) wurde so durchgearbeitet, daß z. B. nur die Nachrichten, welche ausschließlich für die in Frage kommende Empfangstation

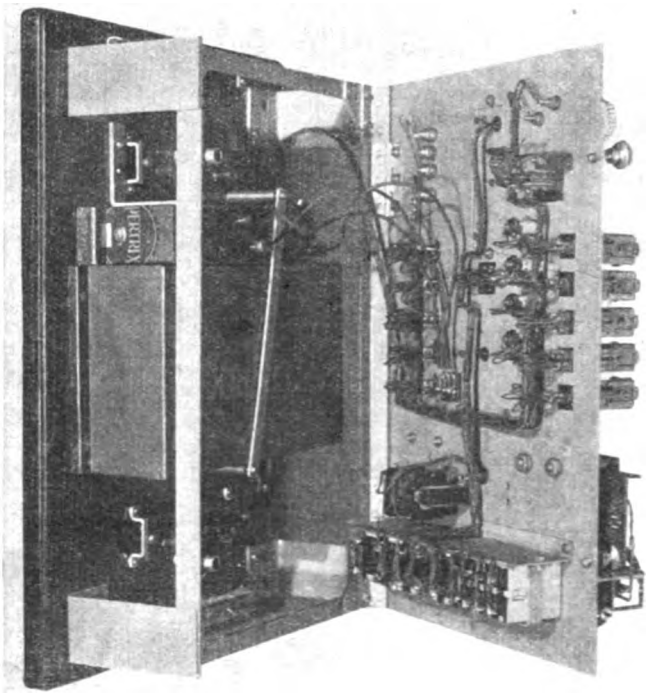


Abb 1. Innenansicht des Tefag-Ristow-Weckers. Man sieht bei den aufgeklappten Teilen rechts an beiden Seiten je 5 Hilfsrelais und rechts oben das Relais *AB* mit Abfallverzögerung.

bestimmt sind, die Klingel zum Ertönen bringen, während alle anderen Telegramme, die der Sender auf gleiche Weise ausstrahlt, unbeachtet bleiben. Wenn dies nicht erwünscht ist, kann der Apparat auch z. B. bei Rundfunkempfang so arbeiten, daß bei allen Empfängern bei Beginn der Sendung ein Klingelzeichen zu hören ist.

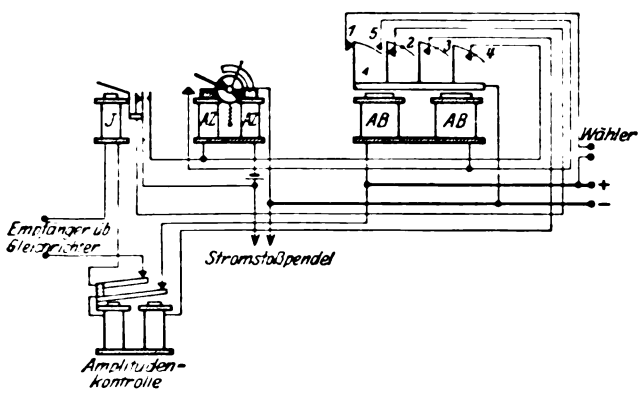


Abb. 2. Schaltung des Tefag-Ristow-Weckanrufes.

Die technischen Grundlagen der Erfindung sind kurz folgende (vgl. Abb. 2): Die Weckeinrichtung wird an einem beliebigen Funkempfänger in der gleichen Weise wie das Telephon angeschlossen. Das Anrufzeichen besteht aus je einem längeren Anfangs- und Endstrich und dazwischenliegenden kürzeren Strichen. Durch die Anzahl dieser kürzeren Striche, deren verschiedene Dauer und die verschiedene Dauer der dazwischenliegenden Pausen erfolgt die Differenzierung des Anrufzeichens. Der Funkempfänger wird e i n m a l auf die Welle, auf der der Anruf erfolgt, abgestimmt. Der Empfänger nimmt nun zwar auch alle anderen Anrufe auf gleicher Welle und auch alle sich auf der betreffenden Welle bemerkbar machenden Störimpulse auf, die Weckeinrichtung spricht jedoch nur an, wenn das Anrufzeichen ankommt, auf das sie eingestellt ist, also nur, wenn letztere die richtige Anzahl kurzer Striche enthält u n d diese sowie die Pausen die richtige Dauer aufweisen. Mittels verschiedener Relais wird ein aus der Fernsprechautomatik bekannter Schrittwähler bis zu dem Schritt vorgetrieben, an dem sich die Alarmeinrichtung befindet, die alsdann nach Beendigung des längeren Schlußstriches eingeschaltet wird. Die Schwierigkeit aller derartigen Einrichtungen liegt hauptsächlich in der Aussiebung der Störer. Selbst wenn der Anruf nur wenige Sekunden dauert, so werden auch in empfangsgünstigen Gegenden sehr oft Störer auftreten, die die Charakteristik des Anrufzeichens zu verwischen drohen. An die Striche können sich Störimpulse anhängen und sie dadurch länger machen als sie sein sollen oder in den Pausen können Störimpulse versuchen, den Schrittwähler vorwärts zu treiben. Die Auswahl der gewünschten Funkstelle und die Durchbringung des Anrufzeichens trotz Störer ist durch folgende Anordnung erreicht:

Die vom Funkempfänger aufgenommenen Impulse wirken über einen Gleichrichter auf das Eingangsrelais *J*, das auf bestimmte Stromstärken anspricht. Im glei-

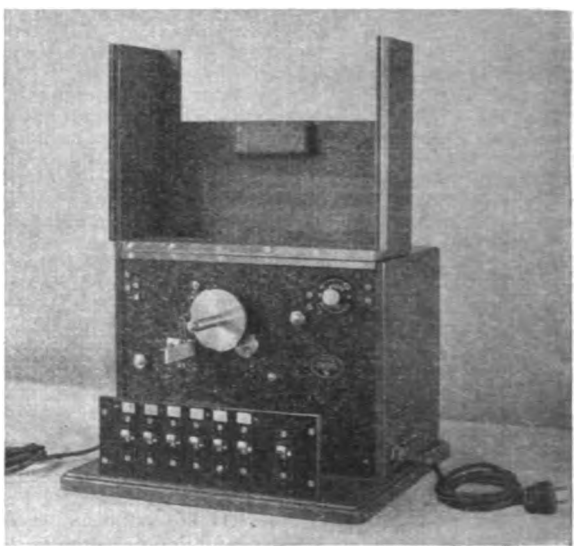


Abb. 3. Motor-Zeichengeber.

chen Stromkreise, in dem die Wicklung dieses Relais liegt, befindet sich eine der wichtigsten Einrichtungen zur Störbeseitigung, die als Amplitudenkontrolle bezeichnet werden soll und in der Zeichnung als Wagnerscher Hammer angegeben ist. Jedes elektromagnetische Relais hat die in diesem Falle gute, nicht zu entbehrende Eigenschaft, daß es nur bei bestimmter Stromstärke und mit gewisser Verzögerung (bis rd. $^1/_{20}$ s) anspricht; dadurch wird eine sehr erhebliche Anzahl von Störern unwirksam gemacht. Im einmal angezogenen Zustand dagegen genügen wesentlich geringere Stromstärken, um den Anker festzuhalten. Ein Relais mit einem sicheren Ankerhub, dessen Anzugsempfindlichkeit z. B. bei 10 mA liegt, klebt z. B. noch bei 6 mA. Nun liegen aber die meisten Störer in der Größenordnung von 6 ... 10 mA. Durch die Amplitudenkontrolle wird auf die einfachste Weise der Anker des Relais zum Abfall gebracht durch völlige, kurze Stromunterbrechung. Der Anker zieht nur wieder an, wenn der Impulsstrom 10 mA beträgt; ein Weiterkleben durch Störimpulse unter 10 mA ist dadurch unmöglich gemacht. Die Apparatur selbst beginnt erst zu arbeiten, nachdem der erste Impuls so lange gedauert hat, wie das Zeitrelais mit Anzugsverzögerung (*AZ*) zum Anzug des Ankers benötigt. Diese Zeit entspricht der Dauer des ersten längeren Striches des Anrufzeichens. Nun wird das Relais *AB* zum Ansprechen gebracht, das jedoch im Gegensatz zum ersten Zeitrelais mit Verzögerung des Ankerabfalls arbeitet. Der Schrittwähler macht jedesmal beim Anzug des Ankers des Relais *AB* einen Schritt. Die weitere Steuerung der Apparatur erfolgt nun nicht durch die eintreffenden Impulse des Anrufzeichens — dies ist eine weitere wesentliche Eigenschaft dieser Apparatur —, sondern selbsttätig durch das Relais *AB*. Bei Beendigung

[1] Der Weckanruf wird von der Telephonfabrik Berliner AG., Berlin, hergestellt.

Digitized by Google

des Ankerabfalles wird das Relais neu erregt und der Anker zieht erneut an, der Wähler macht einen weiteren Schritt usw. Die Amplitudenkontrolle wirkt also wie ein verlangsamter Wagnerscher Hammer. Die eintreffenden Impulse des Anrufzeichens kontrollieren lediglich diesen Vorgang und bewirken bei auftretendem Asynchronismus die Auslösung eines Stromstoßpendels, das die Apparatur in die Ausgangstellung zurückführt. Dieses Stromstoßpendel arbeitet aber ebenfalls mit geringer Verzögerung, um die kurzen Störimpulse, die trotz der Amplitudenkontrolle durchgekommen sind, nicht zur Auswirkung gelangen zu lassen. Ein Störtelegraphie-Sender, dessen Amplitude selbst wesentlich höher als die des Anrufzeichens ist, ist dadurch nicht in der Lage, die Charakteristik des Anrufzeichens zu stören. Längere Störer hoher Amplitude vernichten allerdings das Anrufzeichen; dann ist jedoch auch der Hörempfang unmöglich. Derartige Dauerstörer treten aber bei einigermaßen selektiven Empfängern fast nur bei atmosphärischen Entladungen auf, gegen die es in der Funkerei noch kein brauchbares Mittel gibt. Ein Fehlruf ist unmöglich. — Man benutzt zweckmäßig einen 5-Röhren-Neutrodyne-Apparat mit Lautsprecher, der mit dem Wecker in Verbindung steht.

Die Zeichengabe durch den Sender erfolgt mittels sehr einfacher Zeichengeber. Die Telephonfabrik Berliner AG. hat zwei Modelle ausgearbeitet, u. zw. in erster Linie einen Motor-Zeichengeber und dann auch einen solchen als Uhrwerk. Von Bedeutung ist freilich nur der erstere.

Der Motor-Zeichengeber besteht im wesentlichen aus einer oder mehreren Nockenscheiben, die von einem kleinen Elektromotor angetrieben werden; diese betätigen Federkontakte zur Steuerung des Senders. Jede Nockenscheibe hat den einzelnen Impulsen eines bestimmten Signals entsprechende Nocken; diese sind dafür da, um die Öffnung oder auch die Schließung der Steuerkontakte zu bewirken, wobei zu bemerken ist, daß die Vorsprünge der Nocken den einzelnen Signalimpulsen in ihrer Länge entsprechen. Die Umdrehung der Nockenscheibe ist so konstruiert, daß diese der Dauer eines vollständigen Anrufsignals gemäß ist, so daß durch mehrfaches Umlaufenlassen der Scheibe das Signal beliebig oft wiederholt werden kann. So ist es dem Zeichengeber möglich, ganz verschiedene Rufzeichen zu senden, wenn eine größere Anzahl verschiedener Nockenscheiben angebracht wird. Eine Reihe von Hebelschaltern bewirkt die Auswahl des zu gebenden Signals. Wie Abb. 3 zeigt, sind die Hebelschalter zusammen mit dem Schalter zur Ingangsetzung des Triebwerkes an der Vorderwand des Zeichengebers angebracht. Der Gesamtablauf der Signale wird durch eine genaue Fliehkraftbremse und Rutschkupplung des Motorzeichengebers bewerkstelligt, damit ein sicheres Arbeiten der Weckrufapparatur gewährleistet werden kann.

Hinsichtlich des Uhrwerk-Zeichengebers sei nur soviel gesagt, daß er sich zwar durch ganz besonders große Genauigkeit in seiner Arbeit auszeichnet, jedoch ungleich kostspieliger als der Motor-Zeichengeber ist.

Der Freileitungsmesser.

Von Oberlandmesser **M. Höfer**, Altona.

Übersicht. **Ein Gerät zur Messung des Durchhangs und sonstiger Höhenabstände von Freileitungen wird beschrieben. Die Wahl des Standortes der Beobachtung wird unter Berücksichtigung der perspektivischen Verzerrung erörtert.**

Zur Bestimmung des Durchhanges einer Starkstrom-Freileitung oder ihres senkrechten Abstandes vom Erdboden und kreuzenden Leitungen oder anderen festen Gegenständen genügt im allgemeinen eine Genauigkeit von 2 ... 3 cm. Um diese zu erreichen, bedarf es keines Meßgerätes von verwickelter Bauart mit Fernrohr, sondern nur einer einfachen Vorrichtung mit Zielmarken (Dioptern), da die Entfernung des Beobachters vom Ziel höchst selten 100 m erreicht, meist aber viel geringer ist. Ein solches einfaches Gerät bringt die Werkstätte für wissenschaftliche Präzisionsinstrumente von Max Wolz in Bonn, Beethovenstr. 38, auf den Markt.

In einem Stativ steht ein Stahlrohr, das über dem Schuh einen Knebel (Querdorn) trägt, mit dem es fest in den Boden getreten werden kann. Eine Nuß, die unten halbkugelförmig endet, sitzt gleitend auf dem Rohr und sinkt in einen kreisrunden Ausschnitt des Stativkopfes; sie wirkt wie ein Kugelgelenk. Das Stahlrohr wird mittels eines Handlotes senkrecht gestellt, festgetreten und bildet nun einen sicheren Träger für das eigentliche Meßgerät (vgl. Abb. 4). Ein vierkantiger Maßstab mit Millimeterteilung geht in einen walzenförmigen Zapfen über, der in das obere Ende des Standrohrs gesteckt wird; vorher wird aber der Zapfen durch den quadratischen Ausschnitt eines Balkens gesteckt, der den waagerechten Träger für einen zusammenklappbaren Rahmen bildet, dessen oberes waagerechtes Glied in den Kopf des Maßstabes eingezapft wird. Der senkrechte Arm des Rahmens trägt zwei kleine Rähmchen, durch die Zwirnsfäden als Zielmarken gespannt sind. Ein senkrechter Zwirnsfaden verbindet sie; er dient zur Einstellung des Zieles in senkrechter Richtung.

Auf dem Maßstab gleitet eine Hülse, die eine Vorrichtung (Ätzstrich auf Zelluloid) zur Ablesung des Maßstabes auf geschätzte Zehntelmillimeter und seitlich ein Rähmchen mit glasheller Zelluloidplatte trägt. Auf diese Platte sind als Zielmarken ein waagerechter und ein senkrechter Strich eingeritzt, die in der Mitte unterbrochen sind. Die Unterbrechung gestattet eine außerordentlich scharfe Einstellung in die Richtung über Zielpunkt (Leitung) und Faden. Der waagerechte Abstand der Zielfäden vom Zielkreuz an der Maßstabhülse beträgt 0,50 m. Aus Abb. 1 ergibt sich, daß man die Hülse nur so einzustellen hat, daß die Ziellinie erst den einen und dann den anderen Endpunkt des Zieles (etwa Leitung und Erdboden) trifft; in beiden Stellungen ist der Maßstab abzulesen. Ist der Unterschied der Ablesungen a und die Entfernung des Zieles vom Zielfaden e, so ist das Ziel $z = 2\,e\,a$, wenn e in Metern ausgedrückt ist. z erhält man in der Maßeinheit, in der a angesetzt ist, zweckmäßig in Zentimetern.

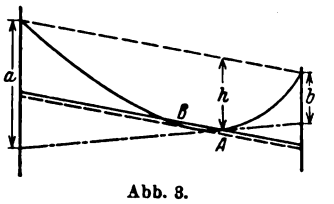


Abb. 3.

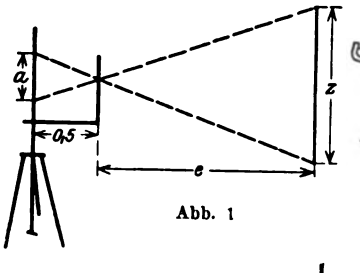


Abb. 1

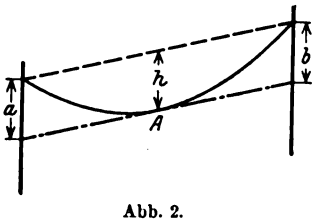


Abb. 2.

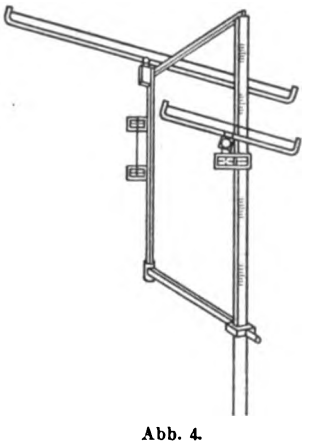


Abb. 4.

Um den Bodenpunkt richtig zu erfassen, wird man einen Fluchtstab oder Handstock, unter Umständen nur einen auffallenden Stein durch Einwinken von Mast zu Mast an der gewünschten Stelle unter die Leitung bringen. Die Entfernung e wird mit Bandmaß oder Latten gemessen. (Man mißt zweckmäßig bis zum Standrohr und zieht 0,5 m ab.) Soll der Abstand sich kreuzender Leitungen gemessen werden, so muß ebenfalls der Kreuzungspunkt am Erdboden bezeichnet werden; auf diesen ist die senkrechte Zielvorrichtung einzustellen. Den Standort wählt man nach Augenmaß möglichst auf der Halbierungslinie des Kreuzungswinkels. Die waage-

Digitized by Google

rechten Zielfäden erscheinen im allgemeinen als Sekanten der Leitungsbogen mit den Schnittpunkten in der senkrechten Zielebene. In den vorgenannten Fällen wird die Entfernung e je nach der Höhe der Leitungen zu 15 ... 35 m gewählt werden können; die Genauigkeit wird sehr groß. Dennoch wird man die Messung zweimal ausführen, um sich vor Irrtümern bei der Ablesung zu schützen. Da an dem Rahmen zwei Zielfäden angebracht sind, kann man zwei Beobachtungen von demselben Standort aus machen. Sollte aber ein Zielstrahl nicht mehr auf den Maßstab fallen, so wird wenigstens e i n Zielfaden immer brauchbar sein.

Unter dem Durchhang einer Freileitung versteht man bekanntlich die größte Pfeilhöhe des Bogens zur Sehne zwischen den Aufhängepunkten in der Richtung zum Erdmittelpunkt (bei ungleicher Höhe der Aufhängepunkte n i c h t w i n k e l r e c h t zur Sehne).

Man kann die Pfeilhöhe ermitteln, indem man die Sehne gleichlaufend in die Tangentenlage verschiebt. Aber der Beobachter muß sich dann auf der Mittelsenkrechten des Spannfeldes befinden; die größte Pfeilhöhe der Kettenlinie liegt in der Bogenmitte, und man sieht sie nur richtig, wenn man senkrecht davor steht. Das ist keineswegs so allgemein bekannt, wie man glaubt. Von der Mittelsenkrechten aus bietet sich dem Auge der Anblick der Abb. 2. Die Tangente schneidet an den Leitungsmasten die gleichen Stücke $a = b$ ab; sie sind scheinbar gleich h, tatsächlich größer wegen der größeren Entfernung vom Standort. Nun wähle man den Standort in der Nähe des Maßes a (Abb. 3), dann erscheint a wegen der Perspektive viel größer, b viel kleiner und h nicht mehr in der Mitte, sondern stark nach b hin verschoben. Die Tangente in A ist nicht mehr gleichlaufend zur Sehne. Die Abschiebung der Sehne in die Tangentenlage führt zu einem erheblich näherliegenden Punkt B. Die Pfeilhöhe ist hier scheinbar größer; die Ausrechnung nach der Formel $z = 2\,a\,e$ der Abb. 1 wird dennoch wegen des kleineren e ein kleineres und falsches Ergebnis liefern. Man muß den Punkt A als Mittelpunkt des Spannfeldes bestimmen und am Erdboden bezeichnen; dann kann man die Beobachtung von jedem beliebigen Standpunkt aus machen; aber die Gleichlauflinie zur Sehne wird eine Sekante und keine Tangente, wenn man außerhalb der Mittelsenkrechten steht.

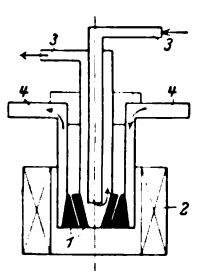
Auf das neue Gerät werden nun zwei Fadenträger aus Aluminium gesteckt, ein kleinerer von etwa 20 cm Länge an die Maßstabhülse, ein größerer von etwa 70 cm Länge an den Rahmen (Abb. 4). Beide lassen sich durch Druckschrauben im Schwerpunkt so anklemmen, daß sie eben noch drehbar sind und in jeder Stellung stehen bleiben. Man stellt beide Fäden gleichlaufend und verschiebt die Maßstabhülse, daß die Fadenebene durch einen Aufhängepunkt geht. Sie wird den anderen nicht gleich treffen; aber durch entsprechende Drehung und Nachschieben der Hülse wird man im Annäherungsverfahren sehr schnell erreichen, daß die Sehne des Durchhangbogens in der Fadenebene liegt. In dieser Stellung liest man den Maßstab ab und verschiebt dann die Hülse so, daß die Fadenebene durch die Leitung in der Mitte des Spannfeldes geht. In dieser Stellung macht man die zweite Ablesung; der Ablesungsunterschied ist das Maß a für die Formel $z = 2\,e\,a$.

Die Messung der Entfernung e kann man ersparen, wenn man unter dem Ziel eine Meßlatte von etwa 5 m Länge senkrecht aufhalten läßt und als Hilfsziel benutzt. Liefert die Latte das Ergebnis a', so ist $z = 5\,a/a'$.

Die Vorzüge des Gerätes bestehen in der Einfachheit seiner Bauart, in der Möglichkeit, die Zielfäden leicht zu ersetzen, wenn sie zerreißen, und nicht zuletzt in der Billigkeit. Das ganze Gerät wird 165 RM kosten, während Fernrohrgeräte etwa das Dreifache kosten. Der Aufbau ist in einen schmalen, rd. 50 cm langen Kasten verpackt; zu dem Zweck ist er zerlegbar, und der lange Fadenträger läßt sich zusammenklappen; das Standrohr bleibt bei dem Stativ.

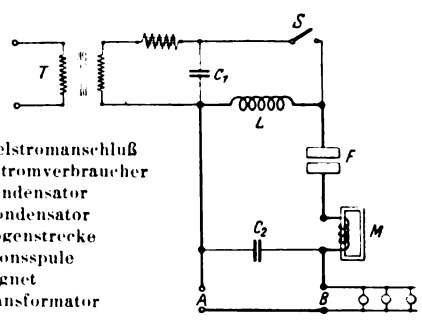
Luft-Lichtbogen-Gleichrichter mit Funkenzündung.

Wird einem Lichtbogen ein kaltes Metallstück genähert und an dieses Stück und die Bogenkathode eine Wechselspannung gelegt, so fließt ein pulsierender Gleichstrom in diesem Kreis, denn der Strom vermag nur dann auf das Metallstück überzutreten, wenn dieses Anode ist (Bedingung des heißen Kathodenflecks im Bogen)[1]. Auf dieser Grundlage hat P. T o u l o n[2] einen Gleichrichter konstruiert, der sich durch Einfachheit und weitgehende Regelbarkeit auszeichnet. Toulon wählt als Bogenelektroden zwei gekühlte Metallstücke, zwischen denen der Bogen mittels eines Hochfrequenzfunkens eingeleitet wird. Infolge der guten Kühlung und außerdem der durch ein Magnetfeld erzeugten raschen Fortbewegung des Bogens erlischt dieser, sobald der Strom seine Richtung umkehrt. Beim Einsetzen der wieder in der ersten Richtung verlaufenden Halbwelle des Wechselstromes muß der Bogen erneut durch einen Funken gezündet werden. Abb. 1 zeigt den Bau einer Lichtbogenstrecke; der Bogen brennt zwischen konischen Kontaktstücken und wird von dem durch eine Spule erzeugten Magnetfeld zu rascher Rotation gebracht. Der Verfasser gibt für die Lichtbogenstrecke noch eine Reihe anderer Ausführungsformen an. Die Wasserkühlung läßt sich z. B. durch Verwendung von Kühlflügeln aus Aluminium vermeiden, auch ist es besser, für das Magnetfeld einen eisengeschlossenen Kreis vorzusehen. Abb. 2 zeigt die prinzipielle Schaltung des ganzen Stromkreises samt der Hilfszündung. Wie man sieht, wird das Magnetfeld von dem gleichgerichteten Strom selbst geliefert. Die Energie für die Zündung wird einem kleinen Hilfstransformator T entnommen; sie speichert sich im Kondensator C_1 und entlädt sich über die Induktionsspule L in einem Augenblick, der durch das Einlegen des Schalters S bestimmt wird. Durch die entstehende Schwingung wird in der Funkenstrecke F der Lichtbogen gezündet und durch diesen der Weg für die eine Halbwelle des in A anzuschließenden Wechselstromnetzes freigegeben. Bei B wird der Gleichstromabnehmer angeschlossen. Durch die Wirkung des Blasfeldes M erlischt der Lichtbogen bei Spannungsumkehr und setzt erst wieder ein, wenn S geschlossen wird. Dieser Schalter wird zweckmäßig als rotierender Funkenstrecken-Gleichrichter mit Antrieb durch Synchronmotor ausgebildet. Die ganze Einrichtung kann ohne weiteres mit sechs Lichtbogenstrecken für Sechsphasenbetrieb ausgebildet werden und liefert dann einen Gleichstrom recht befriedigender Konstanz, dessen effektive Höhe z. B. durch Verstellen des Zündzeitpunktes geändert werden kann.



1 Elektroden
2 Magnetspule
3, 4 Kühlwasser-Durchfluß

Abb. 1. Beispiel einer Bogenstrecke im Toulon-Gleichrichter.



A Wechselstromanschluß
B Gleichstromverbraucher
C_1 Zündkondensator
C_2 Sperrkondensator
F Lichtbogenstrecke
L Induktionsspule
M Blasmagnet
T Zündtransformator

Abb. 2. Schaltung für Einwellen-Gleichrichtung.

Der Verfasser hat dem Lichtbogen seiner speziellen Anordnung besondere Untersuchungen gewidmet und den Einfluß des Elektrodenmaterials, des umgebenden Gases, der Temperatur usw. festgestellt. Er findet, daß Nickelelektroden und Luft als Dielektrikum sich am besten für den praktischen Betrieb eignen; dabei ist es vorteilhaft, ein Vakuum von 12 cm Hg aufrechtzuerhalten. Toulon beschreibt schließlich ausführlich den Aufbau eines Gleichrichters für 100 kW Gleichstromleistung (250/600 V, 400/175 A), der mit Sechsphasenschaltung arbeitet. Er glaubt, daß diese Gleichrichterart dank der Einfachheit des Aufbaus und der Regelfähigkeit eine Zukunft haben wird, zumal auf dem Gebiet der Zugförderung, und daß sie geeignet ist, in erfolgreichen Wettbewerb mit dem Quecksilberdampf-Gleichrichter zu treten. Bislang allerdings hat der Toulon-Gleichrichter nur eine recht beschränkte Lebensdauer (etwa 100 h), bedingt durch den Verschleiß der Elektroden. *Wi.*

[1] Vgl. S e e l i g e r, ETZ 1928, S. 853.
[2] P. T o u l o n, Rev. Gén. de l'El. Bd. 25, S. 477 u. 518.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Die Eisenwärme in elektrischen Kleinstmaschinen. — Die Eisenwärme in elektrischen Maschinen hat Einfluß auf deren Wirkungsgrad. Dieser Einfluß ist um so größer, je kleiner die Maschine ist. Die elektrischen Kleinstmaschinen haben einen Ankerdurchmesser von annähernd 50 mm. Ihr Aufbau ist so einfach wie möglich: ein Feldmagnet mit zwei ausgeprägten Polen und ein Anker mit Stromwender. Sie werden mit Gleichstrom oder Wechselstrom betrieben. — Die Eisenwärme ist abhängig von der Verteilung des magnetischen Feldes. Da die Nutung des Ankers bei den kleinen Maschinen aus mechanischen Gründen recht grob ausfallen muß, ist der Einfluß der Feldverteilung auf die Eisenwärme hier besonders groß. Abb. 1 zeigt die für eine Maschine auf zeichnerischem Wege bestimmte Feldverteilung. Dieses Feldbild erweist sich außerdem als nützlich bei der Beurteilung des magnetischen Aufbaus der Maschinen. Man erkennt mit ihm, daß es unzweckmäßig ist, die kleinen Maschinen mit weit ausgreifenden Polschuhen zu versehen, da nur ein verschwindend kleiner Teil des magnetischen Kraftflusses in die Polhörner eindringt, um von dort aus in den Anker überzutreten.

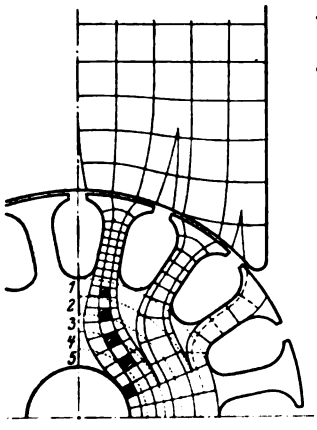


Abb. 1. Feldverteilung im Anker und im Polschuh einer Maschine von 4,77 cm Ankerdurchmesser bei Vernachlässigung der Nuten- und Streuflüsse.

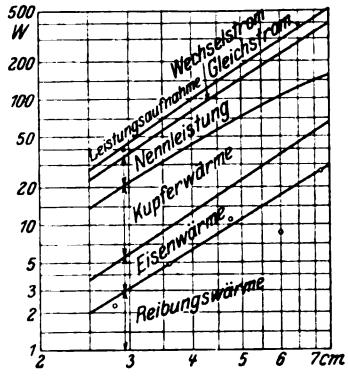


Abb. 2. Die Eisenwärme als Bestandteil der aufgenommenen Leistung von normalen Gleich- und Wechselstrom-Kleinstmaschinen mit einer Drehzahl von 3000 U/min als Funktion des Ankerdurchmessers.

Die sich aus Hysterese- und Wirbelstromwärme zusammensetzende Eisenwärme kann in der üblichen Weise berechnet werden. Hierbei werden Faktoren verwendet, welche die durch die Bearbeitung der Eisenteile hervorgerufene „zusätzliche" Eisenwärme berücksichtigen. Aus Messungen, die an unbewickelten Ankern nach dem Hilfsmotorverfahren, an bewickelten Ankern nach dem Leerlaufverfahren durchgeführt werden können, ergibt sich, daß die zusätzliche Eisenwärme die Hysteresewärme um etwa 40 %, die Wirbelstromwärme um etwa 300 % vergrößert. Diese Zahlen lassen den großen Einfluß der Bearbeitung auf die Eisenwärme erkennen. Sie werden verständlich, wenn man in Betracht zieht, daß schon bei großen Maschinen die zusätzliche Eisenwärme beträchtlich ist und die vorliegenden Maschinen außerordentlich klein sind. Der Einfluß der zusätzlichen Wirbelstromwärme auf die gesamte Eisenwärme ist nicht so bedeutend, wie man aus seiner auf die Wirbelstromwärme bezogenen prozentualen Höhe schließen könnte; denn die Wirbelstromwärme ist in vorliegendem Falle erheblich kleiner als die Hysteresewärme. Die Bestimmung des Einflusses der Eisenwärme auf Nutzleistung und Wirkungsgrad führt zu dem Ergebnis, daß dieser bei einer Gleichstrommaschine von 5 cm Ankerdurchmesser etwa 10 % beträgt. Abb. 2 zeigt die Eisenwärme als Bestandteil der aufgenommenen Leistung von Gleich- und Wechselstrom-Kleinstmaschinen. Wir erkennen hieraus, daß die Eisenwärme bei einem Ankerdurchmesser von 5 cm etwa den gleichen Einfluß auf den Wirkungsgrad hat wie die Reibungswärme. Hinter der Kupferwärme bleibt sie erheblich zurück. (M. E. Bergmann, Dr.-Ing.-Dissertation, T. H. Breslau 1927.) *Sb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Praktische Pyrometrie. — G. B. Brook, H. J. Simcox und E. Wilson haben bei Temperaturmessungen in Aluminiumöfen mittels Thermoelemente mit Weston-Drehspulgalvanometer bemerkenswerte Differenzen entdeckt, die von dem durch die Zuleitungen erzeugten magnetischen Feld herrührten. Da hier Ströme von mehr als 20 000 A benutzt wurden, so erzeugten diese am Standort des Galvanometers Felder bis zu 130 Gauß. Bei einem Ausschlag von 180 ° wurden hierdurch Fehler von 2—3 mV, entsprechend 50 ° C konstatiert. Als das Galvanometer durch einen Eisenmantel abgeschirmt war, betrug die Abweichung nur noch 0,5 mV, entsprechend 8 ° C; durch einen doppelten Eisenmantel mit Luftzwischenraum wurde diese Abweichung noch weiter herabgesetzt. Die Verfasser geben dann noch Winke für die Isolation der Zuleitungen und bemerkenswerte Aufschlüsse über passende Thermoelemente aus Nickel-Chrom-Stahl als positivem Pol und einer Legierung von 54 % Cu, 45 % Ni und 1 % Mn, deren EMK bei 1000 ° C 60 mV betragen soll und die auch über 1000 ° C noch verwendbar sein sollen.

Das schwierige Problem, für Thermoelemente ein Schutzrohr, welches durch flüssiges Aluminium von über 750 ° C nicht angegriffen wird, zu lösen, glauben sie in der Verwendung von gewöhnlichem Gußeisen gefunden zu haben, denn ein solches Tauchrohr widerstand den Angriffen 6 Monate lang, während die bisher verwendeten Schutzrohre nur 1 Woche aushielten. Das Rohr wird aber zweckmäßig durch einen Überzug von Kalk mit Graphit und Kieselsäure geschützt. (G. B. Brook, H. J. Simcox u. E. Wilson, Engg. Bd. 126, S. 822.) *Kps.*

Beleuchtung.

Flugplatzbeleuchtung in Amerika. — Das amerikanische Department of Commerce fordert von einem Flugplatz folgende Beleuchtungsausrüstung: einen Flughafenscheinwerfer, einen beleuchteten Windrichtungsanzeiger, Grenzlichter, Hindernislichter, Hallenbeleuchtung, Wolkenhöhenmesser und eine Landeflutbeleuchtung. Die Scheinwerfer arbeiten mit 1000 W Leistungsaufnahme entweder mit 115- oder mit 30 V-Lampen. Die Lebensdauer der Lampen beträgt 500 h. Die Scheinwerfer geben mit der 30 V-Lampe 5 000 000, mit der 115 V-Lampe 2 000 000 HK. Zur Beleuchtung des Windrichtungsanzeigers dienen meist vier 1000 W-Lampen. Die Größe des Landeplatzes wird durch Lampen von 600 Lumen (Serienlampen für 6,6 A) oder durch 25 W-Lampen in Parallelschaltung kenntlich gemacht. Die Grenzlichter sind auf weiß und gelb angestrichenen Kegeln aufgebaut. Die Hindernislichter sind, wie allgemein üblich, mit roten Überfangglocken versehen. Zur Angabe der Wolkenhöhe wird ein Scheinwerfer aufgestellt, der mit einer 500 W-, 110 V-Lampe ausgerüstet ist und unter einem bestimmten Winkel sein Licht entsendet. Die tatsächliche Höhe wird dann durch Triangulation gefunden. Für die Rollfeldbeleuchtung gilt im allgemeinen, daß sie mindestens 0,15 ft candle = 1,8 Lux betragen soll. (H. E. Mahan, El. World Bd. 93, S. 881.) *F. Bn.*

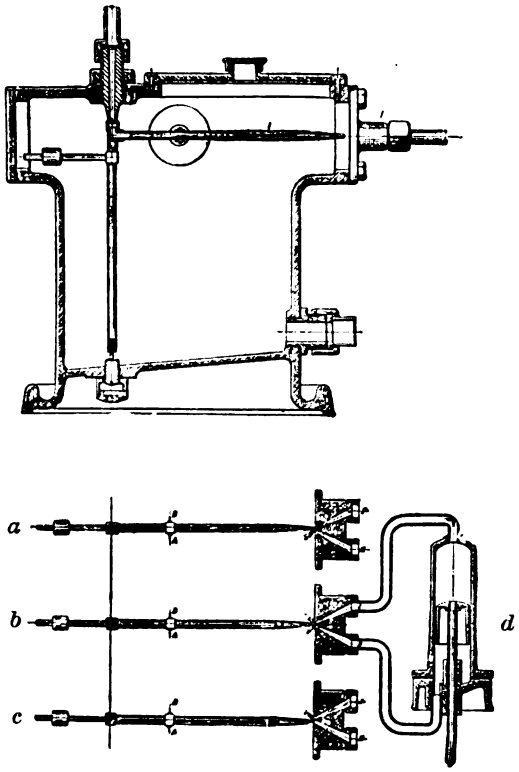
Allgemeiner Maschinenbau.

Selbsttätige Feuerführung und Dampferzeugung in Kraftwerken. — Wenn man im Kesselbetriebe die Feuerführung durch Aufstellung geeigneter Meßinstrumente wirtschaftlicher gestalten[1] und jede Funktion des Kessels wie Zug, Druck, Differenzdruck, Temperatur, Rauchgaszusammensetzung messen bzw. registrieren will, so stellen die Meßgeräte schon einen erheblichen Anschaffungswert dar. Es erhebt sich dabei die Frage: Soll man trotz Überwachungs- und Betriebsführungsinstrumenten in hohem Maße von der Aufmerksamkeit und dem Gefühl des Bedienungspersonals abhängig bleiben oder ist dann nicht die selbsttätige Regelung[2] vorzuziehen? Man kann sich in diesem Fall auf die zur Einstellung und Kontrolle der Regler notwendigen Meßgeräte beschränken, und die Kosten stellen sich dabei erfahrungsgemäß oft niedriger als für eine lediglich der Überwachung dienende Instrumentenanlage.

[1] ETZ 1929, S. 1668.
[2] ETZ 1928, S. 28, 129.

Digitized by Google

Abb. 3 soll ein derartiges Regelprinzip erläutern. Das eigentliche Bauelement ist das sogenannte Strahlrohr, welches dauernd von einem Ölstrahl von etwa 5 at Druck



a nach links abgelenkt *b* Mittelstellung *c* nach rechts abgelenkt *d* Servomotor

Abb. 3. Strahlrohr.

führen. Das Strahlrohr ist einseitig gelagert, und ungefähr in der Mitte zwischen Lagerung und Ölaustritt ist der Angriffspunkt für seine Verstellung. Die Verstellkraft wird von einem beliebigen Meßsystem — ganz gleich, ob es Dampfdruck, -menge oder sonst ein Impuls ist — ausgeübt. Ihr gegenüber steht eine das Gleichgewicht herstellende Kraft, die entweder von einer Einstellfeder oder aber von einem zweiten Meßsystem, das als Rückführung dient, ausgeht. Das Strahlrohr, das an dem Austritt etwa 2,5 mm Dmr. hat, wird im Maximum um ± 1,25 mm nach rechts oder links abgelenkt; es sind also äußerst kleine Bewegungen, die aber sehr große Kräfte auf die eine oder andere Seite des Kolbens im Servomotor umsetzen. Mit diesem Steuerorgan lassen sich nun die verschiedensten Vorgänge, z. B. Regelung einer Klappe, eines Ventils oder Schiebers, eines elektrischen Anlassers oder sonst einer Einrichtung, in ganz exakter Weise durchführen.

Dieses Strahlrohrprinzip, wonach der Askania-Strahlrohrregler seinen Namen hat, ist von den Askania-Werken AG. Bambergwerk, Berlin, in Gemeinschaft mit der AEG für das Gebiet der Feuerungsregelung angewendet worden. Für einen solchen Fall, u. zw. der Regelung der Dampferzeugung in Abhängigkeit vom Dampfverbrauch durch Beeinflussung der Kohlenzufuhr und der Verbrennungsluftmenge, gilt das abgebildete Schema (Abb. 4). Von der Dampfsammelleitung wird der Druck auf den sogenannten Kommandogeber übertragen. Der Dampfdruck ist hierbei gleichbedeutend mit der Dampfmenge, was durch die Abnahme des Impulses im sogenannten Gleichdruckpunkt im Dampfsammelrohr erzielt wird. Wird nun z. B. mehr Dampf gefordert, so wird über das Impulssystem *1* das Strahlrohr *3* des Kommandogebers aus der Ruhestellung abgelenkt, der Kraftzylinder *14* wird bewegt und dadurch die Erregung der Steuerdynamo *D* eines Leonardumformers verändert. Hierdurch wird die Gleichspannung, an der die Wanderrostantriebsmotoren M_1, M_2... liegen, ebenfalls geändert, also die Kohlenzufuhr entsprechend der erhöhten Dampfabnahme gesteigert. Um hierbei keine Überregelung zu bekommen, wird eine Rückführung des Kommandoimpulses dadurch erreicht, daß von einem kleinen Meßgebläse *8* ein Luftdruck gegen die Membran *4* des Gegenimpulssystems arbeitet. Das Meßgebläse wird von einem kleinen an der Spannung der Wanderrostmotoren liegenden Hilfsmotor angetrieben. Die Drehzahl

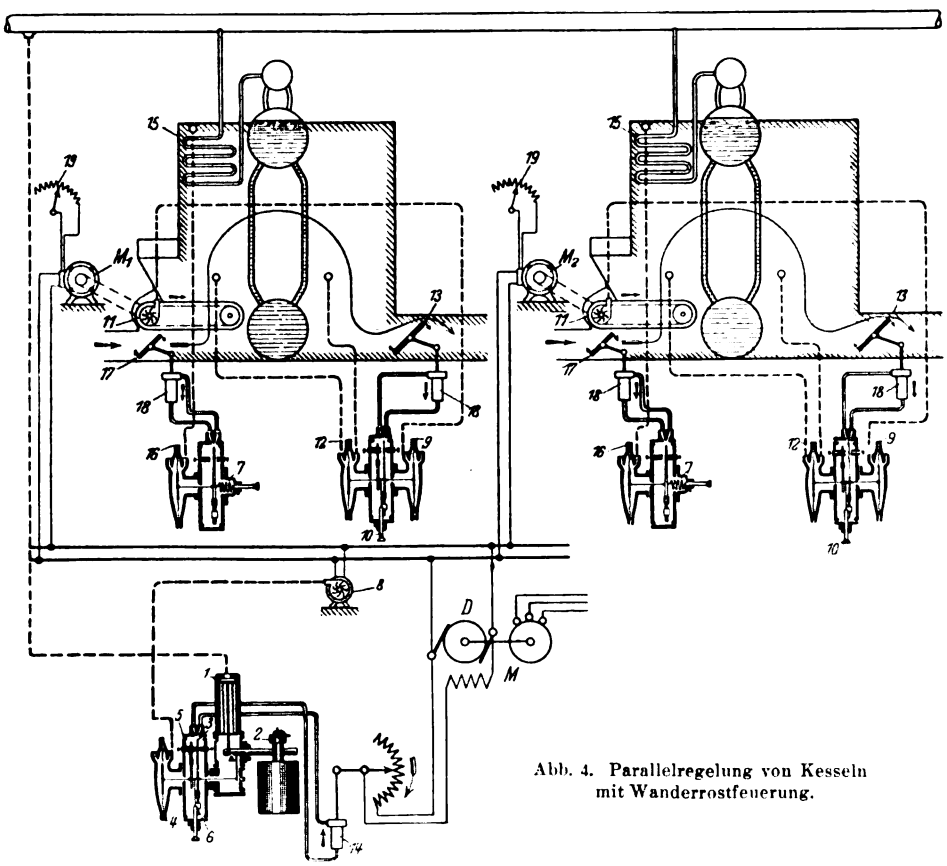


Abb. 4. Parallelregelung von Kesseln mit Wanderrostfeuerung.

1 Dampfdruckmeßsystem
2 Gegengewicht
3 Strahlrohr
4 Rückführmembran für Drehzahl der Rostmotoren
5 Übertragungshebel
6 Einstellschieber
7 Einstellsystem für Feuerraumdruck
8 Hilfsmotor mit Rückführgebläse
9 Meßsystem für Brennstoffmenge
10 Verhältnisregler-Steuerwerk
11 Meßgebläse für Brennstoffmenge
12 Rückführmembran des Verhältnisreglers
13 Rauchgasklappe
14 Steuerzylinder für Nebenschlußregler
15 Meßstelle für Feuerraumdruck
16 Vom Feuerraumdruck beeinflußte Membran
17 Luftzutrittsklappe
18 Steuerzylinder für Lufteintritt bzw. Rauchgasdurchtritt
19 Nebenschlußwiderstände

D Steuerdynamo *M* Drehstrommotor
M_1, M_2 Rostantriebsmotoren.

durchströmt wird. Dieses Öl tritt an einem düsenförmig gestalteten Ende aus und spritzt in zwei dem Rohr gegenüberstehende Verteilerlöcher, die zu einem Servomotor

des Motors ändert sich verhältnisgleich mit der Spannung der Steuerdynamo, der auf die Rückführmembran wirkende Druck quadratisch dazu, so daß bei einer Kohlenmenge

Digitized by Google

(= Rostgeschwindigkeit), die der entnommenen Dampfmenge entspricht, das Strahlrohr in die Mittellage zurückkehrt. Ein mit dem Wanderrostantrieb gekuppeltes Meßgebläse *11* dient zur Einregelung des Rauchschiebers, um entsprechend der zugeführten Kohlenmenge die erforderliche Verbrennungsluftmenge zu bekommen. Der Druck dieses Meßgebläses wirkt auf die Membran *9*, von der über den Steuerzylinder *18* die Rauchgasklappe *13* verstellt wird. Eine Rückführung für diesen Regler erreicht man dadurch, daß der zwischen Feuerraum und Fuchs bestehende Zugunterschied auf der Membran *12* lastet. Die Regelung des Feuerraumdruckes geschieht in der Weise, daß eine jalousieartige Verkleidung *17* des Wanderrostes von der Membran *16* über den an diesem Regler liegenden Servomotor *18* gesteuert wird. Die Einstellfeder *7* dient als Gegenkraft für die Membran und gestattet innerhalb gewisser Grenzen beliebige Einstellung. Eine Rückführung ist hierbei nicht nötig, weil es nur eine Lage, d. h. nur einen Druck im Feuerraum, gibt, bei dem Gleichgewicht herrscht.

In ähnlicher Weise werden auch kohlenstaubgefeuerte Kessel geregelt; die Zufuhrregelung des Brennstoffes erfolgt an der Kohlenaufgabevorrichtung unter Berücksichtigung der den einzelnen Schnecken zugehörigen Verteiler. Ferner wird an Feuerstätten dieser Art eine Nachregelung des Mengenverhältnisses von Kohle und Luft durch einen mechanischen Rauchgasprüfer herbeigeführt, der in geeigneter Weise einen Korrekturimpuls auf das betreffende Reglersteuerwerk gibt.

Auf die einzelnen Schaltungen kann nicht näher eingegangen, sondern nur noch darauf hingewiesen werden, daß auch Kessel mit Gas- oder Ölfeuerung ausgezeichnet für eine selbsttätige Betriebsführung geeignet sind, in gewissem Sinne sogar noch besser, weil sich hierbei der zugeführte Brennstoff mengenmäßig einfacher und sicherer mittels bekannter Meßverfahren erfassen läßt als bei kohlegefeuerten Anlagen, bei denen nur eine relative Messung zwecks Erhalt eines Regelimpulses vorgenommen werden kann. *Tft.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Schirmwirkung und Wirbelstromverluste eines hohlen kreiszylindrischen Leiters im magnetischen Wechselfeld. — Reaktanzspulen haben einen sehr viel größeren Ohmschen Widerstand, als man auf Grund der reinen Gleichstromverluste und des normalen Hauteffektes vermuten möchte. Meßtechnische Untersuchungen haben ergeben, daß der Wirkwiderstand von Reaktanzspulen, soweit er den reinen Kupferverlusten entspricht, besonders im fabrikneuen Zustande das 2,5fache des Gleichstromwiderstandes betragen kann. Die Ursache liegt in den zusätzlichen Wirbelstromverlusten, die in einer beliebigen Windung durch das Feld der übrigen Windungen erzeugt werden. Die Bestimmung dieser zusätzlichen Verluste führt bei Zerlegung des Gesamtproblems zu der Teilaufgabe, die Größe und die Verteilung der Wirbelströme in einem kreiszylindrischen Leiter zu berechnen, der in einem magnetischen homogenen Wechselfeld senkrecht zu seiner Achse liegt. Für die von H. Buchholz durchgeführte Rechnung wurde das Problem noch dahin erweitert, daß nicht nur der volle zylindrische Leiter, sondern auch der hohle zylindrische Leiter untersucht wurde.

In der angeführten Arbeit wird für dieses Problem die streng richtige Lösung angegeben und diskutiert. Für den hohlen zylindrischen Leiter wird im besonderen seine Schirmwirkung näher untersucht und die Größe des fremden Feldes im Innern des Zylinders für zwei Sonderfälle angegeben. Für den vollen zylindrischen Leiter wird der streng richtige Ausdruck für die Wirbelstromverluste im Innern des Leiters für die beiden Grenzfälle kleiner und großer Frequenzen angegeben. Zum Schluß werden die Resultate auf die überschlägige Berechnung der zusätzlichen Verluste in einer Reaktanzspule angewendet, für die die Verteilung des magnetischen Feldes im Innern des Spulenkörpers bekannt ist. Unter der vereinfachenden Annahme, daß die Windungsleiter der Spule massiv sind, wird gefunden, daß allein die zusätzlichen Verluste das 2,95fache der reinen Gleichstromverluste betragen. (H. Buchholz, Arch. El. Bd. 22, H. 4/5, S. 360.)

Der Lichtbogen bei niederfrequentem Wechselstrom. — Es ist interessant, die Vorgänge im Lichtbogen bei niedriger Frequenz zu untersuchen, denn hier kommt die wiederkehrende Abkühlung der Elektroden besonders stark zum Ausdruck, was die Strom- und Spannungskurven stark beeinflußt. Zur Klärung dieser Fragen hat Cl. Schenfer folgende Versuche durchgeführt. Die Bogenkohlen werden an den Wechselstromgenerator besonderer Konstruktion (Frequenzwandler) geschaltet: schaltet man die Schleifringe des Frequenzwandlers an das Drehstromnetz mit der Frequenz f und treibt seinen Rotor entgegen der Drehrichtung des vom Netzstrom erregten Drehfeldes an, so tritt zwischen den Bürsten eine Wechselspannung mit der Schlupffrequenz sf auf. Die Strom- und Spannungskurven wurden mit dem Oszillographen aufgenommen. Aus den Oszillogrammen ist zu ersehen, daß die Spannungskurven bei niedriger Frequenz beinahe eine Trapezform annehmen. Außerdem treten in den Spannungskurven scharf ausgeprägte Spitzen auf, die einer Spannungserhöhung bei Stromdurchgang durch Null entsprechen. Die Spitzen werden um so größer, je niedriger die Frequenz des Wechselstromes ist, und entsprechen der Größe nach der Zündspannung, die für eine Neuzündung des Bogens erforderlich ist. Der Einfluß der Frequenz auf die Gestalt der Strom- und Spannungskurven kann durch die Abkühlung der Elektroden bei Stromdurchgang durch Null erklärt werden. (Cl. Schenfer, Arch. El. Bd. 22, H. 6, S. 633.)

Hochspannungstechnik.

Neonröhren als ortsfeste Spannungsanzeiger. — In den Anlagen der United Electric Light & Power Co., New York, haben mit Neon gefüllte Glimmentladungsröhren in großem Ausmaß als ortsfeste Spannungsanzeiger Verwendung gefunden. Selbstverständlich müssen nach wie vor alle üblichen Vorsichtsmaßregeln beachtet werden, ehe an einem Anlagenteil gearbeitet werden darf; die Neonröhren sollen nur als zusätzliches Gerät die Übersicht erleichtern und in Fällen, wo die sonst üblichen Kontrollampen einmal nicht verwendet werden können, diese ersetzen. Um außerdem Fehler möglichst auszuschließen, sollen mindestens zwei gleichzeitig sichtbare Röhren mit demselben Leiter oder verschiedenen Leitern desselben Systems verbunden sein. Die Röhren bestehen aus zwei konzentrischen Glaszylindern, deren innerer die eigentliche Entladungsröhre ist; auf den äußeren, der als Schutzhülle dient, sind die Abschlußkappen aufgesetzt. Die Kopplung mit der Leitung geschieht lediglich durch die Kapazität zwischen der Leitung und einer ihr auf einige Zentimeter genäherten Elektrodenkappe; die andere Kappe kann u. U. geerdet werden, z. B. bei niedrigen Betriebspannungen. Die oben genannte Gesellschaft hat etwa 500 solcher Röhren in ihren Hochspannungsanlagen, mehr als 1000 an 3 kV-Schaltern eingebaut; die Betriebserfahrungen während etwa 5 Jahren waren befriedigend. (E. W. Gorry, El. World Bd. 93, S. 1337.) *nkl*

Verschiedenes.

Beseitigung von Transformatorengeräuschen. — Die Aufstellung von Transformatoren in der Nähe von bewohnten Räumen gibt häufig Veranlassung zu Klagen der Anwohner über störende Geräusche, die sich besonders nachts, wenn die Stadtunruhe sie nicht mehr verdeckt, unangenehm bemerkbar machen. Der naheliegende Versuch, die Transformatorenräume durch sogenannte schalldämmende Stoffe wie Korkplatten u. dgl. auszukleiden, muß deswegen erfolglos bleiben, weil in fast allen Fällen nicht vom Transformator verursachte Lufterschütterungen, sondern die seiner Unterlage mitgeteilten Schwingungen als Störungsursache anzusehen sind. Die dem Boden aufgezwungenen Schwingungen werden auf die angrenzenden Gebäudeteile weitergeleitet, da Mauerwerk und auch der Erdboden, soweit er unter Druck steht, schwingungsfähig sind. Die Frequenz der Schwingungen bleibt unverändert, und so ist auch die Tonhöhe, z. B. in einem Raume oberhalb des Transformators, die gleiche.

Die Übertragung von Bodenschall beseitigt man im allgemeinen im Maschinenbau durch elastische Aufnahme der Schwingungen, wobei es grundsätzlich gleichgültig ist, ob es sich um Schwingungen niedriger Frequenz wie Erschütterungen oder hoher Frequenz wie Geräusche handelt. Es ist auch gleichgültig, ob mechanische oder elektrische Kräfte Erreger dieser Geräusche sind. Es kommt nur darauf an, daß die Federung des isolierten Transformators so ist, daß seine Eigenschwingungszahl möglichst tief liegt. Die Dämpfung spielt, da es sich um erzwungene Schwingungen handelt, und die Amplituden außerordentlich klein sind, überhaupt keine Rolle, so daß Materialien mit einer hohen Dämpfungsziffer und kleiner Federung ungeeignet sind. Aus der Tatsache, daß manche Transformatoren unzweifelhaft stärker brummen als andere, mag mancher den Gedanken herleiten, daß es dann Sache der Maschinenfabrik sei, Transformatoren zu bauen, die gar nicht oder fast gar nicht brummen. Daß in kon-

Digitized by Google

struktiver Beziehung hier viele Möglichkeiten gegeben sind, ist sicher. Ökonomischer dürfte es aber sein, das Brummen der Transformatoren, die im übrigen betriebstechnisch einwandfrei sind, durch den Einbau von Schwingungsdämpfern für die Nachbarschaft unschädlich zu machen. Dieser Weg führt jedenfalls immer zum Erfolg,

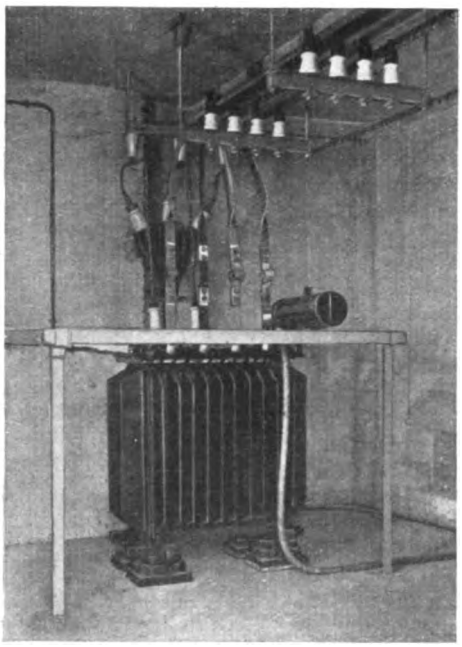


Abb. 5. Transformator auf Schwingungsdämpfern.

wenn die Schwingungsdämpfer konstruktiv richtig durchgebildet sind. Dabei ist auch darauf zu achten, daß die Leitungen, die häufig an der Decke des Transformatorenraumes verlegt werden, ebenfalls Schwingungsträger sind und deswegen ebenfalls elastisch gelagert werden müssen. Abb. 5 läßt die Aufhängung der Leitung in

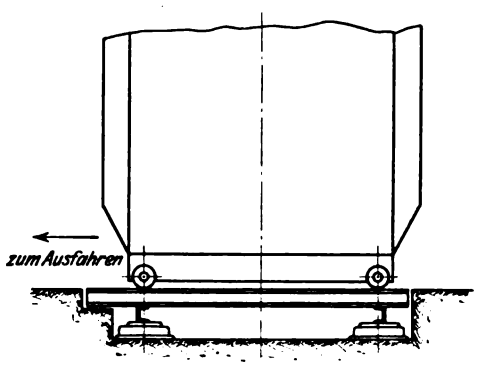


Abb. 6. Transformator auf Schwingungsdämpfern zum Ausfahren.

Schwingungsdämpfern erkennen. Die Notwendigkeit, die Transformatoren ausfahren zu können und ohne bauliche Änderungen kleinere gegen größere austauschen zu können, hat zur Konstruktion gemäß Abb. 6 geführt, wobei die räumlichen Verhältnisse natürlich alle möglichen Variationen bedingen können. W. Gerb, Charlottenburg.

Neue Normalblätter des DNA. — Chemische Geräte: DIN 7004 Säurefestes Steinzeug, Zwischenlagen für Flanschenrohre. — 7009 Säurefestes Steinzeug, Bogen.

Koffer: DIN 2111 Koffer, Handkoffer, Bügelkoffer, Außenmaße.

Maschinenbau, allgemein: DIN 63 Senkschrauben mit kleinem Kopf, Metrisches Gewinde. — 91 Linsensenkschrauben mit kleinem Kopf, Metrisches Gewinde. — 186 Hammerschrauben mit Vierkant.

Landwirtschaftliche Maschinen: DIN Land 318 Mähmaschinen, Abweiser zum inneren Schuh für Grasmäher, Normalschnitt, Anschlußmaße.

Textilindustrie: DIN Tex 4021 Spindel für Selfaktoren, Wirteldurchmesser 24 mm. — Tex 4022 Spindel für Selfaktoren, Wirteldurchmesser 22 mm.

Werkzeuge: DIN 381 75°-Spitzsenker.

Eisenbahnwesen: DIN 1571 Mittelwarzen für gerippte Federblätter

Lokomotivbau: DIN LON 8021 Schmierpumpe, Bauart Bosch, Erzeugungsdruck bis 200 kg/cm², Anschluß- und Einbaumaße. — LON 8024 Tropfenzeiger, Bauart Bosch, Anschluß- und Einbaumaße. — LON 8026 Ölsperre, Bauart Woerner, Öffnungsdruck 35 kg/cm², Anschluß- und Einbaumaße.

Straßenbahnwesen: DIN VDE 101 Radsätze mit Gleitlager-Achswellen für Triebwagen, Zusammenstellung. — VDV 102 Gleitlager-Achswellen für Triebwagen. — VDV 103 Radsätze mit Rollenlager-Achswellen und Schlitzmuttern für Triebwagen, Zusammenstellung. — VDV 104 Rollenlager-Achswellen mit Schlitzmuttern für Triebwagen. — VDV 105 Radsätze mit Rollenlager-Achswellen und Druckkappen für Triebwagen, Zusammenstellung. — VDV 106 Rollenlager-Achswellen mit Druckkappen für Triebwagen. VDV 115 Paßfedernut, Paßfeder für Triebwagen-Achswellen nur für geteilte Stirnräder. — VDV 121 Radsätze mit Gleitlager-Achswellen für Beiwagen, Zusammenstellung. — VDV 122 Gleitlager-Achswellen für Beiwagen. — VDV 123 Radsätze mit Rollenlager-Achswellen und Schlitzmuttern für Beiwagen, Zusammenstellung. — VDV 124 Rollenlager-Achswellen mit Schlitzmuttern für Beiwagen. — VDV 125 Radsätze mit Rollenlager-Achswellen und Druckkappen für Beiwagen, Zusammenstellung. — VDV 126 Rollenlager-Achswellen mit Druckkappen für Beiwagen. — VDV 129 Schlitzmuttern und Sicherungstücke für Rollenlager-Achswellen. — VDV 130 Druckkappen und Sicherungsbleche für Rollenlager-Achswellen. — VDV 131 Speichenradkörper für Triebwagen, Spurweiten 1435 und 1000 mm. — VDV 136 Speichenradkörper für Beiwagen, Spurweiten 1435 und 1000 mm. — VDV 137 Schleuderringe für Speichenradkörper der Trieb- und Beiwagen. — VDV 140 Rohe Radreifen für Trieb- und Beiwagen. — VDV 141 Radreifen für Trieb- und Beiwagen. Fertigprofile.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Die Elektrizität auf der internationalen Hygieneausstellung Dresden 1930. — Wie man uns schreibt, wird auf der vom 17. V. an stattfindenden Ausstellung, an der über 20 fremde Staaten aus fast allen Erdteilen und die Hygienesektion des Völkerbundes sich direkt als Aussteller beteiligen, neben allen anderen einschlägigen deutschen Wirtschaftsgruppen auch die Elektrizitätswirtschaft vertreten sein, u. zw. durch eine Sonderschau „Die Elektrizität im Dienste der Hygiene".

Diese soll darlegen, wie die Elektrizität neben den Mitteln, die sie dem Arzt zur Feststellung und Bekämpfung der Krankheiten an die Hand gibt, besonders auch in ihrer Anwendung als Energieform, also als Trägerin von Kraft, Licht und Wärme, den Bedürfnissen der menschlichen Hygiene dient. Im allgemeinen dürfte sich das Publikum dessen gar nicht bewußt sein. Die Elektroschau wird den Besucher an Hand einer zusammenhängenden Reihe von Einzeldarstellungen durch sein ganzes Leben von den Kindestagen bis ins Greisenalter führen. Angefangen von den Hilfsmitteln, die die Elektrizität für die Kinderpflege zur Verfügung stellt, durch Schule, Beruf, Haushalt hindurch bis zu den Mitteln, mit denen sie dem älteren, erholungs- und ruhebedürftigen Menschen zur Seite steht, wird durch eine zweckentsprechende Auswahl erstklassiger Geräte dieses Ziel der Anwendung elektrischer Energie besonders hervorgehoben und gezeigt werden, um wie vieles eine noch stärkere Verwendung der Elektrizität im Berufs- und Privatleben uns dem Ideal einer wirklich hygienischen Lebensweise näherzubringen vermag. Entsprechend dem Grundgedanken der ganzen Ausstellung wird auch bei dieser Sonderschau jeder messeähnliche Charakter vermieden sein. Sie soll vielmehr dem Besucher in künstlerischer Verarbeitung den Qualitätsgedanken veranschaulichen, der ja gerade, wenn es sich um hygienische Belange handelt, besonders durchschlägt. Die Elektroschau wird gemeinschaftlich von der AG. Sächsische Werke, dem Städtischen Elektrizitätswerk Dresden und dem Verband Sächsischer Elektrizitätswerke mit Unterstützung der Vereinigung der Elektrizitätswerke und des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie veranstaltet und in Halle 7 „Arbeits- und Gewerbehygiene" einen Platz von 260 m² einnehmen.

Digitized by Google

Energiewirtschaft.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Der Anschlußwert der von 103 Elektrizitätswerken unmittelbar belieferten gewerblichen Abnehmer hat sich im Dezember 1929 gegen den Vormonat um 28 000 kW, im Vergleich zum Parallelmonat von 1928 um 0,229 Mill kW erhöht und mit 4,502 Mill kW sein Jahresmaximum erreicht. Die Zunahme betrug 1929 4,7 %. Der Verbrauch genannter Konsumenten war um 2,29 Mill kWh größer als im November und übertraf den des Dezember 1928 um 39,3 Mill kWh (8 %). Arbeitstäglich stellte sich dieser Zuwachs auf bzw. 0,993 und 1,638 Mill kWh (8 %). Im abgelaufenen Jahr sind mithin die gewerblichen Abnehmer der 103 Werke insgesamt mit 6388,0 Mill kWh beliefert worden, d. s. 690,7 Mill kWh (12 %) mehr als 1928.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh: insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer: Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch: insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928
I.	26	26	1443,6	1234,4	55,5	47,5	4,3	4,0	540,0	475,7	20,8	18,3	4,8	4,6
II.	24	25	1282,0	1128,8	53,4	45,2	4,3	4,1	499,3	458,1	20,8	18,3	4,8	4,5
III.	25	27	1306,9	1172,7	52,3	43,4	4,3	4,1	510,2	483,7	20,4	17,9	4,7	4,4
IV.	25	23	1299,1	1048,9	52,0	45,6	4,3	4,1	511,6	496,5	20,5	19,0	4,7	4,6
V.	25	25	1302,3	1083,6	52,1	43,3	4,3	4,1	510,4	444,1	20,4	17,8	4,7	4,3
VI.	25	26	1297,4	1084,0	51,9	41,7	4,4	4,1	531,3	458,8	21,3	17,6	4,9	4,3
VII.	27	26	1370,5	1123,5	50,8	43,2	4,4	4,1	542,4	478,8	20,1	18,4	4,6	4,4
VIII.	27	27	1437,0	1215,4	53,2	45,0	4,4	4,2	556,1	497,0	20,6	18,4	4,7	4,4
IX.	25	25	1420,6	1226,6	56,8	49,1	4,4	4,2	549,0	491,3	22,0	19,7	5,0	4,7
X.	27	27	1585,0	1352,8	58,7	50,1	4,5	4,2	558,6	513,6	20,7	19,0	4,7	4,5
XI.	25	25	1576,0	1304,9	63,0	52,2	4,5	4,3	538,4	458,3	21,5	18,3	4,8	4,3
XII.	24	24	1575,6	1394,7	65,7	58,1	4,5	4,3	540,7	501,4	22,5	20,9	5,0	4,9

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[2]. — Wie die Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft, Berlin, in ihrem Geschäftsbericht für 1929 bemerkt, hat die ungünstige Wirtschaftslage sich allmählich auch bei den Stromlieferungsunternehmungen fühlbar gemacht. Der bisher wahrnehmbare stetige Fortschritt der Elektrizitätsversorgung ist infolge unzureichender Beschäftigung der Industrie und erhöhter Arbeitslosigkeit stark gehemmt worden, ja z. T., wenn auch nur vorübergehend, zum Stillstand gekommen. „In solchen Zeiten wirkt sich die Steuerlast der deutschen Industrie mit ihrer ganzen Schwere aus, und sie wird um so drückender empfunden, als die Steuerbefreiung der Unternehmungen der öffentlichen Hand noch immer nicht aufgehoben ist. Zum Schaden der Volkswirtschaft wird hierdurch ein Zusammengehen der Privatwirtschaft mit Unternehmungen der öffentlichen Hand erschwert." Der Stromabsatz in den eigenen Betrieben und Pachtungen sowie der Gesellschaften, an denen die ELG maßgeblich beteiligt ist, betrug rd. 400 Mill kWh (354 i. V.). In der Türkei ist die für den Bau und Betrieb des Elektrizitätswerks Adana bereits 1928 angekündigte Aktiengesellschaft mit 1 Mill Ltq gegründet worden. Das Elektrizitätswerk der Ankara Elektrik Türk Anonim Sirketi und der Ankara Hava Gazi Türk Anonim Sirketi, Angora, hat die Arbeit aufgenommen; der Stromabsatz betrug im ersten Jahr der Lieferung 4,343 Mill kWh. Die Inbetriebsetzung des Elektrizitätswerks der Adana Elektrik Türk Anonim Sirketi, Adana, soll in diesem Frühjahr erfolgen; ein ausreichender Konsum wird erwartet. Der Betriebsgewinn der Berichterstatterin betrug 3 517 140 RM (3 083 752 i. V.) und ihr Gewinn aus Effekten und Beteiligungen 4 032 268 RM (3 722 846 i. V.); bei 4 329 325 RM Reingewinn (3 789 262 i. V.) wurden wieder 10 % Dividende auf 40 Mill RM Stammaktienkapital verteilt.

Das Bayernwerk AG., München, hat sich 1928/29 technisch und wirtschaftlich weiter befriedigend entwickelt; infolge des kalten Winters mußte es neben der Deckung des erhöhten Leistungsbedarfs seiner Abnehmer noch erhebliche Aushilfslieferungen übernehmen. Am stärkst belasteten Wintertag wurden rd. 2,5 Mill kWh Drehstrom abgegeben, während die durchschnittliche Tageslieferung des Winterhalbjahres 1,6 Mill kWh ausmachte. Für das Walchenseewerk betrugen diese Leistungen bzw. 1,5 und 0,45 Mill kWh. Man ersieht hieraus deutlich die außerordentliche Anpassungsfähigkeit eines großen Speicherwerks und seine Bedeutung für die Landesversorgung. Die vertragsmäßige Belieferung der Preag ab Aschaffenburg und die Stromabgabe an die Bayerische Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft aus dem Umspannwerk Kulmbach wurden aufgenommen. Der Verbundbetrieb mit den Kraftwerken der Abnehmer, der Preag, des RWE und der württembergischen Gruppe hat sich für alle Teile nicht nur durch Erhöhung der beiderseitigen Betriebsicherheit, sondern auch dadurch bewährt, daß die Ausnutzung der Maschinenanlagen der zusammengeschlossenen Kraftwerke gesteigert wurde. Im ganzen betrug der Stromumsatz rd. 840 Mill kWh, wovon rd. 509 auf Drehstromerzeugung einschl. Fremdstrombezug, aber ohne Eigenbedarf der Werke, rd. 134 auf Einphasenstromerzeugung und rd. 197 Mill kWh auf Transportenergie entfielen. Danach sind insgesamt einschl. Fremdstrombezug, aber ohne Eigenverbrauch 643 Mill kWh ausgebracht worden, d. h. rd. 20 % mehr als im Vorjahr (535 Mill kWh). Die nutzbare Abgabe erreichte 452 Mill kWh Drehstrom (rd. 20 % mehr als i. V.) und rd. 130 Mill kWh Einphasenstrom (21,5 % mehr). Die Leistungspitzen betrugen an Drehstrom (einschl. Fremdstrom und Transportenergie) 181 000 kW, an Drehstrom und Fremdstrom, aber ohne Transport 153 000 kW und an Einphasenstrom 39 000 kW. Das 110 kV-Netz hat nunmehr eine Streckenlänge von 1248 und eine Leitungslänge von 1753 km. Die installierte Transformatorenleistung beträgt 0,45 Mil kVA. Am Isarwehr bei Krün hat die Gesellschaft ein Freiluftumspannwerk von vorläufig 4000 kVA errichtet, das als Stützpunkt für den südlichen Teil des Versorgungsgebiets der Isarwerke München die Belieferung des Werdenfelser Landes und besonders der bayerischen Zugspitzbahn sichert. Die Mainkraftwerke Obernau, Kleinwallstadt und Klingenberg der Rhein-Main-Donau AG. wurden von der Berichterstatterin durch eine 20 kV-Doppelleitung verbunden, die im Umspannwerk Aschaffenburg endet. Zur Versorgung des nördlichen Gebiets der Oberpfalzwerke AG., Regensburg, wird die 100 kV-Schaltanlage des Braunkohlen-Dampfkraftwerks an der Naab bei Schwandorf durch ein 35 kV-Umspannwerk ergänzt. Der erste Turbinensatz letztgenannter Zentrale — sie erhält zunächst zwei solche von je 27 500 kW —, die in enger Zusammenarbeit mit der AEG projektiert wurde, ist am 9. III. 1930 in Betrieb gekommen. Wegen des regen wechselseitigen Energieaustausches mit der Preag und dem RWE mußten im Umspannwerk Aschaffenburg (55 000 kVA) besondere Spannungsregulieranlagen aufgestellt werden, ebenso in den zunächst liegenden Umspannwerken Würzburg und Schweinfurt. Mit der Inbetriebsetzung der Wasserkraftwerke Au und Untereichen der Untere Iller AG., von deren Energieanfall dem Bayernwerk 60 % gehören, ist im Herbst 1930 zu rechnen. Das seit September 1929 tätige Kraftwerk Pfrombach der Mittlere Isar AG. erhöhte die erzielbare Jahresarbeit um jährlich 120 Mill kWh. Durch einen 20 000 kVA-Umformersatz wird dort eine leistungsfähige Verbindung des mit Drehstrom betriebenen Bayernwerknetzes mit dem Einphasennetz der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft hergestellt, so daß auch hier Verbundwirtschaft möglich ist. Die Stromlieferungsverträge mit dem Bezirksverband Oberschwäbische Elektrizitätswerke, der Neckarwerke AG. und den Lech-Elektrizitätswerken wurden erweitert. Infolge Eintritts des RWE in den Stromlieferungsvertrag des Bayernwerks mit der Mainkraftwerke AG. besteht nunmehr ein unmittelbares vertragliches Stromlieferungsverhältnis zwischen dem Bayernwerk und den RWE. „Die Einschränkung der Arbeiten zur weiteren Elektrisierung der bayerischen Reichsbahnstrecken wird", wie der Vorstand sagt, „zur Folge haben, daß der Einphasenenergieabsatz in den nächsten Jahren sich nicht in der bei Inangriffnahme der Bahnelektrisierung vertraglich festgelegten Weise entwickelt. Die Reichsbahn ist zwar verpflichtet, in den kommenden Jahren eine rasch steigende garantierte Mindestabnahme zu bezahlen; immerhin wird durch die eingetretene Verzögerung im Ausbau das Bayernwerk in Mitleidenschaft gezogen, weil naturgemäß bei Abschluß der Verträge mit einer normalen Entwicklung, also mit höheren als den garantierten Abnahmen gerechnet wurde. Stromverkauf und Stromtransport erbrachten 16 810 885 RM (13 293 452 i. V.) und verschiedene Einnahmen 370 840 RM (282 808 i. V.); der Reingewinn betrug 370 674 RM (267 281 i. V.) und die Dividende 5 % (4 % i. V.) auf 6 Mill RM des Aktienkapitals, das man inzwischen auf 18 Mill RM gebracht hat.

Das Walchenseewerk AG., München, hat zusammen mit der Mittlere Isar AG. 1928/29 insgesamt rd. 321 Mill kWh an das Bayernwerk abgegeben, wovon ersterem rd. 109 Mill kWh, d. h. rd. 4 % mehr als im Vorjahr vergütet worden sind. Von im ganzen gelieferten 130 Mill kWh Einphasenstrom wurden ihm rd. 52 Mill kWh, d. s. rd. 21 % mehr als 1927/28, angerechnet. Die Einnahmen aus dem Betriebsführungsvertrag mit der Bayernwerk AG. betrugen 1 755 351 RM (1 614 272 i. V.) und verschiedene Einnahmen

[1] Wirtsch. u. Stat. Bd. 10, 1930, S. 290. Vgl. ETZ 1930, S. 372.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 518.

Digitized by Google

3093 RM (29 395 i. V.). Bei 262 000 RM Reingewinn (360 220 i. V.) entfielen auf 5 Mill RM Aktienkapital 5 % Dividende (4 % i. V.).

Der Mittlere Isar AG., München, sind 1928/29 von den oben genannten 321 Mill kWh Drehstrom und 130 Mill kWh Einphasenstrom 212 Mill kWh Drehstrom und 78 Mill kWh Einphasenstrom vergütet worden. Der zweite Ausbau der Anlagen ist im wesentlichen beendet. Der große Umformer im Kraftwerk Pfrombach, der die Netze des Bayernwerks und des elektrischen Reichsbahnbetriebs verbinden soll, ist inzwischen erprobt worden. An Stromerlös und sonstigen Einnahmen verzeichnet die Gesellschaft 4 606 315 RM (4 228 677 i. V.) und als Reingewinn 513 013 RM (383 322 i. V.). Auch sie hat die Dividende auf 5 % des dividendenberechtigten Aktienkapitals von 9 Mill RM erhöht (4 % i. V.); letzteres beträgt jetzt 27 Mill RM.

Trotz der ungünstigen wirtschaftlichen Lage in Industrie und Landwirtschaft ist der Stromabsatz beim Elektrizitätswerk Schlesien AG., Breslau, 1929 gegen das Vorjahr um 4,8 % gestiegen. Die Gesellschaft lieferte aus ihren eigenen und den mit ihr verbundenen fremden Kraftwerken 253,625 Mill kWh (242,041 i. V.). Die Lage der Wenceslaus-Grube wie des ganzen niederschlesischen Bergbaues ist immer noch sehr ungünstig. Die Betriebsergebnisse der Straßenbahn Waldenburg befriedigten. Mit Rücksicht auf größere Neuanschlüsse im Absatzgebiet der Niederschlesischen Elektrizitäts- und Kleinbahn-AG. und zur Verbesserung der Wärmeökonomie wird in den Kraftwerken Waldenburg und Mölke je eine Turbine von 14 000 kW installiert. Betriebsgewinn und Zinsen ergaben 10 039 830 RM (9 293 895 i. V.). Aus 2 708 754 RM Überschuß (2 713 722 i. V.) wurden wieder 8 % Dividende auf 30 Mill RM Stammaktienkapital ausgeschüttet.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Besichtigung.

Am Sonnabend, dem 26. April 1930, 14 Uhr, findet eine Besichtigung der technischen Einrichtungen des Warenhauses Karstadt, Berlin S 59, Hermannplatz, statt.

Treffpunkt: Untergrundbahnhalle unter dem Warenhaus Karstadt, vor der Garderobe.

Verkehrsverbindungen: Untergrundbahn bis Hermannplatz. — Straßenbahnlinien Nr. 1, 15, 21, 27, 28, 29, 32, 36, 47, 48, 58, 98, 115, 128, 132, 148. — Autobus: 4, 11, 24, 29.

Das Warenhaus Karstadt hat die Zahl der Teilnehmer auf 50 beschränkt. Auch Damen können teilnehmen. — Die Beteiligung an der Besichtigung ist nur gegen Karten gestattet, die in der Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118a, II, bis spätestens Donnerstag, den 24. April, erhältlich sind.

Um pünktliches Erscheinen wird gebeten.

Zugehörigkeit des Elektrotechnischen Vereins zur Deutsch-Amerikanischen Handelskammer (Board of Trade for German-American Commerce, Inc.).

Der Elektrotechnische Verein ist seit einiger Zeit Mitglied der Deutsch-Amerikanischen Handelskammer (Board of Trade for German-American Commerce, Inc.). Diese betrachtet es als ihre vornehme Aufgabe, die Handelsbeziehungen zwischen Deutschland und den Vereinigten Staaten zu fördern, Verbindungen herzustellen sowie deutschen Geschäftsreisenden und Studiengruppen die Wege in Amerika zu ebnen.

Der Elektrotechnische Verein ist gern bereit, seinen Mitgliedern, die in geschäftlichen oder privaten Angelegenheiten nach den Vereinigten Staaten von Amerika reisen wollen, den Rat und die Hilfe der Deutsch-Amerikanischen Handelskammer zu vermitteln.

Letztere gibt eine Zeitschrift „German-American Commerce Bulletin" heraus. Diese liegt — gleichwie die übrigen ausländischen Zeitschriften unserer Bibliothek — im Lesesaal des Vereins Deutscher Ingenieure (Berlin NW 7, Friedrich-Ebert-Str. 27) zum Studium aus. Bei dieser Gelegenheit möchten wir auf die reichhaltige Zeitschriftensammlung des Elektrotechnischen Vereins zu eifriger Benutzung erneut hinweisen.

Die Satzungen und die Mitgliederliste der Deutsch-Amerikanischen Handelskammer können in der Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereins während der Bürostunden (von 8 bis 5 Uhr, Sonnabends von 8 bis 1 Uhr) eingesehen werden.

Ordentliche Sitzung

am 25. Februar 1930 im Langenbeck-Virchow-Haus in Berlin NW. 6.

Vorsitz: Herr Professor Matthias.

Vorsitzender: Im Namen des verhinderten Herrn Vorsitzenden eröffne ich die Sitzung und heiße Sie herzlich willkommen.

Seit der Jahresversammlung am 28. Januar sind 38 Neuanmeldungen eingegangen. Ein Verzeichnis liegt hier aus.

In der nächsten ordentlichen Sitzung am 25. März wird Herr Direktor Schiebeler vortragen über das Thema: „Neuerungen bei den elektrischen Ausrüstungen von Hebezeugen und Transformatormaschinen." In der außerordentlichen Sitzung am 18. März wird Herr Professor Dr. Marx aus Braunschweig sprechen über das Thema: „Der elektrische Durchschlag der Luft im inhomogenen Felde."

Wie in der ETZ schon mehrfach angekündigt worden ist, hat der Elektrotechnische Verein aus Anlaß seines Jubiläums eine Festschrift herausgegeben, die ein kleines Meisterwerk nach Inhalt und Ausstattung darstellt. Sie wird an Mitglieder zu dem außerordentlich niedrigen Preise von 10 RM abgegeben, der weit hinter den Selbstkosten zurückbleibt. Diese Festgabe ist bestimmt, die Erinnerung an das Goldene Jubiläum des Elektrotechnischen Vereins wachzuhalten. Die Anschaffung des wichtigen Werkes kann daher aufs wärmste empfohlen werden.

Wir kommen nun zum zweiten Gegenstand unserer Tagesordnung, zur Vorlegung des Kassenberichts für das Jahr 1929. Das Wort hat Herr Schatzmeister Dr. Thürmel.

Herr **Thürmel:** Die Bilanz liegt hier zur Einsicht aus. Ich darf vielleicht noch einige Worte zur Erläuterung sagen.

Der Überschuß des Jahres 1929 beträgt etwa 23 000 RM. Das Vereinsvermögen ist daher zum 31. Dezember 1929 auf rund 208 000 RM gestiegen. Es ist zum größten Teil in Bankguthaben und Wertpapieren angelegt. Im vergangenen Jahre sind für 50 000 RM 7prozentige Bayern-Schätze zu pari verkauft worden. Dafür sind Papiere für 90 000 RM neu gekauft worden. Infolge des Kursstandes mußten wir am Stichtage, dem 31. Dezember 1929, von dem Wertpapierbestand 8800 RM abschreiben. Diese Abrechnung stellt aber keinen Verlust dar, wenn wir die Papiere nicht etwa plötzlich verkaufen müssen.

Die in der Bilanz enthaltene Beteiligung an der ETZ-G. m. b. H. von 1250 RM ist die 25prozentige Einzahlung auf unseren Anteil. Das Kapital der Gesellschaft beträgt 20 000 RM; da wir zu 25 % beteiligt sind, beträgt unser Anteil 5000 RM, wovon ein Viertel jetzt eingezahlt ist.

Die aktiven Durchgangsposten haben rein transitorischen Charakter. Die passiven Durchgangsposten enthalten zum Teil Rückstellungen, zum Teil auch Reserven.

Auf der Passivseite ist besonders zu erwähnen, daß hier schon für 1930 vereinnahmte Beiträge in Höhe von 53 000 RM stehen. Ferner enthält die Passivseite eine Rückstellung für den ETZ-Bezug der Mitglieder für das Jahr 1929 in Höhe von 36 000 RM. Wenn wir diese Rückstellung nicht gemacht hätten, dann wäre der Jahresüberschuß größer gewesen. Wir haben aber vorgeschlagen, in diesem Jahr außer dem ETZ-Bezug für 1928 auch den

Digitized by Google

für 1929 sicherzustellen, damit wir in Zukunft diese Belastung aus den Einkünften des laufenden Jahres decken.

Für Vereinswesen, Förderung der Fachwissenschaft, Vereins- und Fachsitzungen, Vortragsreihen, Ausflüge, Festabende, Bibliotheken und sonstiges sind etwa 21 000 RM ausgegeben worden.

Die Unkosten betrugen etwa 25 000 RM. Die Abschreibungen in Höhe von 8800 RM hatte ich schon erwähnt.

Die Einnahmen setzen sich zusammen aus Mitgliederbeiträgen für 1929 in Höhe von 122 000 RM, aus Zinseneinnahmen in Höhe von 21 000 RM und sonstigen Einnahmen in Höhe von 47 000 RM.

Vorsitzender: Sie haben den Bericht des Herrn Schatzmeisters gehört. In der letzten Sitzung sind die Herren Blanc und Lux zu Kassenprüfern gewählt worden. Ich darf Herrn Lux bitten, den Bericht zu erstatten.

Herr **Lux:** Herr Blanc und ich haben die vorgelegte Bilanz mit den Büchern und Belegen einer Prüfung unterzogen. Durch zahlreiche Stichproben haben wir uns davon überzeugt, daß alles in Ordnung ist. Irgendwelche Beanstandungen sind nicht zu machen. Wir beantragen deshalb für den Vorstand und insbesondere für den Schatzmeister Entlastung.

Vorsitzender: Es ist Entlastung beantragt worden. Wird das Wort hierzu gewünscht? — Das ist nicht der Fall. Wir kommen dann zur Abstimmung. Stimmt Jemand gegen den Antrag auf Entlastung? — Das geschieht nicht. Ich stelle fest, daß die Entlastung erteilt ist. Ich danke Ihnen. Vor allem möchte ich im Namen des Vereins unserem Schatzmeister Herrn Dr. Thürmel für die große Mühe, der er sich im verflossenen Jahr unterzogen hat, unseren herzlichsten Dank aussprechen. Es war nicht immer leicht, die Schraube so anzuziehen, daß dieser schöne Überschuß herauskommen konnte. (Beifall.) Sodann möchte ich auch den Herren Rechnungsprüfern in Ihrem Namen den Dank abstatten. (Beifall.)

Wir kommen nun zum 3. Gegenstand der Tagesordnung, zu dem Vortrage des Herrn Professor Dr. Haas über: „Die Deutsche Stromwirtschaft." Ich erteile Herrn Professor Dr. Haas das Wort:

(Der Vortrag folgt.)

Vorsitzender: Meine sehr geehrten Damen und Herren! Wir müssen Herrn Prof. Dr. Haas sehr dankbar dafür sein, daß er von so weither nach Berlin geeilt ist, um uns diesen hochinteressanten und anregungsreichen Vortrag zu halten, in dem er unsere deutsche Elektrizitätswirtschaft so treffend beleuchtet hat. Ich darf diesen Dank wohl in Ihrem Namen hiermit abstatten, besonders auch für die sehr interessanten Bilder, die uns zum Schluß vorgeführt worden sind.

Ich hoffe, daß die Erörterung des Vortrages ebenfalls interessante Anregungen geben wird, und eröffne hiermit die Aussprache. Ich bitte um Wortmeldungen. — Da das Wort aber anscheinend nicht gewünscht wird, was ich für bedauerlich halte, bleibt mir nichts weiter übrig, als die Sitzung hiermit zu schließen. (Lebhafter Beifall.)

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Buch, Heinz, stud. ing., Berlin
Camerling, Marcu, Ingenieur, Bukarest
Czepek, Rudolf, Professor, Dr., Brünn
Getreuer, Herbert, Dipl.-Ing., Berlin
Gleichfeld, Erich, Elektro-Installateur, Berlin
Gossauer, Roger, Albert, Elektroing., Madrid
Hilse, Ferdinand, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Hösel, Alfred, Dipl.-Ing., Bln.-Grunewald
Kaiser, Rudolf, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Kauffmann, Robert, Direktor, Dr., Berlin
Kiechel, Robert, Dipl.-Ing., Bregenz
König, Günther, cand. ing., Bln.-Lankwitz
Leonhard, Ernst, stud. ing., Berlin
Loewenstein, Alfred, Dipl.-Ing., Finow/Mark
Maier, Fritz, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Mayr, Otto, Ingenieur, Bln.-Karlshorst
Mebes, Heinz, cand. ing., Berlin
Menster, Camille, Dipl.-Ing., Brüssel
Michel, Ernst-Friedrich, Dipl.-Ing., Bln.-Grünau
Petersen, Wilhelm, Dipl.-Ing., Bln.-Ruhleben
Pohlhausen, Karl, Dr. phil., Bln.-Halensee
von Radinger, Rudolf, cand. ing., Bln.-Charlottenburg
Rengert, Hermann, Ingenieur, Bln.-Tempelhof
Simon, Curt, ber. Ingenieur, Berlin
Spiwak, Jacques Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Schiff, Walter, Techniker, Berlin
Schmidt, Paul, Ingenieur, Bln.-Pankow
Schroeder, Willy, Postrat, Königswusterhausen
Tugendlieb, Hans, Dipl.-Ing., Bln.-Tegel
Ude, Henry, Dipl.-Ing., Berlin
Vogt, Otto, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Walther, Gerhard, Dipl.-Ing., Bln.-Grunewald
Wanke, Theodor, Obering., Bln.-Charlottenburg
Weihl, Heinrich, stud. ing., Bln.-Charlottenburg
von Wiarda, Edgard, Dipl.-Ing., Bln.-Wilmersdorf
Wiemlen, Johannes, Student, Bln.-Grunewald
Wolpert, Mathias, Ingenieur, Bln.-Schlachtensee
Worch, Louis, Ingenieur, Westeregeln.

Elektrotechnischer Verein
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Neues Mitgliederverzeichnis.

Der VDE beabsichtigt, ein neues Mitgliederverzeichnis herauszubringen, da das letztmalig 1925 erschienene Verzeichnis heute nicht mehr gültig ist.

Der Preis wird für Mitglieder des VDE 1,50 RM betragen. Bestellungen, die bis zum 30. April 1930 bei unserer Geschäftstelle eingehen, werden nach Erscheinen des Verzeichnisses zum Vorzugspreis von RM 1,20 einschl. Porto ausgeliefert.

Einzahlungen erbitten wir mit Vermerk „Mitgliederverzeichnis" auf unser Postscheckkonto Berlin 213 12.

VDE-Sonderdruck-Verzeichnis.

Der VDE hat soeben ein neues Verzeichnis seiner Sonderdrucke erscheinen lassen, welches kostenlos, auch in mehreren Exemplaren von der Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu beziehen ist.

Bekanntmachung.

Kommission für Fernmeldetechnik.

Die Arbeitsgruppe „Schnüre" der Unterkommission „Normungsfragen" gibt bekannt, daß folgende DIN VDE-Normblätter für Fernmeldeschnüre nunmehr endgültig erschienen sind:

DIN VDE 720 Kennfarben für Schnüre,
DIN VDE 750 Schraffuren zur Kennzeichnung von Fertigungsarten,
DIN VDE 800 Kurzzeichen für Schnüre,
DIN VDE 7200 Klingelschnüre,
DIN VDE 7201 Rundfunkschnüre,
DIN VDE 7202 Bl. 1 bis 4 Fernsprech- und Telegraphenschnüre,
DIN VDE 7210 Seite 1 und 2 Ausgestaltung der Schnüre,
DIN VDE 7220 Seite 1 und 2 Handelsübliche Rundfunkschnüre.

Ergänzend zu den Veröffentlichungen in der ETZ, Heft 2, 1929, Seite 68 und 69 und Heft 3, 1929, Seite 104 bis 108 ist das Blatt DIN VDE 800 „Kurzzeichen für Schnüre" neu aufgestellt; die beiden Blätter DIN VDE 7210 Bl. 1 und 2 wurden vollkommen umgestaltet und zu einem Blatt zusammengezogen.

Besonders wird darauf hingewiesen, daß der VDE bei diesen Blättern erstmalig dazu gekommen ist, für Darstellungen sowie Fabrikationseinrichtungen und -arbeiten der Leitungstechnik einheitliche und teilweise neuartige Ausdrücke aufzunehmen. Im Interesse des Herstellers wie auch des Verbrauchers liegt es, sich künftig ausschließlich der in den Normblättern niedergelegten Ausdrücke zu bedienen, um durch ihre allgemeine Einführung die Normungsbestrebungen zu fördern.

Alle Anfragen wegen Lieferung und Versand der Normblätter sind ausschließlich an den Beuth-Verlag, G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Str. 97, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Digitized by Google

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15 16.

Betr.: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

In unseren Veröffentlichungen in der ETZ 1930, Heft 7 und Heft 14, warnten wir vor dem Ankauf von Sicherungspatronen mit dem VDE-Zeichen und einem Fabrikzeichen HH. Wir weisen ausdrücklich darauf hin, daß dieses Ursprungzeichen nicht mit dem bekannten Zeichen SS der Siemens & Halske A. G. identisch ist.

Betr.: Streichung von Genehmigungen zur Führung des VDE-Zeichens.

Der Firma Elektrotechnische Fabrik Utzenfeld, Utzenfeld im Wiesenthal, ist die Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens für D-Patronen 20 und 25 A 500 V entzogen worden, da die von der VDE-Prüfstelle vorgenommenen Kontrollprüfungen wiederholt ein schlechtes Ergebnis hatten.

Aus dem gleichen Grunde ist auch der Firma Boehm-Hennes & Co., Neuses bei Koburg, das Recht zur Benutzung des VDE-Zeichens für ihre Mehrfachsicherungen 6 und 10 A 500 V entzogen worden.

Prüfstelle des
Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Zimmermann.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118a, Fernsprecher Amt Kurfürst 9697.

Der AEF hat in seiner Sitzung am 20. IV. 1929 nach satzungsgemäßer Beratung seinen Satz 12, Valenzladung (vgl. ETZ 1928, S. 1422), in der nachstehenden Form abgeändert und als „Satz 12, neue Fassung" endgültig festgestellt.

Er stellt die folgenden vier Entwürfe 30, Schreibweise physikalischer Gleichungen (zweite Fassung), 32, Arten der Reihenschaltung von Wicklungen, 33, Druckeinheiten und 34, Magnetische Größen gemäß § 4, Absatz 3 seiner Satzung zur Beratung und lädt die beteiligten Vereine ein, ihm das Ergebnis ihrer Beratungen bis zum 1. IX. 1930 möglichst in zwei Ausfertigungen mitzuteilen. Zur gleichen Frist kann sich auch jedes Mitglied der beteiligten Vereine und jeder, der an der Beratung teilnehmen will, zu dem Entwurf äußern. Es wird gebeten, von allen Äußerungen in Zeitschriften dem AEF stets wenigstens einen Abdruck zu senden.

Strecker.

Satz 12, neue Fassung.

Valenzladung.

Die elektrochemische Einheit der Elektrizitätsmenge, d. h. die Ladung, welche ein Grammäquivalent eines Ions an positiver oder negativer Elektrizität trägt und die mit dem Buchstaben F bezeichnet wird, beträgt 96 494 C.

Erläuterung.

Von E. H. Riesenfeld.

Der in der ersten Fassung angegebene Zahlenwert 96 500 für die Valenzladung läßt sich heute nicht mehr aufrecht erhalten. Für das Atomgewicht des Silbers hat die Deutsche Atomgewichtskommission für 1929 den Wert 107,880 festgesetzt. Diese Zahl ist bis auf einige Einheiten der dritten Stelle nach dem Komma sicher bekannt. Zur Bestimmung des Zahlenwertes für die Valenzladung muß diese Zahl durch die gesetzlich festgelegte Zahl 0,001 118 00 dividiert werden. Die Division ergibt 96 494. Auch der ständige Ausschuß der Deutschen Bunsengesellschaft hat in seiner Sitzung am 1. XII. 1928 an Stelle der bisher geltenden Zahl 96 500 die Zahl 96 494 als Zahlenwert für die Valenzladung angenommen.

Entwurf 30. Schreibweise physikalischer Gleichungen.

2. Fassung.

I. Mit den in den physikalischen Gleichungen vorkommenden Formelzeichen kann so gerechnet werden, als ob sie die physikalischen „Größen", d. h. benannte Zahlen, bedeuteten. Sie werden dann zweckmäßigerweise als symbolische „Produkte" aus den Zahlenwerten (Maßzahlen) und den Einheiten aufgefaßt gemäß der Gleichung

Physikalische Größe = Zahlenwert „mal" Einheit.

Sollen unter den Formelzeichen die Zahlenwerte oder abwechselnd die Größen und die Zahlenwerte verstanden werden, so sind in irgendeiner Weise, z. B. durch Zusätze wie „Größengleichung" oder „Zahlenwertgleichung", Verwechslungen auszuschließen.

Bei Benutzung von Größengleichungen darf man die Symbole der Einheiten ebenso wie die Zahlen und die Buchstaben miteinander multiplizieren oder durcheinander dividieren.

II. Bei der Festlegung und Benutzung der Größengleichungen ist zu beachten, daß auch die empirischen Faktoren, insbesondere die Proportionalitätsfaktoren, als Größen im Sinne der Vorschrift I zu behandeln sind.

III. Die Größengleichungen der Elektrizitätslehre sind in einer solchen Form zu schreiben, daß die Zahl 4π in den Grunddefinitionen und in den Differentialgleichungen des Feldes überhaupt nicht, dagegen in den Gesetzen von Coulomb und von Biot und Savart im Nenner auftritt.

IV. Einheiten bestimmter Systeme können durch das in eckige Klammern gesetzte Formelzeichen der betreffenden Größe bezeichnet werden, wobei das System durch einen Index zu kennzeichnen ist. Beispiel: $[I]_s$ = elektrostatische Einheit der Stromstärke; $[I]_m$ = elektromagnetische Einheit der Stromstärke.

Erläuterungen.

Von J. Wallot, F. Emde, H. Dießelhorst, G. Hamel, W. Kösters, G. Madelung, H. Reißner, K. Scheel.

Der Entwurf stellt zwei verschiedene Arten von Gleichungen, die Größen- und die Zahlenwertgleichungen, einander gegenüber und versucht sie so festzulegen, daß sie nebeneinander benutzt werden können.

Der AEF sieht eine Begründung der Auffassungen, die den beiden Schreibweisen zugrunde liegen, nicht als seine Aufgabe an; Näheres darüber findet man z. B. im zweiten Bande des Handbuchs der Physik von Geiger und Scheel (Kapitel 1) und in der ETZ 1927, S. 429 u. 1834. Er lehnt es auch ab, die eine der beiden Schreibweisen als die bessere oder gar als die allein berechtigte hinzustellen; es muß im einzelnen Falle geprüft werden, welche von den beiden vorzuziehen ist. Daß beide möglich sind, kann nicht bestritten werden.

Die folgenden Erläuterungen sollen an Beispielen zeigen, wie sich die Vorschriften des Entwurfs praktisch auswirken.

Beim Rechnen mit Größengleichungen entsteht eine kleine Schwierigkeit, wenn in derselben Gleichung derselbe Buchstabe in Kursiv (liegend) eine Größe, in Antiqua (steil) eine Einheit bedeutet (z. B. s = Weg, s = Sekunde; m = Masse, m = Meter; F = Fläche, F = Farad). In solchen Fällen hilft man sich dadurch, daß man die Einheiten ausführlicher schreibt, z. B. sec, Meter, Farad.

A. Unterschied zwischen Größen- und Zahlenwertgleichungen (Vorschrift I).

a) Größengleichungen.

Die „durchschnittliche Geschwindigkeit" v eines bewegten Körpers während eines Zeitraums t wird bekanntlich definiert als das Verhältnis des Weges s, den er in dem Zeitraum zurücklegt, zu dem Zeitraum t:

$$v = \frac{s}{t}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Versteht man hier unter den Zeichen v, s und t die „Größen" Geschwindigkeit, Weg und Zeit, also jedesmal die „Produkte" aus den Zahlenwerten und den Einheiten, so ist die Gleichung (1) eine „Größengleichung". Sie gilt als solche für jede Einheitenwahl.

Der Schnellzug Berlin—Hamburg z. B. braucht zur Überwindung der 290 km betragenden Entfernung 3½ h

Digitized by Google

Seine durchschnittliche Geschwindigkeit ist daher nach (1)

$$v = \frac{290\ \text{km}}{3{,}5\ \text{h}} = 83\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Die Einheit km/h, in der sich hier die Geschwindigkeit ergeben hat, ist im Eisenbahnwesen gebräuchlich. Ein Physiker, der die Geschwindigkeit eines Eisenbahnzugs mit andern in der Physik vorkommenden Geschwindigkeiten vergleichen will, zöge es vielleicht vor, v auf die Einheit des CGS-Systems zu beziehen. Er müßte berücksichtigen, daß nach Definition

$$\left.\begin{aligned} \text{km} &= 10^5\ \text{cm} \\ \text{h} &= 3600\ \text{sec} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

ist, und erhielte durch Einsetzen in (2)

$$v = 83\ \frac{10^5\ \text{cm}}{3600\ \text{sec}} = 2{,}30 \cdot 10^3\ \frac{\text{cm}}{\text{sec}}.$$

Man könnte als Einheit der Geschwindigkeit auch die Schallgeschwindigkeit v_0 in trockener Luft bei der Normaltemperatur von 20° wählen (eine solche Festsetzung könnte von Interesse sein z. B. bei der Angabe von Geschoßgeschwindigkeiten). Man hätte dann zu berücksichtigen, daß

$$v_0 = 343\ \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

ist, und erhielte, da

$$\frac{\text{cm}}{\text{sec}} = \frac{\text{m}}{10^2\ \text{sec}} = \frac{1}{10^2}\ \frac{v_0}{343} = 10^{-5}\ \frac{v_0}{0{,}343}$$

ist, schließlich für die Geschwindigkeit des Schnellzugs Berlin—Hamburg

$$v = \frac{2{,}30 \cdot 10^3 \cdot 10^{-5}}{0{,}343}\ v_0 = 0{,}067\, v_0.$$

Die Beispiele zeigen, daß man bei Benutzung von Größengleichungen die Einheitensymbole unbekümmert miteinander multiplizieren und durcheinander dividieren darf, gerade als ob es Zahlen wären. Man hat nur zu beachten, daß an Stelle der Formelzeichen niemals die Zahlenwerte, sondern immer nur die (symbolischen) Produkte aus den Zahlenwerten und Einheiten eingesetzt werden dürfen.

b) Zugeschnittene Größengleichungen.

Statt die Größen in den gegebenen Einheiten einzusetzen und das Ergebnis dann auf die gewünschte Einheit umzurechnen, kann man die Größengleichungen selbst umformen. Teilt man z. B. die Gleichung (1) links und rechts durch km/h, so erhält man

$$\frac{v}{\text{km/h}} = \frac{s/\text{km}}{t/\text{h}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Diese Gleichung sagt aus, daß man (selbstverständlich) den Zahlenwert (d. h. das Verhältnis „Größe/Einheit" gemäß Vorschrift I) der Zuggeschwindigkeit in km/h erhält, wenn man den Zahlenwert der Entfernung in km durch den Zahlenwert der Fahrzeit in h dividiert.

Gleichung (5) ist die „auf die Einheiten km/h, km und h zugeschnittene" Größengleichung.

Man kann die Gleichung (1) auch durch die Gleichung

$$\frac{\text{cm}}{\text{sec}} = 0{,}036\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

teilen, die aus den beiden Gleichungen (3) folgt. Dann erhält man die Gleichung

$$\frac{v}{\text{cm/sec}} = 27{,}8\ \frac{s/\text{km}}{t/\text{h}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

als „zugeschnittene Größengleichung", die aussagt, daß man den Zahlenwert von v bezogen auf cm/sec erhält, wenn man den Quotienten aus den Zahlenwerten von s und t bezogen auf km und h bildet und noch mit der Zahl 27,8 multipliziert.

Endlich kann man aus den Gleichungen (4) und (3) die Kombination

$$v_0 = 343\ \frac{\text{m}}{\text{sec}} = 343\ \frac{10^{-3}\ \text{km}}{\text{h}/3600} = 1235\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad \ldots \quad (8)$$

bilden und die Gleichung (1) durch sie dividieren. Dann erhält man in der Gleichung

$$\frac{v}{v_0} = 0{,}81 \cdot 10^{-3}\ \frac{s/\text{km}}{t/\text{h}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

die zugeschnittene Größengleichung, aus der man ersieht, wie man die Geschwindigkeit des Zugs, bezogen auf die Schallgeschwindigkeit, berechnen könnte aus der Entfernung in km und der Fahrzeit in h.

Die zugeschnittenen Größengleichungen sind, wie man erkennt, nichts anderes als identische „Erweiterungen" der ursprünglichen allgemeinen Größengleichungen, so wie etwa $ad = bcd$ eine Erweiterung der Gleichung $a = bc$ ist.

c) Zahlenwertgleichungen.

In den Zahlenwertgleichungen bedeuten die Formelzeichen die Zahlenwerte, also die Quotienten „Größe/Einheit".

Diese kommen in den zugeschnittenen Größengleichungen bereits vor. Man kann also unmittelbar durch einen Bezeichnungswechsel von den zugeschnittenen Größengleichungen zu den Zahlenwertgleichungen übergehen. So gehören zu den Gleichungen (5), (7) und (9) die Zahlenwertgleichungen

$$v = \frac{s}{t}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5\,\text{Z})$$

$$v = 27{,}8\ \frac{s}{t}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7\,\text{Z})$$

$$v = 0{,}81 \cdot 10^{-3}\ \frac{s}{t}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9\,\text{Z})$$

Die Zahlenwertgleichungen sind einfacher als die Größengleichungen; sie erhalten jedoch erst durch Angabe der zugrunde liegenden Einheiten eine bestimmte Bedeutung.

d) Abgestimmte Einheiten.

Man bemerkt, daß die äußere Form der Zahlenwertgleichung (5 Z) genau dieselbe ist wie die der zugehörigen Größengleichung (1). Das ist deshalb so, weil sie auf „abgestimmte" Einheiten bezogen ist. Darunter seien Einheiten verstanden, die miteinander durch Beziehungen verbunden sind, in denen keine von 1 verschiedenen Zahlenfaktoren vorkommen. In der Tat besteht zwischen den Einheiten, die der Gleichung (5 Z) zugrunde liegen, die zahlenfaktorlose Identität km/h = km/h.

Anders ist es bei den Gleichungen (7 Z) und (9 Z). Die zugehörigen Einheitenbeziehungen (6) und (8) enthalten die Zahlenfaktoren 0,036 und 1235. Um deren reziproke Werte unterscheiden sich die Gleichungen (7 Z) und (9 Z) von der Größengleichung (1).

e) Eine dritte Schreibweise.

Häufig setzt man bei Zahlenwertgleichungen die Einheit, auf welche die gerade auszurechnende Größe zu beziehen ist, am Schlusse zu, z. B.

$$v = 27{,}8\ \frac{s}{t}\ \frac{\text{cm}}{\text{sec}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

an Stelle von (7 Z).

Solche „Mischgleichungen" sind sehr beliebt; der AEF kann sie jedoch nicht empfehlen. Denn entweder ist der Zusatz cm/sec als Faktor aufzufassen: dann bedeutet der Buchstabe v eine Größe, die Buchstaben s und t dagegen bedeuten Zahlenwerte; oder er ist kein Faktor, dann sollte man allenfalls

$$v = 27{,}8\ \frac{s}{t}\ \text{in}\ \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$$

schreiben, aber nicht durch die Schreibweise (10) den Irrtum erwecken, als habe man es mit einer zugeschnittenen Größengleichung zu tun.

B. Form der Größengleichungen. (Vorschriften II und III.)

Vorschrift II sagt aus, daß die in den Gleichungen auftretenden empirischen Faktoren als Größen zu behandeln sind. Sie kann nur dann befolgt werden, wenn zuvor die Frage geklärt ist, inwieweit den Größengleichungen überhaupt empirische Faktoren beigegeben werden müssen.

Wir wollen diese Gruppe von Fragen an zwei einfachen Beispielen erläutern.

a) Das Beispiel der Dichte.

Nach dem Newtonschen Bewegungsgesetz hängt die Kraft P, die zur Beschleunigung eines homogenen Körpers erforderlich ist, von der Art des Stoffes ab, aus dem er besteht, und ist im übrigen seinem Rauminhalt V und der Größe der ihm zu erteilenden Beschleunigung b proportional:

$$P = \varrho\, V\, b. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Digitized by Google

Die Proportionalitätskonstante ϱ heißt „Dichte" des Körpers; sie spielt in der Gleichung (11) offenbar die Rolle des empirischen Faktors, soll also nach Vorschrift II in den Größengleichungen ebenfalls als „Größe" behandelt werden.

Angenommen z. B., es sei für eine Kugel von 4 cm Dmr. eine Beschleunigung von 1 m/s² gefordert, und es habe sich herausgestellt, daß dazu eine Kraft von 26,1 kdyn nötig ist. Dann besteht die Kugel aus einem Stoff (Stahl), dessen Dichte ϱ gleich

$$\varrho = \frac{P}{V b} = \frac{26{,}1\ \text{kdyn s}^2}{\frac{4}{3}(2\ \text{cm})^3 \pi \cdot 100\ \text{cm}} = 7{,}8\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

ist. Auf Grund der Vorschrift II und der Definition (11) ergibt sich also die Dichte ϱ als benannte Größe, nicht als Zahl.

Man ist aber nicht an die Definition (11) gebunden, sondern kann die Art des Stoffes auch durch eine reine Zahl kennzeichnen, indem man das Produkt $m = \varrho V$ „Masse" nennt und als „Dichtezahl" $\hat{\varrho}$ das Verhältnis der gegebenen Masse zu der Masse desselben Volumens eines Bezugskörpers einführt. Geben wir diesem den Index 0, so ist $\hat{\varrho}$ definiert als m/m_0 für gleiche V. Es gilt also

$$m = \varrho V$$
$$m_0 = \varrho_0 V$$

und

$$\hat{\varrho} = \frac{m}{m_0} = \frac{\varrho}{\varrho_0}.$$

Wir wählen in unserem Beispiel als Bezugstoff Wasser von 4 °. 1 cm³ Wasser von 4 ° hat erfahrungsgemäß bei normalem Druck eine Masse von sehr nahe 1 g. Also ist

$$\varrho_0 = \frac{1\ \text{g}}{1\ \text{cm}^3} = 1\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

und

$$\hat{\varrho} = \frac{\varrho}{\varrho_0} = 7{,}8.$$

Während die Dichten des betrachteten Körpers und des Bezugstoffs Massen geteilt durch Rauminhalte sind, hat die Dichtezahl als Verhältnis zweier Dichten die „Dimension Null", sie ist „dimensionslos".

Der Zusammenhang zwischen Masse und Volumen darf nach den angeführten Definitionen und nach Vorschrift II als Größengleichung nur in den Formen

$$m = \varrho V$$

oder

$$m = \varrho_0 \hat{\varrho} V$$

ausgedrückt werden. Die Schreibweise

$$m = \hat{\varrho} V$$

dagegen ist als Größengleichung unzulässig; sie zulassen hieße die Masse und das Volumen als gleichdimensioniert ansehen.

b) Das Beispiel der Dielektrizitätskonstante.

Die Dielektrizitätskonstante ε kann als die Proportionalitätskonstante des Coulombschen Gesetzes aufgefaßt werden:

$$P = \frac{1}{\varepsilon} \frac{Q_1 Q_2}{4 \pi r^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Erteilt man z. B. zwei kleinen Kugeln, die in einer isolierenden Flüssigkeit schweben und $r = 1$ cm voneinander entfernt sind, die Ladungen $Q_1 = Q_2 = 1\ \text{nC} = 10^{-9}$ Coulomb, so stoßen sie sich erfahrungsgemäß mit einer ganz bestimmten Kraft ab. Wir denken uns diese Kraft gemessen und wollen annehmen[1], sie sei gleich 1 mg. Dann kann man die Dielektrizitätskonstante ε der Flüssigkeit nach dem Coulombschen Gesetz berechnen:

$$\varepsilon = \frac{Q_1 Q_2}{4 \pi r^2 P} = \frac{10^{-18}\ \text{C}^2}{4 \pi\ \text{cm}^2 \cdot 4\ \text{mg}} = \frac{10^{-20}}{0{,}503}\ \frac{\text{C}^2}{\text{mg cm}^2}$$
$$= \frac{10^{-14}}{0{,}503}\ \frac{\text{C}^2}{\text{kg cm}^2}.$$

Nun ist[2]

$$1\ \text{kg} = 0{,}0981\ \frac{\text{CV}}{\text{cm}};$$

wir können also auch schreiben:

$$\varepsilon = \frac{10^{-14}}{0{,}503}\ \frac{\text{C}^2\,\text{cm}}{0{,}0981\ \text{CV cm}^2} = 2{,}03 \cdot 10^{-13}\ \frac{\text{F}}{\text{cm}}.$$

Die durch (13) eingeführte Dielektrizitätskonstante ergibt sich, wie man sieht, genau wie die durch (11) eingeführte Dichte gemäß Vorschrift II als benannte Größe und nicht als reine Zahl.

Man kann nun aber die Dielektrizitätskonstante ebenso wie die Dichte auch noch in einer anderen Weise definieren, u. zw. als das Verhältnis der Kapazität, die ein Kondensator mit dem gerade betrachteten Stoff als Dielektrikum hat, zu der Kapazität, die er annimmt, wenn man den Raum zwischen seinen Belegungen leer pumpt. Offenbar kommt diese zweite Definition darauf hinaus, daß man eine andere Dielektrizitätskonstante $\hat{\varepsilon}$, die man „Dielektrizitätszahl" nennen könnte, gleich dem Verhältnis

$$\hat{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

setzt, wo ε_0 die Dielektrizitätskonstante des leeren Raums bedeutet. Diese Konstante ε_0 kann in derselben Weise gemessen werden wie die Konstante ε der isolierenden Flüssigkeit. Man findet für sie

$$\varepsilon_0 = 0{,}886 \cdot 10^{-13}\ \frac{\text{F}}{\text{cm}}; \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

also ist

$$\hat{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \frac{2{,}03}{0{,}886} = 2{,}3.$$

$\hat{\varepsilon}$ ist die Dielektrizitätskonstante, die man in den Zahlentafeln findet. Gegen ihre Verwendung ist so wenig wie gegen die Verwendung der Dichte ϱ etwas einzuwenden. Nur muß das Coulombsche Gesetz dann als Größengleichung in der Form

$$P = \frac{Q_1 Q_2}{\varepsilon_0 \hat{\varepsilon} 4 \pi r^2}$$

geschrieben werden; die Schreibweise

$$P = \frac{Q_1 Q_2}{\hat{\varepsilon} 4 \pi r^2}$$

ist unzulässig.

Die Gl. (14) für ε_0 entspricht der Gl. (12) für ϱ_0. Daß der Zahlenwert von ε_0 in (14) unrund und sehr klein, der von ϱ_0 in (12) dagegen sehr nahe gleich 1 ist, rührt nur davon her, daß man sich bemüht hat, die Masseneinheit g genau so groß zu machen wie die Masse eines Kubikzentimeters Wasser im Zustande der größten Dichte, daß man also die genaue Gültigkeit der Gleichung

$$g = \varrho_0\ \text{cm}^3$$

angestrebt hat. Aus dieser Forderung folgt die Gl. (12), die mit großer Genauigkeit, aber nicht völlig genau richtig ist. Das „Liter" ist nichts anderes als das Volumen kg ϱ_0.

c) Stellung des Faktors 4π.

Vorschrift II stellt eine wichtige Bedingung für die Schreibweise der Größengleichungen auf, indem sie verbietet, empirische Faktoren ohne Grund als reine Zahlen zu behandeln.

Mit der Frage der Zufügung von Zahlenfaktoren beschäftigt sich Vorschrift III. Sie fordert — u. zw. aus Gründen der Zweckmäßigkeit — die zuerst von Heaviside befürwortete Schreibweise.

Die Grundgrößengleichungen der Elektrizitätslehre nehmen auf Grund der Vorschriften II und III die einfache Form an:

$$\frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t} + \varkappa \mathfrak{E} = \operatorname{rot} \mathfrak{H}, \qquad \frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial t} = -\operatorname{rot} \mathfrak{E},$$
$$\mathfrak{D} = \varepsilon \mathfrak{E}, \qquad \mathfrak{B} = \mu \mathfrak{H},$$
$$\mathfrak{S} = [\mathfrak{E} \mathfrak{H}], \qquad W_e = \int \frac{1}{2} \mathfrak{E} \mathfrak{D}\, \mathrm{d}V, \qquad W_m = \int \frac{1}{2} \mathfrak{B} \mathfrak{H}\, \mathrm{d}V.$$

Es ist nötig, darauf hinzuweisen, daß sich die Vorschriften II und III nur auf die Größengleichungen beziehen. Die Zahlenwertgleichungen der Elektrizitätslehre ergeben sich nach dem im Abschnitt A besprochenen Verfahren von selbst in der gebräuchlichen Form. Im einzelnen wird dies durch die Beispiele unter D erläutert werden.

C. Zeichen für Systemeinheiten (Vorschrift IV).

Beim Rechnen mit Größengleichungen darf man die Einheitszeichen wie Faktoren behandeln. Für die abso-

[1] Hier und in den folgenden Abschnitten (mit Ausnahme des Schlusses von B b und des Abschnittes D c) bedeutet g keine Masse mehr, sondern eine Kraft.

[2] Es ist 1 kg = 0,981 · 10⁵ dyn; 1 dyn = $10^{-7}\ \frac{\text{J}}{\text{cm}}$.

Digitized by Google

luten Einheiten der Elektrizitätslehre gibt es aber bis jetzt noch keine anerkannten Zeichen.

Man findet zwar z. B. für die elektrostatische Einheit des Widerstands das Zeichen cm^{-1} s, für die elektromagnetische das Zeichen $cm\,s^{-1}$. Die Benutzung dieser Zeichen ist aber mit dem Rechenverfahren unter A unvereinbar; denn wenn jede Größe gleich dem Produkt aus ihrem Zahlenwert und der benutzten Einheit sein soll, so können sich verschiedene Einheiten für dieselbe Größe nur durch einen Zahlenfaktor voneinander unterscheiden. Die bisher ab und zu verwendeten Einheitszeichen der absoluten Maßsysteme widersprechen also den Grundsätzen, auf denen das Rechnen mit Größengleichungen beruht.

Die vorgeschlagene Bezeichnung knüpft an die übliche Verwendung der eckigen Klammern zur Bezeichnung der Dimension oder auch der Einheit einer Größe an; sie ist sehr naheliegend und erweiterungsfähig und hat sich beim praktischen Rechnen bewährt.

Mit Hilfe der neuen Einheitszeichen läßt sich z. B. aus dem Werte von ε_0 bequem das Verhältnis der elektrostatischen Elektrizitätsmengeneinheit $[Q]_s$ zum Coulomb herleiten. $[Q]_s$ ist nach dem Coulombschen Gesetz (13) definiert durch

$$d = \frac{[Q]_s^2}{\varepsilon_0\, 4\pi\, cm^2};$$

also ist nach (14)

$$[Q]_s^2 = 10^{-7}\,\frac{J}{cm}\cdot 0{,}886\cdot 10^{-13}\,\frac{F}{cm}\cdot 4\pi\, cm^2 = 11{,}1\cdot 10^{-20}\,C^2$$

und

$$[Q]_s = 3{,}34\cdot 10^{-10}\,C$$

D) Weitere Beispiele.

a) Paßeinheit.

Für die sog. „Paßeinheit" gilt nach Normblatt DIN 772 die Gleichung (D = Durchmesser)

$$1\ PE = 5\cdot 10^{-3}\cdot \sqrt[3]{D}.$$

Das Normblatt enthält den Zusatz, daß die Rechnung Werte in Millimeter ergibt und daß D in Millimeter einzusetzen ist. Aus dieser Fassung folgt, daß es sich um eine Zahlenwertgleichung handelt.

Will man deutsche Paßeinheiten mit englischen Paßeinheiten vergleichen, so tut man gut daran, die Zahlenwertgleichung in die Größengleichung umzuwandeln, indem man statt der Zahlenwerte die Quotienten aus Größen und Einheiten einsetzt:

$$\frac{PE}{mm} = 5\cdot 10^{-3}\sqrt[3]{\frac{D}{mm}}$$

oder auch

$$PE = 5\cdot 10^{-3}\sqrt[3]{D\,mm^2}.$$

Setzt man nun 1 mm = 1 Zoll/25.4, so erhält man

$$PE = 5\cdot 10^{-3}\sqrt[3]{D\left(\frac{Zoll}{25{,}4}\right)^2} = 0{,}58\cdot 10^{-3}\sqrt[3]{D\,Zoll^2}.$$

Hieraus folgt z. B. für $D = 8$ Zoll sofort

$$PE = 0{,}58\cdot 10^{-3}\sqrt[3]{8\ Zoll^3} = 1{,}16\ mZoll$$

Gerade bei rein empirischen Gleichungen wie der hier betrachteten empfiehlt sich häufig die Schreibweise mit Größen.

Die allgemeine Größengleichung für die Paßeinheit kann, wie man sofort sieht, in der Form

$$PE = \sqrt[3]{D\,p^2}$$

geschrieben werden, wo $p = 0{,}35\,\mu$ ist. Die Paßeinheit ist also nichts anderes als das geometrische Mittel aus dem Durchmesser und einem für alle Durchmesser gleichen, mit doppeltem Gewicht in Rechnung zu stellenden Abstand p.

b) Spannungen und Drucke.

In England werden bekanntlich Kräfte noch immer in Pfund, Flächen in Quadratzoll gemessen. Hat man nun häufig englische und deutsche Angaben von Spannungen (σ) oder Drucken (p) zu vergleichen, so empfiehlt es sich, aus den Gleichungen

$$1\ Pfund = 0{,}454\ kg,$$
$$1\ Quadratzoll = 6{,}45\ cm^2$$

die Identität

$$\frac{\sigma(p)}{Pfund/Quadratzoll} = \frac{\sigma(p)}{0{,}454\ kg/6{,}45\ cm^2} = 14{,}22\,\frac{\sigma(p)}{kg/cm^2}$$

zu bilden und sich demnach zu merken, daß man den Zahlenwert der Größen σ und p in Pfund je Quadratzoll aus der deutschen Angabe durch Multiplikation mit 14,22 erhält.

c) Gesetz der Elektrolyse.

Nach dem Faradayschen Gesetz sind die bei der Elektrolyse ausgeschiedenen Massen m den bewegten Elektrizitätsmengen Q proportional:

$$m = \text{const.}\,Q.$$

Bezeichnet man nun mit A das Grammatom, mit n die Wertigkeit, mit N die Loschmidtsche Zahl und mit e die Elektronenladung, so wird mit der Ladung ne die Masse A/N ausgeschieden. Es gilt also auch

$$\frac{A}{N} = \text{const.}\,ne,$$

und durch Division erhält man

$$\frac{m}{A/n} = \frac{Q}{Ne} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

Die linke Seite kann hier aufgefaßt werden als die Masse, bezogen auf das Grammäquivalent (Val) als Einheit, die rechte als die Ladung, bezogen auf die Äquivalent- oder Valenzladung als Einheit, und man kann daher die Gleichung als Zahlenwertgleichung, bezogen auf „spezifische" Einheiten, in der einfachen Form

$$m = Q$$

schreiben.

Der Wert der Äquivalentladung ist der Gl. (15) unmittelbar auf Grund der Definition des Coulomb zu entnehmen; es ist nämlich

$$Ne = \frac{A}{n}\,\frac{Q}{m} = \frac{107{,}88\ g}{1}\cdot\frac{1\ C}{1{,}118\ mg} = 96\,494\ C.$$

Weiter besteht zwischen Ne und der spezifischen Ladung des Wasserstoffions ein einfacher Zusammenhang. Dessen Ladung ist gleich e, seine Masse gleich 1 gramm/N. Also ist seine spezifische Ladung gleich Ne/gramm. Da die Identität

$$\frac{Ne}{Coul} = \frac{Ne/gramm}{Coul/gramm}$$

besteht, ist der Zahlenwert der Äquivalentladung gleich dem Zahlenwert der spezifischen Ladung des Wasserstoffions — alle Größen auf Gramm und Coulomb bezogen. Von Gleichheit der beiden Größen kann jedoch keine Rede sein, weil sie verschiedener Dimension sind.

d) Kondensator.

Die allgemeine Größengleichung für die Kapazität eines Kondensators von der Flächengröße F und dem Flächenabstand a lautet nach Vorschrift III

$$C = \varepsilon\,\frac{F}{a}. \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

Für das unter B b vorausgesetzte Dielektrikum und für $F = 400\ cm^2$, $a = 0{,}1$ cm erhält man hieraus ohne weiteres

$$C = 2{,}03\cdot 10^{-13}\,\frac{Farad}{cm}\cdot\frac{400\ cm^2}{0{,}1\ cm} = 0{,}812\cdot 10^{-9}\,Farad. \quad (17)$$

Will man C auf die elektrostatische Kapazitätseinheit $[C]_s$ (auch „cm" genannt) beziehen, so muß man auf ihre Definition zurückgehen. Man versteht unter ihr die Kapazität einer von andern Leitern weit entfernten Kugel vom Radius 1 cm im leeren Raum. Nun ist die Größengleichung für die Kapazität einer Kugel nach Vorschrift III:

$$C = 4\pi\varepsilon r;$$

also ist nach (14)

$$\left.\begin{aligned}[C]_s &= 4\pi\varepsilon_0\,cm = 4\pi\cdot 0{,}886\cdot 10^{-13}\,Farad\\ &= 1{,}113\cdot 10^{-12}\,Farad.\end{aligned}\right\} \quad (18)$$

Setzt man dies in (17) ein, so erhält man

$$C = \frac{0{,}812\cdot 10^{-9}}{1{,}113\cdot 10^{-12}}\,[C]_s = 731\,[C]_s.$$

Will man die Kapazität nur in der elektrostatischen Einheit berechnen, so ist es bequemer, die Zahlenwertgleichung zu benutzen. Man teilt die Gl. (16) und (18) durcheinander und erhält

$$\frac{C}{[C]_s} = \frac{1}{4\pi}\,\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}\,\frac{F}{cm^2}\,\frac{cm}{a}$$

oder, als Zahlenwertgleichung geschrieben,

$$C = \frac{\varepsilon F}{4\pi a}.$$

Digitized by Google

Hiernach ergibt sich in unserm Beispiel unmittelbar

$$C = \frac{2{,}3 \cdot 400}{4\pi \cdot 0{,}1} = 731 .$$

e) Hubmagnet.

Für die auf die Flächeneinheit bezogene Tragkraft p eines Magnets gilt, wenn man sie in kg/cm² und die Induktion $\mathfrak{B}$ in Gauß angibt, die Formel

$$p = 4{,}06 \cdot 10^{-8}\, \mathfrak{B}^2 .$$

Wir fragen nach der zugehörigen Größengleichung. Unmittelbar ergibt sich die zugeschnittene Größengleichung

$$\frac{p\ \mathrm{cm}^2}{\mathrm{kg}} = 4{,}06 \cdot 10^{-8}\, \frac{\mathfrak{B}^2}{\mathrm{Gauß}^2} .$$

Nun ist

$$\mathrm{kg} = 0{,}0981\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{cm}} ,$$

$$\mathrm{Gauß} = 10^{-8}\ \frac{\mathrm{Vs}}{\mathrm{cm}^2} ;$$

also wird

$$p = 0{,}0981\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{cm}^3} \cdot 4{,}06 \cdot 10^{-8}\, \frac{\mathfrak{B}^2\,\mathrm{cm}^4}{10^{16}\,\mathrm{V}^2\mathrm{s}^2} = \frac{\mathfrak{B}^2\,\mathrm{cm}}{2{,}50 \cdot 10^{8}\,\mathrm{H}} .$$

Wir kürzen die benannte Größe $2{,}5 \cdot 10^{-8}$ H/cm durch $2\mu_0$ ab und erhalten die gesuchte Größengleichung in der Form

$$p = \frac{\mathfrak{B}^2}{2\mu_0} .$$

Die Konstante

$$\mu_0 = 1{,}256 \cdot 10^{-8}\ \frac{\mathrm{H}}{\mathrm{cm}} \qquad \ldots\ldots\ (19)$$

ist nichts anderes als die Permeabilität des leeren Raums, wie sie sich z. B. durch Messung des Feldes im Innern einer Ringspule, durch die ein bekannter Strom fließt, auch unmittelbar ergibt.

f) Lichtgeschwindigkeit.

Die Geschwindigkeit elektromagnetischer Wellen im leeren Raum folgt aus der Größengleichung

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} ,$$

die der bekannten Gleichung für die Laufgeschwindigkeit von Schallwellen $v = \sqrt{\text{Elastizität/Dichte}}$ entspricht. Da nämlich

$$\mathrm{H\,F} = \Omega\,\mathrm{s}\,\frac{\mathrm{s}}{\Omega} = \mathrm{s}^2 \qquad \ldots\ldots\ (20)$$

ist, ergibt sich nach (14) und (19)

$$c = \frac{1}{\sqrt{0{,}886 \cdot 10^{-13}\ \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{cm}} \cdot 1{,}256 \cdot 10^{-8}\ \frac{\mathrm{H}}{\mathrm{cm}}}}$$

$$= \frac{\mathrm{cm}}{\sqrt{1{,}113 \cdot 10^{-21}\,\mathrm{H\,F}}} = 3 \cdot 10^{10}\ \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}} .$$

g) Schwingungskreis.

Es werde endlich noch die bekannte, dem Gaußschen System entsprechende Zahlenwertgleichung für die „Wellenlänge" eines Schwingungskreises

$$\lambda = 2\pi\sqrt{L\,C} \qquad \ldots\ldots\ (21)$$

aus der zugehörigen Größengleichung

$$\lambda = \frac{c}{f} = 2\pi c\sqrt{L\,C} = 2\pi\sqrt{c^2\,L\,C} \qquad \ldots\ldots\ (22)$$

abgeleitet. Nach (18) ist

$$\mathrm{F} = 0{,}898 \cdot 10^{12}\,[C]_s ;$$

außerdem gilt

$$\mathrm{H} = 10^{9}\,[L]_m .$$

Daher ist nach (20)

$$\mathrm{H\,F} = 8{,}98 \cdot 10^{20}\,[L]_m\,[C]_s = \frac{c^2 s^2}{\mathrm{cm}^2}\,[L]_m\,[C]_s = \mathrm{s}^2$$

oder

$$\frac{c^2}{\mathrm{cm}^2} = \frac{1}{[L]_m\,[C]_s} ;$$

also ist auch nach (22)

$$\frac{\lambda}{\mathrm{cm}} = 2\pi\sqrt{\frac{c^2}{\mathrm{cm}^2}\,L\,C} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{[L]_m}\,\frac{C}{[C]_s}} .$$

Hierzu gehört aber als Zahlenwertgleichung die gesuchte Gleichung (21). *(Schluß folgt.)*

SITZUNGSKALENDER.

Oberschles. Elektrotechn. Verein, Gleiwitz. 25. IV. 1930, nachm. 5h, Büchereisaal der Donnersmarckhütte in Hindenburg: Vortrag Dr. Reinheimer, „Technik der Kabelherstellung unter Berücks. der heutigen Hochspannungskabelprobleme".

Deutsches Museum, München. a) 19. IV. 1930, nachm. 5¼h, Projektionsraum der Bayer. Landesfilmbühne: Filmvortrag „Geschichte des Badewesens." b) 22., 24. u. 26. IV. 1930, nachm. 5¼h, Projektionsraum der Bayer. Landesfilmbühne: Filmvorträge „Die Wasserkraftanlagen der mittleren Isar." c) 22. IV. 1930, abds. 8h: Führungsvortrag A. Menck „Flugtechnik" (Der Flug in der Natur; Entwicklung der Luftfahrzeuge).

LITERATUR.

Besprechungen.

Einführung in die Telegraphentechnik. Von K. Patermann. Mit 226 Abb. u. 167 S. in 8°. Verlag Franz Westphal, Lübeck 1929. Preis kart. 5,20 RM.

Das handliche Werkchen, das einen guten Überblick über das recht umfangreiche Gebiet der Fernschreibetechnik vermittelt, bringt in sechs Unterabteilungen eine allgemeinverständliche Darstellung der wichtigsten und wesentlichsten Grundlagen der Telegraphie über gewöhnliche und kombinierte Leitungen.

Im ersten Abschnitt, beginnend mit allgemeinen und informierenden Betrachtungen über die Grundelemente der Telegraphie, wird der Leser mit den elektrischen Vorgängen beim Telegraphieren vertraut und mit den verschiedenen Grundsystemen bekannt gemacht. Der zweite Abschnitt gliedert sich in Beschreibungen der gebräuchlichen Telegraphenapparate, ihrer bemerkenswertesten Konstruktionsteile und Hilfsgeräte; dieser textliche Teil über die Apparatsysteme Morse, Creed, Hughes u. a. ist durch Konstruktionszeichnungen, Prinzipschaltbilder und Lichtbilder reich illustriert und dadurch besonders anschaulich. Auch die Ausführungen über die Nebenapparate, Umschalter, Sicherungen, Anzeigeinstrumente und Relais sind durch viele Abbildungen unterstützt. Der dritte Abschnitt handelt von den Betriebsweisen der Apparate und Leitungen; es werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Betriebsarten aufgezeigt. Die drei letzten Abschnitte bringen das Wissenswerte über die betriebsmäßigen Schaltungen, die Hilfsmittel und noch einiges über besondere Schaltungsarten; Leitungsführungen innerhalb der Ämter unter Berücksichtigung der Amts- und Kontrolleinrichtungen; auch hier wieder viele Stromlauf- und Prinzipschaltbilder. Ganz besonders gut angebracht wird der sich neu einarbeitende Leser die vielen Literaturhinweise auf deutsche und ausländische Veröffentlichungen finden; diese ausführlichen Literaturzusammenstellungen, die bei dem jeweils behandelten Gebiet aufgeführt sind, verdienen mit Recht hervorgehoben zu werden, weil für das umfangreiche Gebiet der Telegraphentechnik das Werkchen nur eine Einführung sein will und kann.

Die gefällige und knappe Form in textlicher und darstellerischer Hinsicht macht das Buch lesenswert; aus der Feder eines Praktikers, kann es bestens empfohlen werden. H. Reppisch.

Die Bauteile der elektrischen Maschinen in 80 Tafeln. Von H. Trenkmann u. A. von Königslöw. Sammelmappe in 2°. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1930. Preis der Mappe 9.60 RM.

Die Verfasser haben mit dieser Arbeit eine Parallele zu bereits vorhandenen Werken über Konstruktionselemente des Maschinenbaus und der Feinmechanik geschaffen. Sie füllen damit eine von Lehrern, Schülern und Praktikern empfundene Lücke aus. Das Werk ist als ein vorzügliches Hilfsmittel für die Berufsausbildung und den Anfänger in der Praxis zu begrüßen, in erster Linie ist es aber wohl für die Benutzung beim Unterricht gedacht. Um es auch zum Selbststudium verwenden zu können, wäre

Digitized by Google

die Ausfüllung der Stücklisten an Hand der vorhandenen Positionsnummern erwünscht. Ferner erscheint es zweckmäßig, im Hinblick auf die Leistungsangaben der Maschinen wenigstens einige Hauptmaße anzugeben, um den Anfänger damit die Größenverhältnisse näher zu bringen. Auffallend ist die sehr ausführliche Darstellung der Schildlagerbeispiele (auf 22 Tafeln), deren Ausführung vom Maschinenbau her hinreichend bekannt sein dürfte. Immerhin wird dadurch erreicht, daß dem Elektrotechnik Studierenden die reinen Bauelemente des Maschinenbaus geläufiger werden, womit die Verfasser dem Bestreben der Elektroindustrie nach einheitlicher konstruktiver Durchbildung der elektrischen Maschinen durch den Elektroingenieur Rechnung tragen. Sie sind sich dabei offenbar bewußt, daß die Industrie für diese Zwecke aus Mangel an brauchbaren Elektroingenieuren vielfach noch Maschineningenieure verwendet. — Vielleicht könnte die Fortlassung einiger Schildlagerkonstruktionen zugunsten entsprechender Beispiele aus dem Großmaschinenbau erwünscht sein, insbesondere wenn damit ein Hinweis auf die neuerdings vielfach geschweißten Gehäuseausführungen verbunden wird. Desgleichen wären Angaben über die manchmal nicht leicht anzubringenden Abstützungen bei größeren Wicklungen anzuregen. — Mit Rücksicht auf die liebevolle Durcharbeitung der Darstellungen kann man dem außerordentlich übersichtlichen Atlas eine weitgehende Verbreitung wünschen.

K. Elbel.

Aufgaben aus dem Wasserbau. Angewandte Hydraulik. Von Dr.-Ing. Otto Streck. 40 vollkommen durchgerechnete Beispiele. 2. berichtigte Aufl. Mit 133 Abb., 35 Tab., 11 Taf. IX u. 362 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 12 RM.

In 40 gut gewählten, weitgehend durchgerechneten, der Praxis entnommenen Beispielen wird eine Einführung in die Anwendungen der Hydraulik geboten, die den Studierenden und den erst im Beruf vor Probleme des Wasserbaus gestellten Ingenieuren eine willkommene Anleitung zur selbständigen Lösung anderer Aufgaben sein kann. Die Behandlung ist absichtlich elementar gehalten und führt mit Geschick vom empirisch erfaßten komplizierten Naturvorgang zu den abstrahierten Formeln, dadurch scharf deren Bedingtheit hervorhebend. Die naheliegende Gefahr der schematischen Anwendung der hydraulischen Grundformeln auf Verhältnisse, für die sie ihrer Ableitung nach nicht oder wenigstens nicht voll geeignet sind, ist dabei meist glücklich vermieden (nicht ganz bei den Aufgaben 16, namentlich aber 27 und 34, Fall 2, die in dieser Beziehung als didaktisch und sachlich bedenklich und einer Revision bedürftig zu bezeichnen sind).

Das vom Verlag in gewohnter Weise vorzüglich ausgestattete, handliche Buch wird sich verdientermaßen in der zweiten, kaum veränderten Auflage neue Freunde zu den alten hinzuerwerben. Dem im Vorwort versprochenen Ergänzungsband, der Aufgaben aus den noch unbehandelt gelassenen Gebieten der angewandten Hydraulik bringen soll, wird man mit freundlichem Interesse entgegensehen.

A. Ludin.

Rechnungswesen und technischer Betrieb. Die Grundlagen der Plankostenrechnung. Von Dipl.-Kfm. W. Lorch u. Dr.-Ing. Fr. Sommer. Mit 48 Abb., 13 Taf., XI u. 183 S. in 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis geb. 12 RM, f. VDI-Mitgl. 10,80 RM.

Die Verfasser geben eine Darstellung der Selbstkostenrechnung, Betriebsbuchhaltung und Betriebsstatistik, die von den bisher üblichen Darstellungen nicht unwesentlich abweicht. Sie versuchen, die Rechnungsverfahren aus den materiellen Vorgängen im Betriebe zu entwickeln und zu erklären, um so Verständnis für das innere Wesen der Selbstkostenrechnung und Buchhaltung zu wecken, während das Rechnungswesen, vor allem die Buchhaltung, oft unter überwiegend formalen Gesichtspunkten behandelt werden. Außer den Hauptgebieten wird ganz besonders eingehend die Plankostenrechnung, aufbauend auf der Platzkostenrechnung, behandelt. Interessante graphische Darstellungen erläutern den Text. Das eigenartige, viele neue Gedanken bringende Buch wird auch denen, die bereits im industriellen Rechnungswesen bewandert sind, wertvolle Anregungen geben.

O. Schulz-Mehrin.

Neue Zeitschriften.

Die Elektroschweißung. Zeitschr. für die Gebiete der elektrischen Schweißverfahren und deren Anwendung. Organ des Werbeausschusses für Elektroschweißung e. V. Herausgegeben von Dr.-Ing. E. h. L. Kuchel und Prof. Dr.-Ing. O. Schmitz. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn AG., Braunschweig 1930. Jahresabonnement 24 RM. Erscheint monatlich.

Der Werbeausschuß für Elektroschweißung e. V., Berlin, dem auch die namhaften Firmen angehören, welche elektrische Schweißgeräte und Zubehör auf den Markt bringen, hat mit Jahresanfang eine eigene Monats-Zeitschrift im Verlag von Friedrich Vieweg & Sohn, AG., Braunschweig, herausgebracht, betitelt „Die Elektroschweißung", Zeitschrift für die Gebiete der elektrischen Schweißverfahren und deren Anwendung. Als Herausgeber zeichnen Dr.-Ing. E. h. L. Kuchel und Prof. Dr.-Ing. O. Schmitz, beide schweißtechnische Dozenten der Technischen Hochschule Braunschweig.

Die beiden bisher erschienenen Hefte bringen eine Reihe Beiträge von Schweißfachleuten über die Anwendung der elektrischen Bogenschweißung besonders im Stahlbau; auch die vom Fachausschuß für Schweißtechnik des Vereins Deutscher Ingenieure jüngst aufgestellten Richtlinien für die Ausführung geschweißter Stahlbauten sind hier erstmalig veröffentlicht und erläutert. Außerdem findet man Beiträge über die Bauart und Wirkungsweise verschiedener Flammbogenschweißgeräte, über den Metalltransport der Elektroden (Schweißzusatzstäbe) zum Werkstück, Mitteilungen über in- und ausländische Fach- und verwandte Verbände, Patentschau, Besprechungen des Fachschrifttums, der Vorträge und Schweißkurse.

Es bestehen schon zwei deutsche Sonderzeitschriften für die Schweißtechnik, davon verfolgt die eine nur die Interessen der Acetylenwirtschaft, die andere bearbeitet hauptsächlich das Gebiet der Schmelzschweißung, während die Gebiete der Preßschweißung: Feuer-, Wassergas-, Thermit- und Widerstandschweißtechnik bisher nur verstreut in dem übrigen technischen Schrifttum behandelt wurden. Nun haben wir eine dritte Sonderzeitschrift, lediglich für die elektrischen Schweißverfahren. Besser wäre es vielleicht, nur eine überparteiliche Zeitschrift zu haben, wie z. B. in den V. S. Amerika den Welding Engineer, die alle schweißtechnischen Verfahren gleichmäßig berücksichtigen würde.

J. C. Fritz.

Eingegangene Doktordissertationen.

Albrecht Czimatis, Rohstoffprobleme der deutschen Aluminium-Industrie im Rahmen ihrer wirtschaftlichen Entwicklung. T. H. Dresden 1930.

Reinhard Jost, Über die Durchschlagsfestigkeit einiger fester Isolierstoffe bei Beanspruchungen von langer bis zu ganz kurzer Dauer. T. H. Dresden 1930. (Sonderdruck aus Arch. El. 1929, Bd. 23, S. 305.)

Werner Lindner, Mehrfachfunkenaufnahmen von Explosionsvorgängen nach der Toeplerschen Schlierenmethode. T. H. Dresden 1930. (Sonderdruck aus Forschungsheft 326 des V. d. I.)

Franz Preisach, Untersuchungen über den Barkhausen-effekt. T. H. Dresden 1929. (Sonderdruck aus Ann. Phys. 5. Folge, Bd. 3, H. 6, 1929.)

Joachim Tröger. Die Schallaufnahme durch das äußere Ohr. T. H. Dresden 1930. (Sonderdruck aus Phys. Z. Bd. 31, 1930, Nr. 1.)

Wilhelm Janovsky. Über die Hörbarkeit von Verzerrungen. T. H. Dresden.

Bernhard Planner, Elektrolytische Cadmiumniederschläge. T. H. Darmstadt 1929.

VDE-Vorschriftenbuch 17. Aufl. 1930

erschienen. Zu beziehen durch Verlag des VDE, Berlin W57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Versorgung Britisch-Indiens mit elektrotechnischen Erzeugnissen[1]. — Entsprechend dem wachsenden Strombedarf Britisch-Indiens steigt auch die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse. In den letzten Jahren stammten 70 ... 75 % dieser aus Großbritannien, doch geht dieser Anteil offenbar langsam zurück, während vor allem Deutschland und die V. S. Amerika anteilmäßig langsam vordringen. Die englischen Interessenten sind über die amerikanischen Handelsanstrengungen um so mehr beunruhigt, als amerikanisches Kapital seit einiger Zeit auch in indische Elektrizitätsgesellschaften einzudringen begonnen hat; wir erinnern an die Beteiligung der American & Foreign Power Co. an der Tata-Gruppe (Tata Hydro Electric Power Supply Co., Andhra Valley Co. und Tata Power Co.) und an den jüngst bekanntgewordenen, jetzt aber wohl vereitelten amerikanischen Versuch, auch die Kontrolle über die Calcutta Electric Supply Corp. zu erlangen.

Nach der indischen Außenhandelsstatistik[2] entwickelte sich in den letzten drei Jahren — das Wirtschaftsjahr beginnt jeweils mit dem 1. IV. — die Einfuhr der hauptsächlichsten Warengruppen folgendermaßen:

Erzeugnisse	1926/27	1927/28	1928/29
	Mill Rs[3]		
Generatoren, Dynamos	4,94	3,81	4,31
Motoren	2,94	3,54	4,50
Transformatoren	2,30	1,16	1,09
Turbogeneratorensätze	0,77	0,18	0,60
Andere elektrische Maschinen	8,74	7,67	10,15
Ventilatoren	3,19	3,39	3,84
Isolierte Drähte und Kabel	5,97	6,87	7,05
Telegraphen- und Telephondrähte und -kabel	0,10	0,07	0,18
Telephon- und Telegraphenapparate	0,48	0,59	0,53
Glühlampen	2,07	2,59	3,01
Sonstige elektrische Lampen	1,10	0,94	1,18
Batterien	1,02	1,10	1,31
Elektrotechnische Kohlen	0,06	0,12	0,13
Akkumulatoren	1,67	2,22	1,99
Schaltvorrichtungen	3,24	3,65	3,04
Beleuchtungszubehör, Installationsmaterial, Schalter	1,51	1,56	1,69
Meßinstrumente (Starkstrom)	0,55	0,67	0,73
Elektromedizinische Apparate	0,18	0,19	0,37
Schalttafeln (Starkstrom)	0,41	0,50	0,48
Sonstige elektrotechnische Erzeugnisse	3,63	4,67	4,95

Im ersten Halbjahr 1929/30 (1. IV. bis 30. IX. 1929) zeigt die Elektroeinfuhr nach einem Bericht des British Trade Commissioner in Calcutta[4] für die Hauptgruppen weitere Steigerungen. Insgesamt verteilte sie sich in diesem Zeitraum nach den Hauptbezugsländern wie folgt:

Warengruppen	Großbritannien	V. S. Amerika	Deutschland	Überhaupt
	Mill Rs			
Elektrische Maschinen	9,2	1,2	0,9	12,5
Elektrische Apparate u. Instrumente (auch Nachrichtenapparate)	10,3	2,1	2,1	17,2
Ventilatoren und -teile	1,1	.	.	2,2
Drähte und Kabel insgesamt	4,6	.	0,3	5,5
Telephon- und Telegraphenapparate	0,2	.	.	0,3
Lampen	0,4	.	.	1,3
Beleuchtungszubehör	0,5	0,1	0,2	0,8
Akkumulatoren	0,6	0,1	.	1,0
Meßinstrumente	0,4	0,06	0,04	0,5
Elektromedizinische Apparate	0,06	0,13	.	0,3
Sonstige elektrotechnische Erzeugnisse	1,8	0,3	0,3	2,6

Gegenüber dem ersten Halbjahr 1928/29 hat sich die Einfuhr elektrischer Maschinen um 1,7 und der Import von Apparaten um 2,5 Mill Rs gehoben. Die deutschen Lieferungen weisen Fortschritte auf; sie stiegen bei Maschinen von 0,68 auf 0,88, bei Apparaten und Instrumenten von 1,45 auf 2,05 Mill Rs.

A. Fr.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1096.
[2] El. Review Bd. 104, 1929, S. 801; Bd. 105, 1929, S. 209.
[3] 100 Rupien in den letzten Jahren etwa = 153 RM.
[4] El. Review Bd. 106, 1930, S. 82.

Elektrostatistisches aus Japan. — Nach dem Financial and Economic Annual of Japan 1929 benutzten 1927 von 53 680 Fabriken 43 726 mittels Arbeitsmaschinen betriebene Werke 131 994 Elektromotoren, die aus dem Werk selbst ihren Strom erhielten (116 675 i. V.). Die Leistung der von außerhalb gespeisten Elektromotoren betrug 2.149 Mill PS (1,795 i. V.) Auf die einzelnen Industriezweige verteilten sich diese Motoren bzw. Leistungen in folgender Weise:

Industriezweige	Elektromotoren	
	Zahl	PS
Textilindustrie	38 917	481 482
Metallindustrie	13 621	353 359
Maschinenbau	26 765	442 961
Keramik	4 831	136 422
Chemische Industrie	15 856	371 158
Lebensmittel	14 847	138 964
Holzindustrie	4 464	77 732
Druckereien, Buchbindereien	5 481	16 967
Verschiedene	5 204	40 472
Elektrizität	1 465	79 114
Gas	543	10 330
Summe	131 994	2 148 961

Die Elektrizitätsindustrie zählte 1927 im ganzen 7665 Personen, u. zw. 261 Büroangestellte, 1282 leitende Ingenieure usw., 5524 Werkarbeiter bzw. Arbeiterinnen und 598 sonst Beschäftigte. 572 Elektrizität liefernde Unternehmungen verfügten über eine Leistung von 1,377 Mill kW, 117 elektrische Bahnunternehmungen über 3478 kW und 72 beide Betriebsarten vereinigende Gesellschaften über 1,307 Mill kW. Dazu kommen 5223 Einzelanlagen und Werke von Behörden mit 0,779 Mill kW, so daß insgesamt 5984 elektrische Unternehmungen (5521 i. V.) 3,467 Mill kW besaßen (3,203 i. V.). Bei den elektrische Arbeit liefernden oder Bahnen betreibenden Gesellschaften stellte sich die Leistung der Wasserkraft auf 1,792 Mill kW, die der Dampfanlagen auf 0,896 Mill kW. Entsprechend verfügten die Einzelanlagen und Werke von Behörden über 0,319 Mill kW Wasserkraft und 0,460 Mill kW Dampfkraft. Die Zahl der Abnehmer von Lichtstrom bei Ende 1927 rd. 10,547 Millionen (10,166 i. V.), die der angeschlossenen Lampen 32,323 Millionen (30,159 i. V.) und die der Elektromotoren 339 741 (398 956 i. V.) mit einer Leistung von 1,794 Mill kW (1,710 i. V.) erreicht; einschl. sonstiger Installationen betrug die Gesamtleistung 2,240 Mill kW (2,052 i. V.). 728 elektrische Unternehmungen (735 i. V.) besaßen ein voll eingezahltes Kapital von 2677,2 Mill Yen (2453,6 i. V.) sowie 1506 Mill Yen Anleiheverpflichtungen (1226,3 i. V.) und hatten 1927 einen Nettogewinn von 279,51 Mill Yen (279,332 i. V.). Der Wert der von Japan 1928 eingeführten elektrischen Maschinen betrug 7,782 Mill Yen (8,217 i. V.).

Aus der Geschäftswelt. — Die Norddeutschen Kabelwerke AG., Berlin-Neukölln, konnten 1929 den Ausfall an inländischem Umsatz durch vermehrte Ausfuhr, vornehmlich nach Übersee, fast vollständig ausgleichen und mit den Exportbestellungen während des ganzen Jahres eine einigermaßen gleichmäßige Beschäftigung aufrecht erhalten. Als Neuerungen nennt der Geschäftsbericht die Einrichtung einer Kühlanlage für die Kabelfabrikation und die Aufnahme der Rohrdraht- und Gummiisolierrohrfabrikation. Die Gesellschaft hat zu mehreren Anlagen die Höchstspannungskabel, darunter ein 65 kV-Kabel, geliefert, das ohne Überspannungschutz direkt in Freileitung übergeführt ist und sich gut bewährt. Der Bruttogewinn betrug 1 802 539 RM (1 696 781 i. V.), der Reingewinn 555 541 RM (472 503 i. V.). Hieraus wurden auf 4 Mill RM Aktienkapital 12 % Dividende verteilt (10 % i. V.).

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 16: Wer stellt für galvanoplastische Zwecke das sogen. Streckersalz her?

Frage 17: Wer baut Glockenmagnete für Fahrraddynamos?

Frage 18: Wer baut Wickelmaschinen zur Herstellung von Telephonkondensatoren?

Frage 19: Wer stellt Isolierpapier für den Bau von Kondensatoren her?

Abschluß des Heftes: 11. April 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Selektivschutz durch Distanzrelais.

Mitteilung der AEG.

Bereits vor Jahren hat die AEG ein selektiv wirkendes Überstromrelais — das sogenannte Distanzrelais — auf den Markt gebracht, das eine große Verbreitung gefunden und sich aufs beste bewährt hat. Auf Grund von Anregungen aus der Praxis hat die AEG ein weiteres Distanzrelais entwickelt (Abb. 1), wobei sie sich auf ihre langjährigen, auf dem Gebiete des Selektivschutzes gesammelten Erfahrungen stützen konnte.

Abb. 1. Distanzrelais mit aufgesetzter Kappe.

In dem Wesen des Selektivschutzes liegen gewisse grundlegende Anforderungen begründet, die an ein Distanzrelais gestellt werden müssen. Darüber hinaus wird heute allgemein noch die Erfüllung weiterer Bedingungen verlangt:

Verkürzung der Auslösezeiten auf einen höchsten Wert von 2,0 s, wobei als kürzeste Auslösezeit im Hinblick auf die jetzt mögliche Beherrschung großer Kurzschlußleistungen durch die modernen Oelschalter 0,5 s als zulässig erachtet werden kann.

Strom- und spannungsabhängiger Anlauf, um auch Kurzschlußströme unterhalb des Normalstromes erfassen zu können, ein Fall, der besonders in Netzen höherer Spannung erforderlich werden kann, wenn zu Zeiten schwachen Energiebedarfes mit kleiner Maschinenleistung gefahren wird.

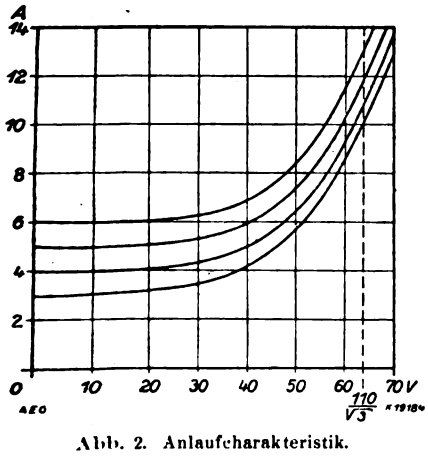


Abb. 2. Anlaufcharakteristik.

Anzeige der Laufzeit, um den Verlauf einer Störung besser überblicken zu können und das Auffinden des Fehlerortes zu erleichtern. (Die Laufzeit ist abhängig von der Entfernung der Kurzschlußstelle bis Relais.)

In manchen Fällen ist schließlich noch eine Erhöhung der Rückstromempfindlichkeit erwünscht.

Die Eigenschaften des neuen Distanzrelais sind folgende:

Der Anlauf erfolgt nach den in Bild 2 angegebenen Kurven. Der kleinste Ansprechstrom bei Spannung Null ist von außen zwischen 3 und 6 A. einstellbar. Bei Normalspannung läuft das Relais erst bei ungefähr dem doppelten Normalstrom an. Nach erfolgtem Anlauf übernimmt das Anregeorgan den Ablauf des Relais.

Die zur Distanzkontrolle bestimmten Elemente bleiben beim Ablauf in Ruhe und legen beim Erreichen der Auslösebedingung nur einen kurzen Schaltweg zurück.

Das Distanzelement dient gleichzeitig zur Überwachung der Energierichtung. Ein besonderes Energierichtungsrelais ist überflüssig. Die Rückstromempfindlichkeit liegt bei 10 A. unter 5 W, d. h. es sind höchstens 0,5 vH der Spannung zur Sperrung des Relais erforderlich. Mit wachsendem Strom werden die Verhältnisse noch günstiger.

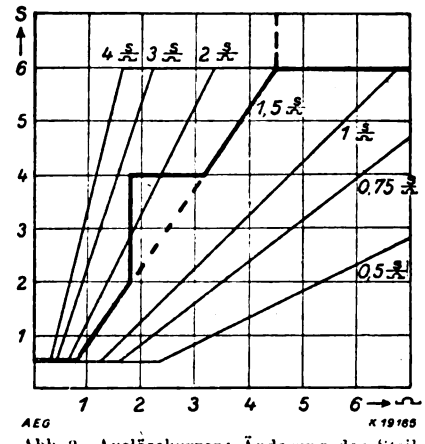


Abb. 3. Auslösekurven: Änderung der Steilheit, Zeitweiche, Grenzzeit.

Die Anzeige der Auslösezeit erfolgt an einer Schlepptrommel des Ablaufsystems.

Die Auslösekurven gehorchen dem Gesetz $t = \frac{e}{i}$ und zeigen den in den Bildern 3 und 4 dargestellten linearen Verlauf. Sie sind von der Höhe des Kurzschlußstromes praktisch unabhängig. An jedem Relais sind insgesamt 7 Charakteristiken verschiedener Steilheit einstellbar und zwar in den Grenzen von 0,5 s/Ω bis 4,0 s/Ω, wobei der Bereich noch oben oder unten erweitert werden kann. Außer dieser Einstellung der Neigung gegen die Horizontale ist eine weitgehende Änderungsmöglichkeit der Kurven vorgesehen, um den Schutz auch bei verwickelten Netzverhältnissen verwenden zu können. Die kleinste Auslösezeit (Grundzeit) kann durch einen veränderlichen Anschlag in den Grenzen 0,5 bis 2,5 s geregelt werden. Damit werden gleichzeitig die Kurven parallel zu sich selbst gehoben. Die Länge der horizontalen Anlaufstrecke kann nach rechts erweitert werden, so daß es möglich ist, bei langen Leitungsabschnitten über einen verhältnismäßig großen Bereich eine kurze Auslösezeit einzuhalten. Nach 6 s hat das Laufwerk seinen Weg zurückgelegt (Grenzzeit). Es kann dann eine Auslösung erzwungen werden oder ganz unterbleiben. Es ist ferner möglich, die Auslösung über einen beliebigen Zeitabschnitt zu unterbinden (Zeitweiche) oder in beliebigen Sprüngen zu staffeln.

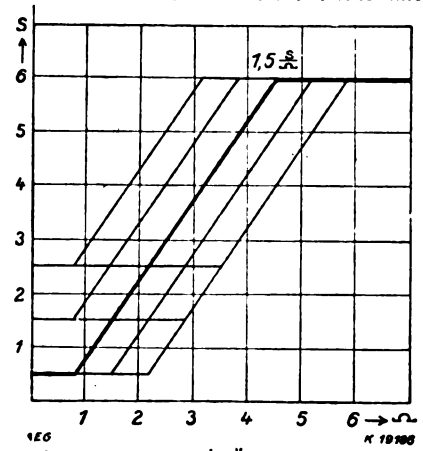


Abb. 4. Auslösekurven: Änderung der Grundzeit, Parallelverschiebung.

Die Auslösung erfolgt durch einen Fallkontakt, der den doppelpoligen Auslösestromkreis schließt.

Die Überwachung der Betriebsbereitschaft erfolgt durch zwei im Relaisgehäuse untergebrachte Kontrollinstrumente, die im Strompfad und im Spannungskreis (dieses als Milliamperemeter geschaltet) liegen.

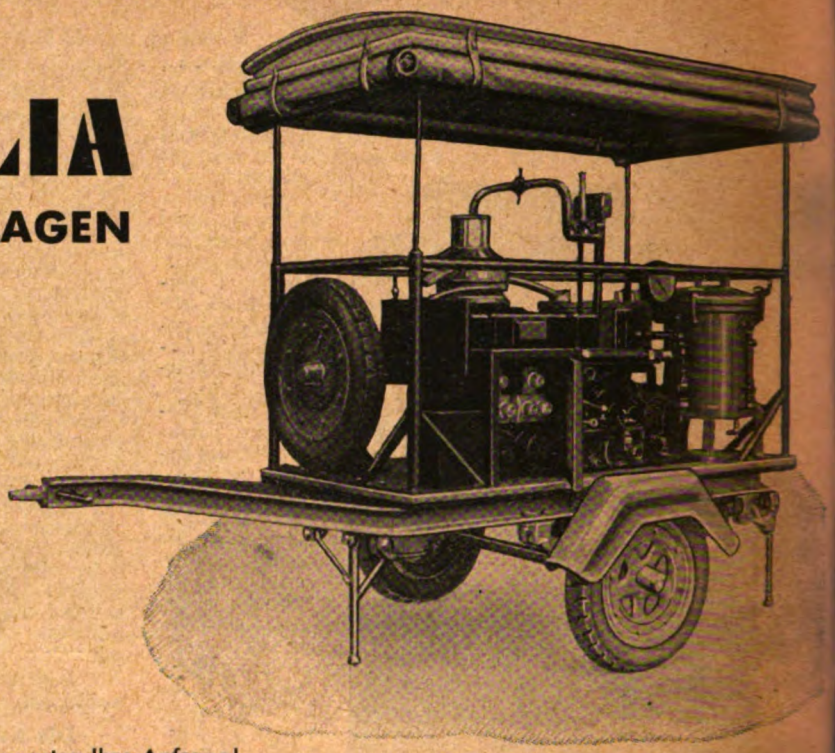
Digitized by Google

WESTFALIA

ÖLREINIGUNGS-ANLAGEN FÜR ISOLIER-ÖLE

mit Evakuierung und automatischem Temperaturregler

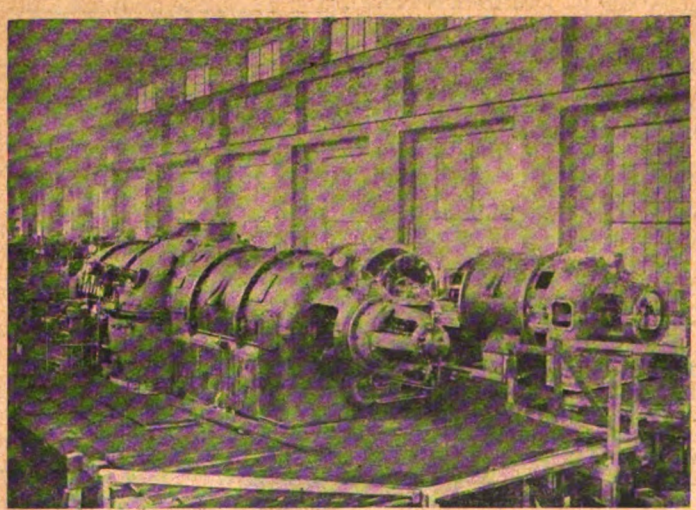
Fahrbare Anlage, besonders geeignet für kleine Umspannwerke, Mastentransformatoren usw.



Wir erwarten Ihre Anfrage!

RAMESOHL & SCHMIDT A.G., OELDE-WESTF.

STAL-DAMPFTURBO-GENERATOREN



Zwei 14000 kW STAL-Turbogeneratoren in der Montagehalle

1.500.000 PS

in STAL-Turbinen sind bis jetzt geliefert und in Auftrag

Betriebssicherheit, höchster Wirkungsgrad, einfachste und billigste Aufstellung sowie größte Anpassungsfähigkeit im Betrieb sind einige der vielen Vorteile, die zu erhöhter Nachfrage nach unseren STAL-Turbinen geführt haben.

Verlangen Sie unsere Druckschriften!

STALTURBINE GMBH. DÜSSELDORF, BISMARCKSTR. 44/46

Digitized by Google

Engineering Library

MAY 15 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Die Frühjahrsausstellung im Hause der Elektrotechnik. Von E. Orlich. 593

Die Beurteilung elektr. Maschinen u. Apparate durch Toleranzen auf Grund statistischer Methoden. Nach R. Rüdenberg. Ref.: Jacottet. 599

Die gleichmäßige Verteilung einer Einphasenlast auf ein Dreiphasennetz bei derselben Frequenz in beiden Kreisen. Von H. Th. Berg. 601

Eine Sprungschaltung für Sperr- und Zeitkreise für Kathodenstrahl-Oszillographen. Von W. Krug. 605

Mitt. d. PTR. Nr. 280. 610

Rundschau:

Der Ölverbrauch eines Elektrizitätswerkes. 609 — Eine 220 kV-Leitung auf Schleuderbetonmasten. 611 — Stromverdrängung im Ankerstreufeld. 611 — Über Kippschwing. dreifacher Frequenz in magnet. unverketteten Dreiphasentransform. 612 — Theoret. Grundlagen der Blindverbrauchmess. im Dreileiter-Drehstromnetz mit Ferrariszählern. 612 — Ein tragbares Feldstärkemeßgerät für hohe Frequenzen. 613 — Maximum-Fernzähler nach dem Impulsverfahren. 613 — Relative Sichtbarkeit der Lichtblitze v. Neon-Lampen u. v. Glühlampen mit und ohne Rotfilter. 614 — Triebwagen der Bahn La Mure-Gap. 614 — Verfahr. z. direkten Stahlerzeug. nach Flodin Gustafsson. 615 — El. Frühbeetheiz. 616 — Beseit. der Verzerr. v. Übertragungsleit. 616 — Die Sprechtechnik u. ihre Verwend. im Fernsprechbetrieb. 616 — Der Fernsprechverkehr zu mehreren. 616 — Über Elektrizitätsleit. bei Feldstärken bis zu Entladungspann. u. Ionenkonstanten in dielektr. Flüssigkeiten. 617 — Löschung des Wechselstrom-Lichtbogens. 618 — Jahresversamml., Kongresse, Ausstell. 619 — Energiewirtschaft. 619

Vereinsnachrichten. 620 **Bekanntmachung des VDE.** 622

Sitzungskalender. 626

Literatur: F. Eppen, Deutscher Funktechn. Verband. W. Wechmann. H. Krüger, L. Schrutka, V. Placek Eingegang. Doktordissert. 626

Geschäftl. Mitteilungen. 628

Bezugsquellenverzeich. 628

ERSTE BRAUCHBARE KONSTRUKTION!

VIELFACH IN DER PRAXIS BEWÄHRT!

LAND- u. SEEKABELWERKE A.G.
KÖLN-NIPPES

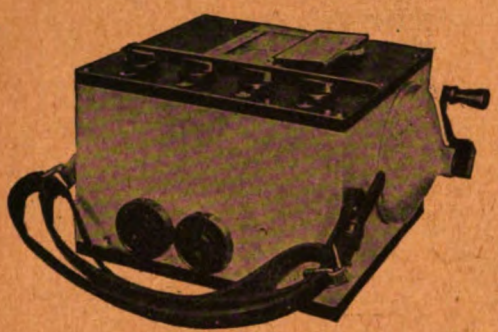
17. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W9

(593-628) 24. APRIL 1930

Digitized by Google

Widerstandsmesser »Brückenmeg«

Isolationsprüfer vereinigt mit Meßbrücke



Evershed's »Brückenmeg«

Als Isolationsprüfer:

Direkt ablesbare Skala 10 000 Ohm bis 100 Megohm

Generatorspannung bis 500 V

Angaben unabhängig von der Drehgeschwindigkeit

Als Meßbrücke:

Eingebauter Vergleichswiderstand mit 4 Dekaden

Meßbereich von 0,01 Ohm bis 999 900 Ohm

Generatorspannung bis 250 V

Gewicht nur 5,7 kg

Man verlange Druckschrift Nr. 44

Generalvertrieb:

Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn

BERLIN-SCHÖNEBERG

db

Vollautomatische AFA Ladeeinrichtungen

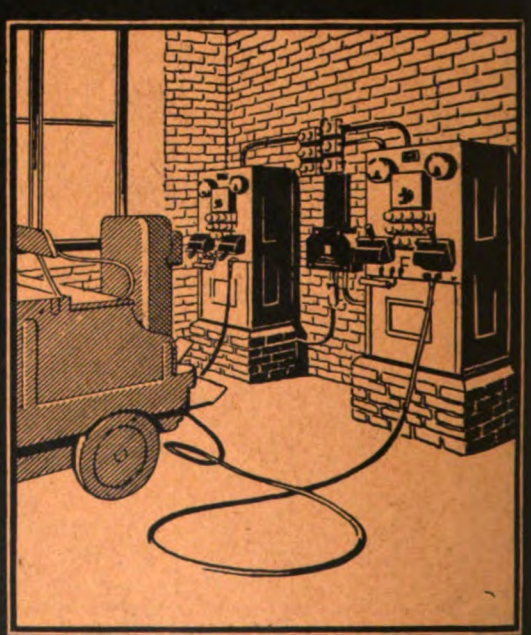
dreiphasiger Anschluss an Drehstromnetze

Ladung von Akkumulatorenbatterien

für

Lastkarren, Schlepper u.a.

AFA



ACCUMULATOREN-FABRIK

AKTIENGESELLSCHAFT

BERLIN SW11

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang **Berlin, 24. April 1930** **Heft 17**

Die Frühjahrsausstellung im Hause der Elektrotechnik.

Von **E. Orlich**, Charlottenburg.

Es ist kein Geheimnis, daß Deutschland wirtschaftlich und politisch in einer ungewöhnlich ernsten und heftigen Krise steht. Es wäre kein Wunder gewesen, wenn sich dieser Ernst und diese Sorgen lähmend auf ein Unternehmen, wie es die Leipziger Messe ist, gelegt hätten. Demgegenüber kann man mit Genugtuung feststellen, daß auf der Technischen Messe nach allgemeinem Urteil der Besucher nicht zu viel davon zu spüren war; es hat sich gezeigt, daß die zähe, sachliche Arbeit des Ingenieurs sich durch die sonstigen Widrigkeiten der Zustände nicht hat stören lassen, und daß sie am sichersten mithilft, die schweren Zeiten zu überwinden. Diese Hilfe könnte noch viel stärker sein, wenn sich der Gedanke, daß man öffentlich und privat an Mitteln für technisch-wissenschaftliche Forschung auch in schwersten Zeiten am wenigsten sparen darf, noch stärker durchsetzte. Derartige Mittel, richtig angewandt, sind und bleiben die beste Kapitalsanlage für die Zukunft und sichern uns allein dauernd den Vorsprung vor dem konkurrierenden Ausland.

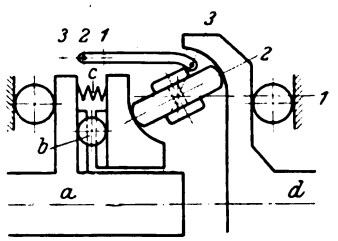
Im äußeren Aufbau der Messe hat sich, soweit es die Elektrotechnik angeht, eine weitere Veränderung dahin vollzogen, daß sich die Elektrotechnik weit über das Haus der Elektrotechnik hinaus ausgedehnt hat und in anderen Hallen mehr und mehr an Ausbreitung gewinnt. Genannt seien Halle 5, die von jeher schon eine Menge von elektrotechnischem Kleingerät enthielt, Halle 6 mit Rundfunkgeräten, Halle 7 mit Waschapparaten und Kältetechnik, Halle 10 mit der Werkzeugmaschinenschau, und Halle 11 mit der elektrischen Meßtechnik in der Wärmemaschinentechnik.

Der vorliegende Bericht beschränkt sich fast ausschließlich auf die Ausstellung im Hause der Elektrotechnik.

I. Maschinen, Motoren, Transformatoren, Antriebe.

Auf dem Gebiete des Maschinenwesens haben sich die Arbeiten im Sinne der letzten Jahre weiter entwickelt. Die Normung und Typisierung ist praktisch überall durchgeführt. Die Arbeiten über den möglichst stoßfreien Anlauf der Asynchronmotoren, die vor wenigen Jahren zu heftigen Streitigkeiten geführt haben, haben verschiedene befriedigende Lösungen gebracht, die nunmehr von den verschiedensten Firmen gezeigt werden. Dahin gehören u. a. der polumschaltbare Doppelnutmotor der Lloyd-Dynamowerke, der Sondernutmotor der Firma Pöge, der Bikamotor der Maffei-Schwartzkopff-Werke und für größere Leistungen der Käfigmotor der Sachsenwerke mit Anwurfmotor. Offensichtlich tritt neuerdings das Bestreben hervor, möglichst gut gekühlte, mehr oder weniger dicht gekapselte Motoren zu schaffen, in die Schmutz oder gar faseriger Staub nicht eindringen kann. Es wurden hierfür von großen und kleinen Firmen mehrere Ausführungsarten gezeigt (AEG geschlossene Ausführung mit Haubenkühlung, SSW geschlossene Drehstrommotoren mit Oberflächenkühlung, Bergmann geschlossene Motoren mit Umlauf- und Oberflächenkühlung, Himmelwerk AG., Heemaf SKA Motorenwerk, Lloyd-Dynamowerke u. a. m.).

An Besonderheiten scheint erwähnenswert: der Wasserkraft-Kleinmaschinensatz „Turbinamo" mit vertikal aufgeflanschtem Petersen-Generator für Leistungen bis 3 kW, der sich dadurch auszeichnet, daß der Generator trotz reglerloser Wasserturbine konstante Spannung gibt. Ein Regelgetriebe der AEG (Abb. 1) erlaubt die Drehzahl im Verhältnis 1 : 3 stufenlos zu regeln. Als Wirkungsgrad wird mindestens 90 % angegeben. Zu den bereits im Vorjahr gezeigten Vorgelegemotoren der SSW, die mit einem eigenartigen Wälzgetriebe ausgestattet sind, treten jetzt solche größerer Leistung mit echter Pfeilverzahnung. Eine eigenartige Neuheit, die an vielen Stellen sehr begrüßt werden wird, bilden die „geräuschlos laufenden Motoren" der Ziehl-Abegg El. Ges. Gute Ausbalancierung, geringe Eisensättigung, besondere Formgebung haben einen ausgezeichneten, überraschenden Erfolg. Das gleiche Ziel verfolgen die Bayer. Elektricitätswerke, Landshut, mit ihren neuen Wechselstrommotoren.



1, 2, 3 verschiedene Stellungen
a Antriebswelle
b Anpreßvorrichtung
c Vorspannung
d Abtriebswelle

Abb. 1. Schematische Darstellung der Getriebe-Konstruktion im AEG-Regel-Getriebe.

Eine interessante Neuheit an Transformatoren bringt die Pöge Elektricitäts-AG., indem sie die Spannung nicht in üblicher Weise am Sternpunkt regelt, sondern unter Last an den freien Enden. Ein derartiger Transformator für 20 kV, 300 A mit Stufenregelung von je 300 V war ausgestellt (Abb. 2).

Die Volta-Werke zeigten einen Prüftransformator für 250 kV, 100 kVA. Von den Sonderkonstruktionen, die die Bayer. Elektricitätswerke, Landshut, zu bringen pflegen, sind hervorzuheben ein Doppelstromgenerator für Röhrenbetrieb, der die Heizleistung für die Röhren und die Gitterspannung unabhängig voneinander zu regeln erlaubt, sowie ein gedrungener Flugzeuggenerator für 1,5 kW bei 22,5 kg Gewicht.

II. Gleichrichter.

Auch in diesem Jahre sind die neuesten Errungenschaften auf dem Gebiete des Gleichrichterbaues ausgestellt. Die SSW haben an Glasgleichrichtern als Neueinrichtung in der Nähe des Kolbens eingebaute Heizsonnen angebracht, die in eingeschaltetem Zustand den Kolben, insbesondere die Erregerpartie anwärmen und so die Zündung des Gleichrichters bei niedrigen Temperaturen erleichtern; die Zu- und Abschaltung der Heizsonnen geschieht selbsttätig; dazu kommt ein in der Nähe des Kolbens eingebautes Thermorelais, das bei einer bestimmten kritischen Temperatur die Spritzzündung in Gang setzt. Die AEG zeigt an Glasgleichrichtern den neuen Federzündungskolben, ferner zwei Doppelgestelle für je 660 kW Dauerlast bei 1650 V, wie sie bei der neuen Zugspitzbahn in Betrieb sind.

Bei Eisengleichrichtern tritt unverkennbar das Streben zutage, zu Gefäßen für sehr hohe Stromstärken zu kommen, um auf diese Weise namentlich das Gebiet der Versorgung für elektrochemische und elektrometallurgische Anlagen zu erobern. Die AEG zeigte einen Eisengleichrichter für 10 000 A, 650 V; die SSW einen solchen für 4000 A bei derselben Spannung. Die 10 000 A-Gleichrichter besitzen 24 Anoden.

Digitized by Google

Auf dem Gebiet der Kleingleichrichter haben die SSW ihren bekannten Kupferoxydul-Gleichrichter für größere Spannungen und Ströme brauchbar gemacht. Als neuer Trockengleichrichter hinzugekommen ist der Apparat der Süddeutschen Apparate-Fabrik, Nürnberg, der sich des Selens bedient.

Schließlich seien die vollselbsttätigen Ladeeinrichtungen der Accumulatorenfabrik Hagen erwähnt, die bekanntlich mit Oxydkathoden-Gleichrichterröhren arbeiten; die Leistungen dieser Einrichtungen gehen bis zu 60 A bei einer Batterie von 40 Zellen.

Ferner hat die Accumulatoren-Fabrik AG. ihre DEAC-Stahlakkumulatoren ausgestellt, die gegenüber der alten von Edison angegebenen Form in verbesserter Konstruktion als Nickel-Kadmium-Zelle erscheinen.

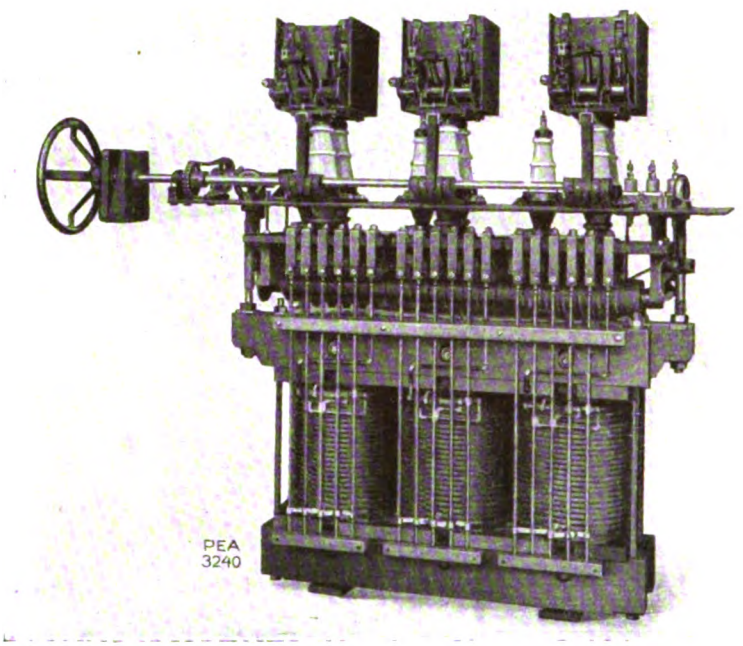


Abb. 2. Regelbarer Transformator der Pöge El.-AG., Chemnitz.

III. Elektrobeheizung, Haushaltapparate.

Die Verwendung des Stromes zu Heizzwecken nimmt ständig zu und würde noch viel stärker und schneller steigen, wenn dem nicht vielfach die zu hohen Tarife der Elektrizitätswerke im Wege stünden. Auf der Messe nahmen die die Elektrowärme betreffenden Apparate und Geräte einen sehr breiten Raum ein, ein Beweis dafür, wie groß augenblicklich das Interesse für die Entwicklung dieses Industriezweiges ist.

Die industrielle Beheizung tritt am stärksten für Schweißzwecke hervor. Gegenüber den zahlreichen, schon in früheren Jahren gezeigten Maschinen für die verschiedenen Schweißarten tritt als neu eine große Stumpfschweißmaschine der AEG mit 220 kVA höchster Transformatorenleistung hervor, mit der Querschnitte bis zu 100 cm² geschweißt werden können (Abb. 3). Es sind Einrichtungen getroffen zum Bewegen des einen Spannbackenpaares und um den Schmelz- und Stauchvorgang mechanisch durchzuführen.

Eine interessante Vorführung einer Bodenbeheizung für Treibbeete und Treibhäuser machten die Land- und Seekabelwerke; es ist das im wesentlichen eine Frage der Konstruktion eines guten Bodenheizkabels, das sich durch hohe Durchschlagfestigkeit und vor allem große Wärmebeständigkeit auszeichnet; weiter muß es gegen Säuren und Alkalien unempfindlich sein. Die Beete werden gegen den Untergrund und an den Seiten durch eine wärmeisolierende Schicht abgeschlossen.

Eine besonders umfangreiche und reichhaltige Sammlung von elektrisch beheizten Haushaltgeräten hat die BBC veranstaltet; sie bilden den bei weitem größten Teil der Ausstellung dieser Firma.

Besondere Aufmerksamkeit hat man den Haushaltherden gewidmet, meist bestehend aus zwei Kochplatten und einem regelbaren Bratofen. AEG (mit Wärmeschutzhaube), SSW, BBC, Bergmann, Prometheus bringen in verschiedenen Varianten solche Herde auf den Markt. Einen neuen interessanten selbsttätigen Thermoregler bauen die SSW in ihr Bügeleisen (Abb. 4); der Spencer-Regler, bestehend aus einer bei Temperaturänderung ruckartig sich durchbiegenden kreisrunden Platte, wird von den Bergmann-Werken und der „Grossag", Schwäbisch-Hall, für Bügeleisen und Heizkissen mit Erfolg angewandt. Auch Kochtöpfe mit Deckelbeheizung waren in verschiedenen Ausführungen vertreten.

Auch für Waschmaschinen, die für Haushalte geeignet sind, ist ein wachsendes Interesse vorhanden. Die SSW haben ihren bekannten Sprudelapparat mit einer Wäschepresse kombiniert. Die Bergmann-Werke und die Tempo Waschmaschinen G. m. b. H., Berlin W 30, zeigen recht brauchbare Gefäße (Abb. 5), bei denen durch einen um eine konische Fläche sich drehenden Einsatz die Wäsche bewegt wird, während auf elektrische Beheizung des Waschwassers verzichtet wird, ein bei den heutigen Stromtarifen sehr beachtlicher Weg.

Umfangreiche Kühlapparate zeigen die BBC, in erster Linie einen vollselbsttätig gesteuerten Doppelkühlapparat mit einer Kälteleistung von 20 000 kcal/h, ferner große Metallkühlschränke, bei denen auf Holz als Konstruktionsmaterial ganz verzichtet ist. Dagegen ist man mit den für Haushalte so wichtigen Kleinkühlschränken noch immer nicht genügend vorwärts gekommen; es gibt zwar schon recht schöne Bauarten, sie dürften aber für die meisten Haushalte viel zu teuer sein.

Ein hübscher selbsttätig arbeitender Wasserversorgungsapparat mit 3000 l Stundenleistung wird von Georg Gohde in Wennigsen auf den Markt gebracht.

IV. Installationsmaterial, Schaltgeräte, Sicherungssysteme.

Etwas grundsätzlich Neues war auf dem Gebiet der Installationstechnik nicht zu bemerken. Dagegen haben alle diese Geräte im einzelnen weitgehend Umwandlungen und Vervollkommnungen erfahren. Bei den Schaltern fällt auf, daß der alte Drehschalter mehr und mehr vom Tumblerschalter verdrängt wird, nachdem es geglückt ist, den letzteren so zu konstruieren, daß er den Vorschriften des VDE genügt. Auch der Druckknopfschalter scheint trotz seiner unleugbaren Vorzüge dem Tumblerschalter zu weichen.

Ein großer unverkennbarer Fortschritt ist in der Verwendung guter Isolierstoffe zu erblicken. Die erzieherischen Vorschriften des VDE haben dazu geführt, daß man auf diejenigen Eigenschaften der Stoffe zu achten gelernt hat, die sich für den praktischen Gebrauch als notwendig herausgestellt haben. Was man in puncto Festigkeit heutzutage Isolierstoffen zumuten kann, erkennt man, wenn man das vor dem Hause der Elektrotechnik stehende, unter weitgehender Verwendung von isolierpreßmasse gebaute Personenauto der Firmen Kontakt AG. und H. Römmler AG. betrachtet. Kein Wunder, daß man heutzutage alle Abdeckungen, Kappen, Hüllen usw. von Installationsgegenständen und Apparaten mit Vorliebe statt aus Metall oder Porzellan aus guten Isolierstoffen herstellt; dabei ist man soweit gekommen, daß man keine zu ungeschickt und schwer wirkenden Wanddicken braucht, ohne die notwendige Festigkeit opfern zu müssen. Von vielen Seiten wurde es als ein Mangel empfunden, daß diese Stoffe nur in mehr oder weniger dunklen Farben hergestellt werden konnten, ob mit Recht oder Unrecht sei dahingestellt. Genug, es ist jetzt gelungen, auch Stoffe in weißer Farbe herzustellen, die dadurch dem Aussehen des Porzellans oder des Zelluloids ähneln. Dahin gehört das von den SSW benutzte Protolit, das Trolitan der Rheinisch-Westfälischen Sprengstoff-AG. und das Alboresin der Kontakt—Römmler Ges., das von der Firma Stotz für ihr Installationsmaterial verarbeitet wird.

Die Schmelzsicherung wird heutzutage vielfach durch die Kleinselbstschalter ersetzt, und unter diesen gewinnen

Digitized by Google

die Selbstschalter mit einschraubbaren Druckknopfstöpseln stark an Boden. Sowohl die AEG (Elfa-Automat) als auch die Firma Stotz haben hierfür Neukonstruktionen gebracht.

Die AEG hatte im Vorjahre zuerst die Tardo-Sicherung[1] herausgebracht, die eine gewisse Wärmeträgheit besitzt; sie ist in der Baulänge etwas größer als die normalen Patronen. Es sind nunmehr Voigt & Haeffner mit einer PD-Patrone und die SSW mit dem T-Diazed-Stöpsel herausgekommen, die ebenfalls wärmeträge sind, aber die normale Baulänge besitzen.

Die an sich bekannten Motorschutzschalter sind von der AEG, den Bergmann-Werken und den SSW in neuer verbesserter Form herausgebracht worden, sie werden für Nennströme bis 60 und 100 A gebaut.

Ein Schnellschalter, der als Überstrom-Schnellschalter und Rückstrom-Schnellschalter wirkt, ist von den SSW ausgestellt; der Schalter wird für Ströme bis zu 8000 A hergestellt und ist mit einer sinnreichen Wasserkühlung versehen, die die Kontakte und die Blasspule kühlt; vom Moment des Schaltkommandos bis zum Ablösen der Kontaktbrücke vergehen nur 0,0015 s. Dieselbe Firma bringt auf diesem Gebiet einen Hochstrom-Selbstschalter für 4000 ... 20 000 A bei 1500 V (Abb. 6).

Die AEG hat für ihre Schalter einen neuen Antriebsapparat konstruiert, bei dem eine auf einer Motorwelle sitzende Schwungmasse gleichzeitig als Fliehkraftkupplung ausgebildet ist. Der Motor wird so frühzeitig abgeschaltet, daß die erforderliche reichliche Energie von der Schwungmasse allein abgegeben wird. Der Einschaltvorgang geht also unabhängig von den Vorgängen im Netz vor sich.

Eine besonders reichhaltige Zahl von Konstruktionen von Schaltgeräten aller Art hat wiederum die Firma F. Klöckner ausgestellt. Unter ihnen dürften die gekapselten Verteilungsanlagen besonderes Interesse beanspruchen, bei denen Aufstellungsort der Verteilungsanlage und Bedienungsort frei voneinander gewählt werden können. Das führte zu drei Systemen, der Zentralsteuerung, der Zentralfernsteuerung und der Einzelfernsteuerung.

Die „Siemens-Relais-Gemeinschaft" hat eine schöne Zusammenstellung der jetzt üblichen Überwachungs- und Schutzeinrichtungen von Netzen ausgestellt. Diese Sammlung umfaßt folgende Gegenstände: 1. Impedanzschutz; 2. Stromwandlerauslösung, die mit einer neuen Arbeitsstromschaltung arbeitet; 3. richtungsempfindlichen Streckenschutz für längere Strecken, bei denen der übliche Differentialschutz nicht mehr möglich ist; 4. Überlastungsrelais zum Schutz von Transformatoren und Motoren; 5. Erdschluß-Zeitrelais, durch das in eng vermaschten Netzen ein Erdschluß möglichst rasch abgeschaltet werden soll; 6. Reaktanzschutz für Höchstspannungsleitungen, wo die Lichtbogenbildung auf den normalen Impedanzschutz störend wirkt.

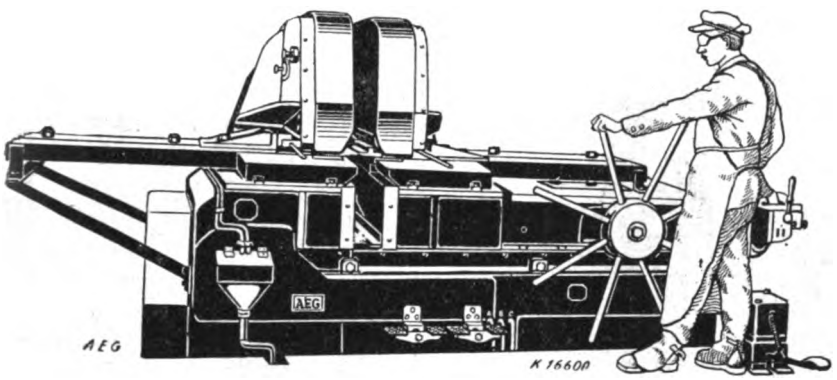


Abb. 3. AEG-Stumpfschweißmaschine HWPM 180/220 mit Preßlufteinspannung für rechteckige Querschnitte großer Breite.

1 Universalmotor, rd. 3000 U/min
2 Getriebe 1 : 50, das auf rd. 60 U/min übersetzt
3 Mitnehmer, wirkt beim Schließen des Deckels auf 4
4 Taumler, Hohlzylinder und mit 4 Halbkugeln besetzte Scheibe
5 Abwälzlager
6 Waschkessel

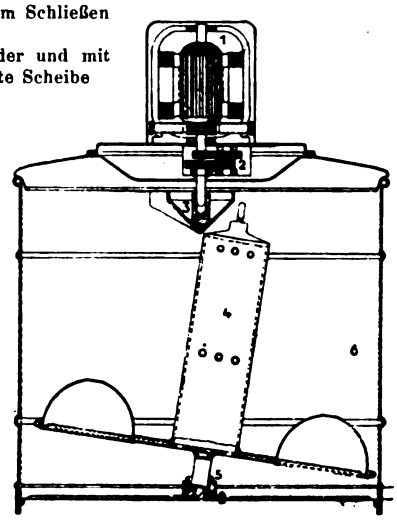


Abb. 5. Tempo-Waschmaschine.

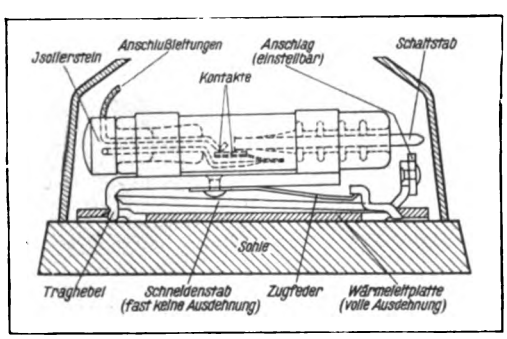


Abb. 4. SSW-Temperaturregler für Bügeleisen.

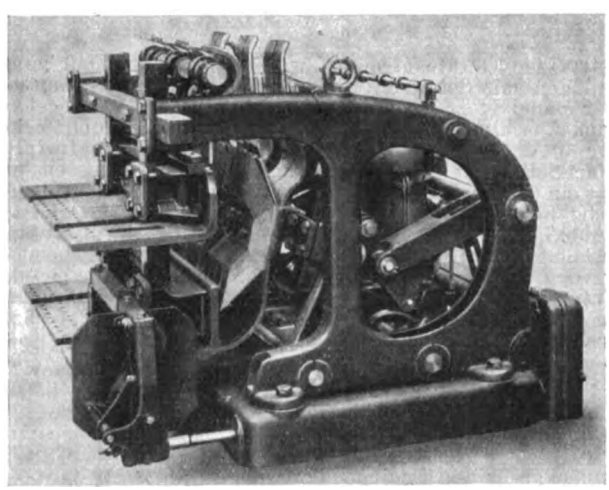


Abb. 6. Hochstrom-Selbstschalter der SSW

Die AEG hat für einen großen Teil ihrer Relaiskonstruktionen einheitliche, zweckmäßig durchkonstruierte Gehäuseformen geschaffen. Neun Zwischenrelais bewältigen bei geringer Leistungsaufnahme große Schaltleistungen.

Aus der Reihe der Signalgeräte der AEG kann das Fallklappenrelais als das einfachste angesprochen werden. Eine sichere Überwachung des Zustandes einer Signalanlage gewährleisten das Signalrelais und der Schutzkreiswächter. Häufig wiederkehrende Vorgänge zahlenmäßig zu erfassen, gestattet das selbsttätig arbeitende Zählrelais. In einem Blindschema geben die Rückmelder die Stellung der Ölschalter und Trennschalter einwandfrei wieder. Das Phasenunterbrechungsrelais dient zur Überwachung der Meßkreise in Drehstromanlagen.

Für elektrische Beleuchtungsanlagen sind Störungsanzeiger für Gleich- oder Wechselstrom entwickelt wor-

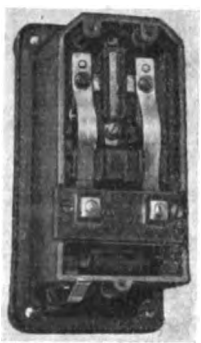
[1] ETZ 1929, S. 1357.

Digitized by Google

den. Sie erfassen in der Zentrale alle Störungen, die durch Versagen des Fernschalters, durch Beschädigungen bzw. Durchbrennen der Lampen in den Straßenzügen, durch Erdschlüsse oder Unterbrechungen in der Steuerleitung und durch Ausbleiben der Netzspannung entstehen.

Hochstromrelais, ausgeführt für Ströme von 2000 bis 6000 A Gleichstrom, einstellbare Stromrelais für Ströme bis 1000 A Gleich- oder Wechselstrom und hochempfindliche einstellbare Spannungsrelais vervollständigen die Reihe der Relais.

Die Schiele & Bruchsaler-Industriewerke A.G. haben den bekannten Heinisch-Riedl-Schutz weiter ausgebaut. Als Neukonstruktion bringen sie einen Schutzschalter mit eingebauter Steckvorrichtung, der das angeschlossene Gerät (Waschmaschinen, Heiz- und Kochapparate, Handlampen usw.) bei Annahme zu hoher Berührungspannung allpolig abschaltet, ohne daß andere nicht betroffene Geräte stromlos werden und ohne daß ganze Anlagen mit Schutzleitungen versehen werden müssen. Der neue Steckwart, System BESAG, gebaut zum Anschluß genormter 2- oder 3poliger Erdungstecker für 10 A, 380 V, 50 Hz, besitzt die Größe eines Installations-Selbstschalters, ist wasserdicht abgeschlossen und hat ein Gehäuse aus neuzeitlichem Isolierstoff. Das eigentliche Schaltgerät (Abb. 7 a) kann aus dem Unterkasten (Abb. 7 b) herausgenommen werden, so daß die Leitungsinstallation im Innern des Unterkastens bequem vorgenommen werden kann. Beim Einsetzen des Schaltgerätes in den Unterkasten verbinden sich die Leitungen selbsttätig. Im Schaltereinsatz ist über dem Dosenraum ein zwei- bzw. dreipoliger Ausschalter untergebracht (Abb. 7 c).



a

b

c

Abb. 7. SBIK-Steckwart der Schiele & Bruchsaler-Industriewerke AG., Baden-Baden.

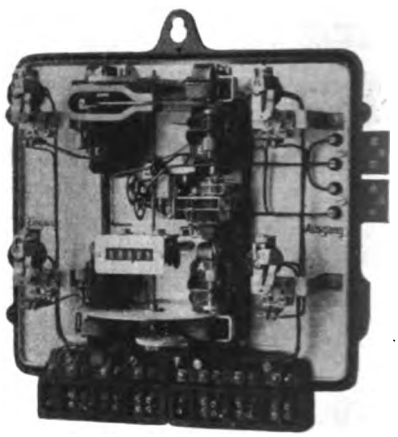


Abb. 8. Wattmetrischer Differentialschutz der Aronwerke.

Die Prüfung wird durch den Schaltergriff zwangsweise bei jeder Ausschaltung betätigt. Ist die Anlage in Ordnung, so spricht der kleine Fehlerstrommagnet an und schaltet elektrisch aus. Verläuft die Prüfung negativ, so wird nicht ausgeschaltet und der Griff springt auf „Ein" zurück, was den Bedienenden dazu veranlassen wird, den Stecker herauszuziehen und die Installation untersuchen zu lassen.

Der Differentialschutz der Aronwerke für Transformatoren mit veränderlichem Übersetzungsverhältnis arbeitet nach einem wattmetrischen Differentialsystem (zwei auf eine Achse in entgegengesetzter Richtung wirkende Zählersysteme), so daß am Zähler der Eigenverbrauch des Transformators abgelesen wird. Gleichzeitig ist die Achse mit einem kleinen Ferraris-Laufwerk verbunden. Sobald die Eingangsleistung des Transformators seine Ausgangsleistung um einen gewissen Prozentsatz übertrifft, wird ein Signalkontakt ausgelöst und der Transformator mittels eines Hilfsrelais außer Betrieb gesetzt (Abb. 8).

V. Leitungstechnik.

Mehrere Firmen haben es sich angelegen sein lassen, möglichst zuverlässige Leitungen für feuchte Räume (Landwirtschaft) zu bauen. Die SSW zeigen eine verbesserte Anthygronleitung, die AEG ihre Feuchtraumleitungen, die Land- u. Seekabelwerke die Bi-Bleimacidleitungen, die Hackethal-Werke ihre Durakabel. In erster Linie für den Elektromaschinenbau sind die mit Asbestfasern isolierten Apyroldrähte gedacht, die von der AEG in den Handel gebracht werden.

Auf dem Gebiet der Dehnungskabel, die in Bergbaubetrieben mit starken Erdbodenbewegungen nötig sind, haben die Hackethal-Werke eine Neukonstruktion herausgebracht, bei der ein elastischer zusammendrückbarer Kern vorhanden ist. Die Kabel können auf diese Weise um 3 ... 4 % gedehnt werden (Abb. 9).

Die Felten & Guilleaume Carlswerk AG. zeigt das Muster eines Einleiterkabels für 100 000 V mit 625 mm² Querschnitt. Die Land- u. Seekabelwerke stellen ein Kabel für Röntgentechnik für 80 000 V Prüfspannung mit stark vergrößertem Querschnitt und ozonbeständiger Isolation aus.

Auf dem Gebiete der elektrischen Freileitungen zeigt die Spezialfabrik für Armaturen J. Wilhelm Hofmann, Kötzschenbroda, eine neue Ausführung mit schwingungsdämpfender Einrichtung, die besonders für Freileitungen geeignet ist, die infolge ihrer örtlichen oder klimatischen Verhältnisse in erhöhtem Maße mechanische Schwingungen ausführen. Die Schwingungsdämpfung geschieht durch elastische, abgestufte Federunterlagen.

Abb. 9. Dehnungskabel der Hackethal Draht- u. Kabelwerke AG.

Auf dem Gebiete der Schwachstromtechnik sind erwähnenswert: ein neuer Kabelanschlußkasten der Felten & Guilleaume Carlswerk AG., der für die Schienensignalgebung bei Bahnen eine erhöhte Betriebssicherheit bringt, ferner eine Reihe von Konstruktionen der Firma Wilhelm Quante, Elberfeld, unter denen hervorgehoben seien die gußeisernen Kabelendverschlüsse mit verdeckt liegenden Anschlußstiften, bei denen durch Ineinandergreifen der Isolierplatte mit dem Deckel eine gute Abdichtung erzielt ist; ferner eine Kabelüberführungseinrichtung, bei der die Freileitung ohne Zwischenschaltung von Gummiadern an gußeisengekapselte Klemmen geführt ist.

Die bekannte Maschinenfabrik Guido Horn hat eine neue, besonders leistungsfähige und durchgeprobte Schnellflechtmaschine Mod. 16 N auf den Markt gebracht. Die Maschine ist für hohe Arbeitsgeschwindigkeiten (200 Spulenumläufe) berechnet, entsprechend kräftig gebaut und besonders für solche Massengeflechte bestimmt, bei denen es auf sauberes Aussehen ankommt.

Digitized by Google

VI. Hochspannungsapparate. Porzellan.

Hierher gehörten die größten Schenswürdigkeiten, die die diesjährige Messe auf elektrotechnischem Gebiet aufzuweisen hatte, die öllosen Hochspannungschalter. Es ist darüber in dieser Zeitschrift von berufenster Seite so viel geschrieben worden[2], daß es genügt, an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß von der AEG und den SSW die entsprechenden Schalter ausgestellt waren und begreiflicherweise das höchste Interesse der Fachwelt in Anspruch nahmen, u. zw. hatte die AEG ihre Druckgasschalter für Spannungen bis 100 kV und dreipolige Abschaltleistungen bis 1 500 000 kVA ausgestellt und die SSW sowohl ihre Preßluftschalter als auch ihre Expansionsschalter, bei denen der Lichtbogen durch eine zur rechten Zeit erzeugte und gesteuerte Atmosphäre von Wasserdampf gelöscht wird.

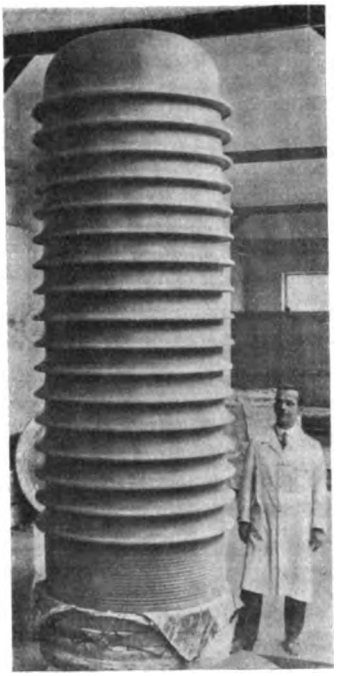


Abb. 10. Porzellanüberwurf für 220 kV der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H.

Demgegenüber waren beim Ölschalterbau nennenswerte Neuerungen nicht zu bemerken. Dagegen ist man auf dem Gebiete der gußeisengekapselten Schaltanlagen mit allerlei Verbesserungen vorwärts gekommen. Die AEG sowohl wie SSW, Felten & Guilleaume Carlswerk AG. und Voigt & Haeffner zeigten solche Anlagen für Spannungen bis 20 kV.

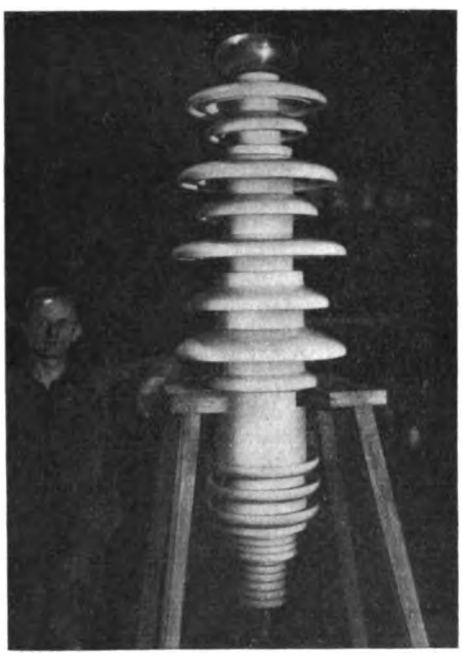


Abb. 11. Mehrrohr-Durchführung für 110 kV der Porzellanfabrik Ph. Rosenthal & Co.

Auf dem Stande der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. waren einige besonders große und schöne Stücke der keramischen Technik zu sehen. Neben einem einteiligen 2,5 m hohen Porzellanüberwurf, Abb. 10, für 220 kV-Freiluftumspanner ist hier besonders eine 220 kV-Durchführung von 4,8 m Höhe und 750 kg Porzellangewicht zu erwähnen, deren Einzelteile völlig kittlos mit Hilfe eines starken Durchführungsbolzens verspannt werden. Unter den Mehrrohr-Durchführungen, die unter Vermeidung jeder Öl- oder Massefüllung aus ineinander geschobenen, durch ein raumbeständiges Bindemittel miteinander verbundenen Porzellanrohren bestehen, war eine Ausführung für 132 kV bemerkenswert. Weiter sind die Hochspannungs-Porzellankondensatoren für leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonie und Fernmeßzwecke hervorzuheben, von denen Kondensatoren von 1000 cm und 2000 cm Kapazität für 35- und 65 kV Betriebspannung ausgestellt waren. Auf dem Gebiete der Niederspannung wurde erstmalig ein neuer, Calit genannter keramischer Werkstoff gezeigt, der als ein besonders reines und eisenfreies, dem Speckstein ähnliches Magnesiumsilikat anzusprechen ist. Der neue Werkstoff zeichnet sich durch eine sehr geringe Schwindung im Brande und damit eine große Maßgenauigkeit aus.

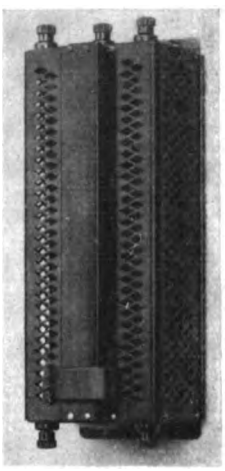


Abb. 12. Schieberwiderstand der Siemens & Halske AG.

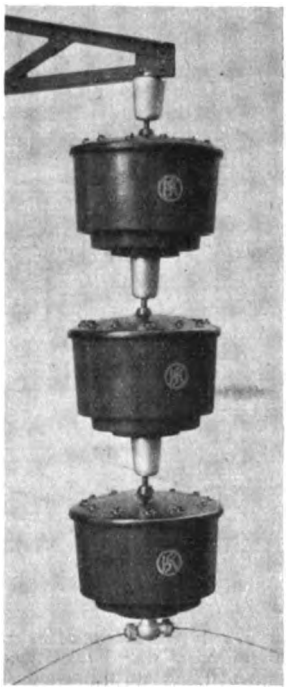


Abb. 13. Hängender Kaskadenwandler der Koch & Sterzel AG.

Auch die Porzellanfabrik Ph. Rosenthal & Co. zeigte eine Mehrrohr-Durchführung für 110 kV Betriebsspannung (Abb. 11), bei der die Rohre nur durch eine Metallegierung miteinander verbunden sind; sie ist als Kondensatordurchführung ausgebildet. Weiter interessiert die Neukonstruktion eines Motorisolators für hohe mechanische Festigkeit. Es wurde eine mittlere Bruchlast von 15 000 ... 16 000 kg erreicht. Meirowski & Co. A G. zeigten Phasenschieberkondensatoren für Spannungen bis 20 kV und Einheiten von 20 Blind-kW, ferner Kopplungskondensatoren für 100 kV zum Ankoppeln von Fernsprechgeräten in Anlagen für drahtgerichtete Telephonie in Überlandnetzen, außerdem einen Sprungwellenkondensator, wie sie nach den Verbandsvorschriften zum Prüfen von Transformatoren gebraucht werden.

VII. Meßinstrumente, Elektrizitätszähler.

Der Bau von Präzisionsmeßgeräten hat in den letzten Jahren insofern eine Änderung erfahren, als die kleinere, leichtere Form mit entsprechend kürzerer Skala eine große Verbreitung gefunden hat und die Gehäuse aus Isolierstoff starken Eingang gefunden haben. Die reichhaltigste Sammlung der verschiedenartigsten Apparate dieser Art hat, wie alljährlich, Siemens & Halske ausgestellt; neuerdings hat sich aber auch die AEG dem Bau solcher Instrumente zugewandt; sie ist auf dieser Messe mit einer stattlichen Zahl von Neukonstruktionen auf dem Plan erschienen.

Als beachtenswerte Neuheit der Siemens & Halske A G. tritt eine tragbare Wandlerprüfeinrichtung hervor, die auf dem Prinzip des Vergleichs mit einem Normalwandler beruht und Fehler des Übersetzungsverhältnisses und des Phasenwinkels unmittelbar abzulesen gestattet; ferner neukonstruierte Schiebewiderstände (Abb. 12) mit starker Überlastbarkeit und guter Abdeckung aller span-

[2] ETZ 1929, S. 1005, 1073, 1114; 1930, S. 299, 499.

Digitized by Google

nungführenden Teile. Solche Widerstände sind in einer Neukonstruktion auch von den Gebr. Ruhstrat neu herausgebracht worden, u. zw. sind, um den Nachteilen einer zu starken Erwärmung zu begegnen, die Kontakte sowohl für die Schiebestange als auch die Wicklung als massive Blöcke aus einer Spezialmasse ausgebildet.

Um dem Streben entgegenzukommen, in Schaltanlagen möglichst die Verwendung von Öl auszuschließen, haben Koch & Sterzel für Spannungen bis 60 kV öllose Spannungswandler konstruiert. Auf dem Gebiet der Kaskaden-Spannungswandler zeigt dieselbe Firma 1. einen stehenden Kaskadenwandler für 220 kV und 2. einen hängenden Spannungswandler für 110 kV in drei Stufen (Abb. 13).

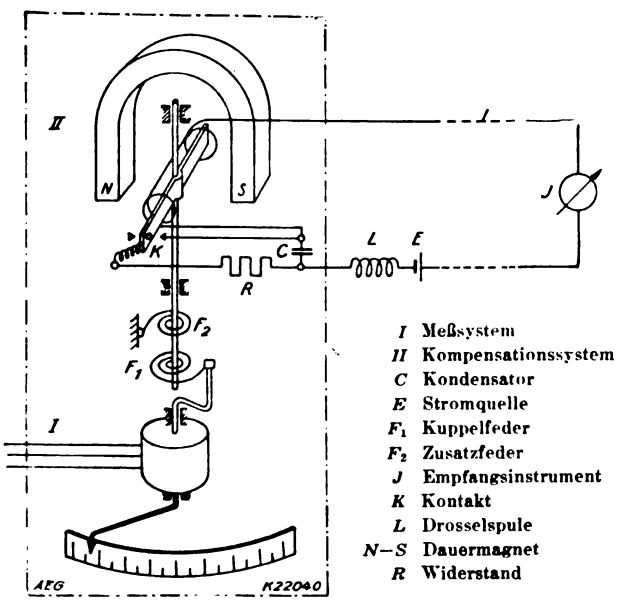


Abb. 14. Prinzipschema der AEG-Kompensations-Fernmessung

Zu den interessantesten Problemen, die in den letzten Jahren von der Elektrotechnik bearbeitet worden sind, gehört die Fernmessung und Fernsteuerung[3]. Die Firma Aron hat zu dem früheren von ihr eingeführten (Telewatt-)System neuerdings auch ein Impulsverfahren hinzugefügt, das bei Fernmessung über durch Hochspannung beeinflußte Fernmeldeleitungen oder bei Fernmessung mit Hochfrequenz über Hochspannungsleitungen Verwendung findet. Es benutzt keine Kondensatoren, sondern leitet die Impulsströme der primären Wicklung eines kleinen Transformators zu, der sekundäre Strom wird gleichgerichtet und den Empfangsapparaten zugeleitet. Die Firma S & H hat ihr Impulsverfahren für die Fernübertragung wärmetechnischer Meßgrößen angewandt; das Verfahren wird an einer Überwachungstafel für die Heizung und Belüftung eines großen Gebäudes gezeigt. Die AEG hat zwei interessante Verfahren auf diesem Gebiete ausgestellt. Bei der AEG-Kompensations-Fernmessung wird der zu übertragende Ausschlag des unteren Meßinstrumentes (Abb. 14) durch eine Stromwaage im oberen Teil der Zeichnung ausbalanciert, indem der Strom in der „Fernleitung" so lange selbsttätig geregelt wird, bis die Waage im Gleichgewicht ist. Dieser Strom ist dem zu übertragenden Ausschlag unabhängig von der Länge der Fernleitung proportional.

Das AEG-Impuls-Zeit-Fernmeßverfahren beruht darauf, daß der Zeigerausschlag des Geberinstrumentes in einen Stromimpuls von einer diesem Ausschlag proportionalen Dauer umgewandelt wird; dieser wird im Empfänger in einen entsprechenden Zeigerausschlag zurückverwandelt. Die Impulse können auf irgendeinem für die Telegraphie entwickelten Wege übertragen werden.

Bei der Fernsteuer- und Meßeinrichtung von Voigt & Haeffner ist auf die Sicherheit des Arbeitens der Einrichtung besonderer Wert gelegt. Es werden die von einer Zentrale veranlaßten Schaltvorgänge zunächst nur vorbereitet; danach erfolgt erst von dem ferngesteuerten Werk die Rückmeldung, daß alles in Ordnung ist, und danach werden die Schaltungen erst wirklich ausgeführt.

[3] Vgl. ETZ 1929, S. 351 u. 1509.

Die wichtigste Neuerung im Zählerbau dürfte darin bestehen, daß es bei Wechselstromzählern geglückt ist, durch Verwendung neuer Eisenlegierungen eine nahezu geradlinige Lastkurve für alle Arten Last bis zu 200 % der Nennlast zu erzielen; dabei werden die Angaben in weiten Grenzen von der Temperatur unabhängig. Auf die vielen Sorten Zähler für Spezialtarife, die kommen und wieder verschwinden, kann hier nicht eingegangen werden.

In Halle 21 haben seit einigen Jahren Siemens & Halske eine ausgezeichnete Schau über elektrische Meßgeräte der Wärmewirtschaft veranstaltet. Dieser Ausstellung sind jetzt Hartmann & Braun mit einer Fülle interessanter Neuheiten auf demselben Gebiet an die Seite getreten. Es geht über den Rahmen dieses Aufsatzes hinaus, darüber eingehender zu berichten.

VIII. Fernmeldewesen, Rundfunk.

Als wichtige Neuerung auf dem Gebiet des Fernmeldewesens erscheint die Fernschreibmaschine von Siemens & Halske (Abb. 15). Man schreibt auf der Sendemaschine mit der üblichen Tastatur; der Text erscheint dann auf sämtlichen angeschlossenen Maschinen; er wird aber auch zur Kontrolle auf der Sendemaschine mitgeschrieben. Weiter zeigt dieselbe Firma eine interessante Anlage, bei der die Leitungen zum Fernsprechen zur Übertragung von Uhrensignalen, Feuermeldung und Polizeiruf benutzt werden, ohne daß der normale Fernsprechverkehr dadurch beeinträchtigt wird. Ein anderes System zeigt eine Feuermeldeanlage, bei der durch Betätigung eines Melders selbsttätig eine Verbindung mit der Hauptfeuerwache hergestellt wird; gleichzeitig wird aber außerdem noch eine Fernsprechverbindung zwischen Hauptwache und einer im Melder eingebauten Lautsprecheinrichtung hergestellt. Die Mix & Genest AG. stellt u. a. ihre Konferenz-Telephonanlage aus, durch die der Chefapparat gleichzeitig mit mehreren Unterstellen in Verbindung treten kann.

Abb. 15. Fernschreibmaschine der Siemens & Halske AG.

Telefunken zeigt eine ganze Reihe von Neukonstruktionen von Röhren, die Verbesserungen von an sich bekannten Röhrenarten darstellen.

Die Firma C. Lorenz AG. stellt einen neuen Glimmstrecken-Spannungsteiler unter dem Namen „Stabilisator" aus, der gegenüber den ohmschen Spannungsteilern den Vorteil haben soll, frei von Netzstörungen zu sein.

Zum Schluß sei auf die ausgezeichnete, von der AEG hergestellte Apparatur der Klangfilm G. m. b. H. verwiesen, an der der Fachmann den Stand der deutschen Tonfilm-Wiedergabe-Apparatur studieren konnte. Sie war in Halle 6 ausgestellt.

IX. Beleuchtungstechnik.

Die Grundsätze einer guten und vernünftigen Beleuchtung haben sich in den letzten Jahren stark durchgesetzt und können an den zahlreichen ausgestellten Leuchten beobachtet werden; etwas Neues ist aber im Laufe der letzten Jahre kaum dazugekommen. Die Osram-Gesellschaft, als führende Firma, bringt als wichtigste Neuheit die innenmattierte Lampe, ferner die Osram-Opalröhrenlampen mit Edisonsockel, bei denen kein Schatten durch den Träger des Leuchtsystems entsteht, und die Illuminationslampe „Form D" für Reihenschaltung.

Digitized by Google

Die Beurteilung elektrischer Maschinen und Apparate durch Toleranzen auf Grund statistischer Methoden.

(Auszug aus einem Vortrag von Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing. R. Rüdenberg*.)

In der Elektroindustrie ist es heute üblich, daß der Fabrikant bei Lieferung neuartiger Maschinen und Apparate dem Kunden die wichtigsten Eigenschaften seiner Erzeugnisse zahlenmäßig gewährleisten muß mit einer Genauigkeit, die infolge des hohen Standes der elektrischen Meßtechnik weit größer ist als bei den meisten anderen Industriezweigen. Diese Gewährleistungen beziehen sich in erster Linie auf den Wirkungsgrad, die mechanische und elektrische Festigkeit der Fabrikate und werden bereits bei deren Bestellung vom Kunden verlangt.

Man findet nun, daß die einzelnen Werte von Messungen, die an einer größeren Anzahl unter sich gleichartiger Maschinen und Apparate ausgeführt werden und sich beispielsweise auf den Wirkungsgrad oder auf die Verluste beziehen, voneinander mehr oder weniger abweichen und sich bei Abwesenheit von systematischen Fehlern in einem der Gaußschen Fehlerkurve sich anschmiegenden Linienzug um ihren arithmetischen Mittelwert als Symmetrielinie gruppieren. Die mittlere Abweichung aller Messungen vom Mittelwert ist durch den Abstand der Wendepunkte der Fehlerkurve von ihrer Symmetrieachse gegeben. Der gebrochene Linienzug nach Abb. 1 stellt eine

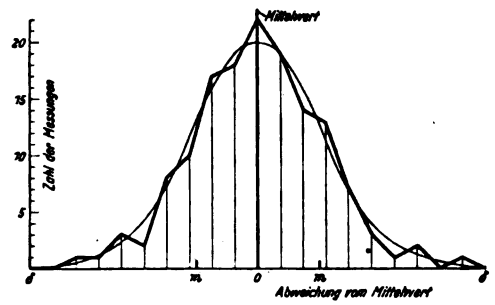


Abb. 1. Häufigkeitskurve von Wirkungsgradmessungen

solche Häufigkeitskurve dar. Je mehr Messungen vorliegen, desto weniger zackig wird erfahrungsgemäß der Verlauf einer Häufigkeitskurve. Bezeichnet n die Anzahl der Messungen, δ die Abweichung jedes Meßwertes vom Mittelwert, so berechnet sich der mittlere Fehler nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitslehre zu

$$m = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n-1}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Die Berechnung des mittleren Fehlers nach Formel (1) empfiehlt sich bei geringer Zahl von Meßwerten und zackigem Verlauf der Häufigkeitskurve. Liegt eine geringe Anzahl von Messungen vor, so wächst die Möglichkeit eines Fehlers im arithmetischen Mittelwert. Sie berechnet sich aus

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Da nun z. B. der Wirkungsgrad elektrischer Maschinen und Transformatoren bei der Abnahmeprüfung einer dieser Maschinen erheblich von dem mittleren Wirkungsgrad einer großen Anzahl von Maschinen abweichen kann, so ist es heutzutage üblich, für die Wirkungsgrade außer dem Mittelwert auch noch einen gewissen Toleranzbereich zu gewährleisten, in den die tatsächliche Messung mit Sicherheit hineinfällt. Es erscheint für die Praxis brauchbar, als technische Toleranz die doppelte mittlere Abweichung vom Mittelwert zu definieren, nämlich

$$\vartheta = 2\sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n-1}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Dann ist nach der Wahrscheinlichkeitslehre das Risiko der Unterschreitung der unteren Toleranzgrenze nur noch 2,3 %. Die genauen Werte für die Wahrscheinlichkeit der Über- und Unterschreitungen der durch die Toleranz gegebenen Grenzen entnimmt man der Integralkurve des Gaußschen Fehlergesetzes, dem sog. Fehlerintegral oder der Wahrscheinlichkeitskurve. Gibt z. B. der Fabrikant für einen Wechselstromgenerator einen Wirkungsgrad von 90 % ± 1 % an, so wird die untere Toleranzgrenze des Wirkungsgrades, nämlich 89 %, mit 97,7 % Wahrscheinlichkeit erreicht; die Möglichkeit der Unterschreitung dieses Wirkungsgrades ist also äußerst gering. In Fällen geschäftlicher Konkurrenz ist es u. U. zweckmäßig, nur einen Bruchteil der Toleranz, beispielsweise die Hälfte, vom Mittelwert abzuziehen. Würde man also in dem oben angeführten Falle 89,5 % Wirkungsgrad garantieren, so wäre die Wahrscheinlichkeit für die Erreichung dieses Wertes, wie sich aus der Wahrscheinlichkeitskurve ergibt, immer noch 84,2 %.

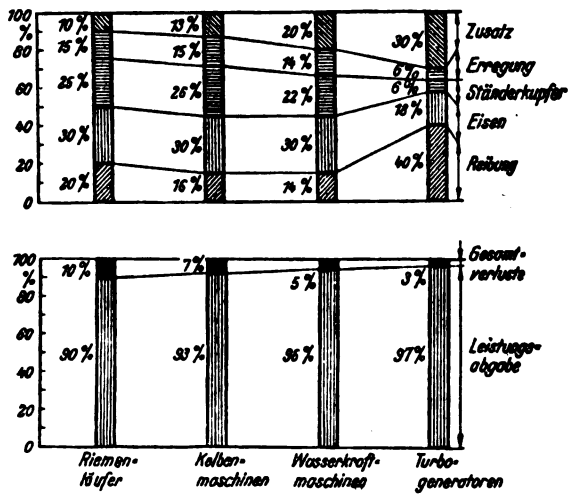


Abb. 2. Verlustverteilung von Synchronmaschinen.

Um die zahlenmäßige Gewährleistung der Verluste oder des Wirkungsgrades eines Maschinensatzes beurteilen zu können, wäre es unrichtig, die Einzeltoleranzen additiv zusammenzusetzen, da es ja in hohem Grade unwahrscheinlich ist, daß die ungünstigsten Werte alle gleichzeitig auftreten. Die Gesamttoleranz setzt sich vielmehr aus der Quadratsumme der Einzeltoleranzen, also nach der Formel

$$\vartheta = \sqrt{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2 + \vartheta_3^2 + \ldots} \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

zusammen. Den weitaus größten Beitrag zur Gesamttoleranz liefert daher die größte Einzeltoleranz. Die Gruppentoleranz von z unter sich gleichartigen Maschinen mit den Einzeltoleranzen ϑ_1 berechnet sich zu

$$\vartheta = \vartheta_1 \sqrt{z}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Die Gesamtverluste V aller z Maschinen mit den Einzelverlusten V_1 sind

$$V = V_1 z. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Die relative Gesamttoleranz auf die Verluste der Maschinengruppe

$$\vartheta/V = \frac{\vartheta_1/V_1}{\sqrt{z}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

wird also geringer mit der Wurzel aus der Anzahl der Maschinen, das gleiche gilt natürlich für die Wirkungsgradtoleranzen. Hieraus ergibt sich, daß die Treffsicherheit für die Erreichung eines vorausberechneten mittleren Wirkungsgrades einer aus mehreren gleichartigen Maschinen bestehenden Maschinengruppe mit der Anzahl der Maschinen bedeutend erhöht wird. Beispielsweise besitzt der Gesamtwirkungsgrad von neun gleichartigen Umformern, wenn für jeden Umformer eine Wirkungsgradtoleranz von 1,5 % angegeben wurde, nur noch 0,5 %

* Gehalten im Elektrotechnischen Verein am 24. V. 1929. Veröffentlicht in der Z. ang. Math. u. Mech. Bd. 9, S. 318 (1929). Besprechung auf S. 621 dieses Heftes.

Digitized by Google

Toleranz. Die Treffsicherheit für den vorausberechneten mittleren Wirkungsgrad ist also bei neun Maschinen bereits dreimal so groß wie bei einer einzigen Maschine.

Die Wirkungsgradtoleranz verschiedenartiger elektrischer Maschinen ist infolge der unterschiedlichen Verlustverteilung der einzelnen Maschinengattungen sehr ungleich, wie es z. B. in Abb. 2 für Synchrongeneratoren mit den verschiedensten Antriebskraftmaschinen dargestellt ist. Im unteren Teil sind Mittelwerte für die Gesamtverluste und darüber ist die durchschnittliche Verteilung auf die einzelnen Arten der Verluste aufgetragen. Der Wirkungsgrad so verschiedenartiger Maschinen besitzt natürlich nicht die gleiche Gesamtoleranz. In der nachfolgenden Zahlentafel sind die Toleranzen der Einzelverluste, für die sich bei allen Maschinenarten nahezu gleiche Größenordnungen ergeben, niedergelegt.

Durchschnittswerte für die Einzelverlusttoleranzen.

Art der Verluste	Toleranz
Ständerwicklung	10 ... 15 %
Läuferwicklung	15 ... 20 „
Eisen	15 ... 30 „
Reibung	20 ... 40 „
zusätzlich	30 ... 50 „

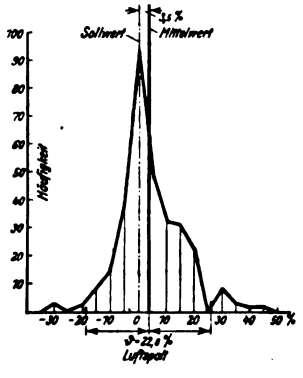


Abb. 3. Toleranzkurve des Luftspaltes von Asynchronmotoren.

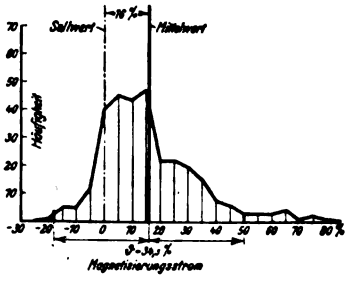


Abb. 4. Toleranzkurve des Magnetisierungstromes von Asynchronmotoren.

Da sich Wicklungs- und Eisenverluste durch die Berechnung einigermaßen gut erfassen lassen und infolgedessen die Ungenauigkeiten fast nur in der Materialbeschaffenheit und in der werkstattechnischen Ausführung zu suchen sind, so ist die Treffsicherheit des vorausberechneten Wertes für Kupfer- und Eisenverluste naturgemäß größer als bei Reibungsverlusten und in noch viel höherem Maße als bei Zusatzverlusten, da hier die Berechnungsmethoden eine weniger gesicherte Grundlage besitzen.

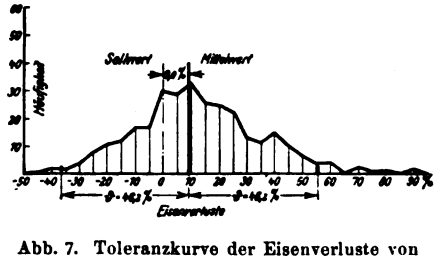


Abb. 7. Toleranzkurve der Eisenverluste von Asynchronmotoren.

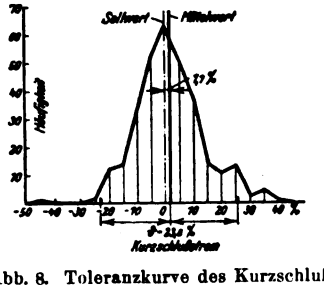


Abb. 8. Toleranzkurve des Kurzschlußstromes von Asynchronmotoren.

Nach Kenntnis der relativen Toleranzen für die Einzelverluste und nach Berechnung der Mittelwerte der Sollverluste ergeben sich die absoluten Verlusttoleranzen für Kupfer, Eisen, Reibung usw., und die Gesamtverlusttoleranz folgt aus Formel (4) zu:

$$v = \sqrt{\vartheta^2_{Cu_1} + \vartheta^2_{Cu_2} + \vartheta^2_{Fe} + \vartheta^2_{Rbg} + \vartheta^2_{zus}} \quad . \quad (8)$$

Diese Gesamtverlusttoleranz ist oftmals beträchtlich geringer als die höchste relative Toleranz der Einzelverluste und kann sogar deren niedrigsten Wert unterschreiten. Es ist nämlich äußerst unwahrscheinlich, daß alle Ungleichmäßigkeiten in gleicher Weise auf Erhöhung der Einzelverluste hinwirken, sie heben sich vielmehr mit größerer Wahrscheinlichkeit teilweise gegenseitig auf. Wie eine einfache Rechnung zeigt, ergibt sich die Wirkungsgradtoleranz aus den Gesamtverlusten V, der absoluten Gesamtverlusttoleranz v, dem Sollwirkungsgrad η_0 zu:

$$\vartheta_\eta = \frac{v}{V}\eta_0(1-\eta_0). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Vielfach ist es genau genug, nicht auf die Einzelverlusttoleranzen einzugehen, sondern die gemessenen Wirkungsgrade einer großen Zahl von Maschinen mit den berechneten zu vergleichen, dann wird man auf die einfache, vom Verband Deutscher Elektrotechniker und zahlreichen außerdeutschen Nationen angenommene Gleichung für die Wirkungsgradtoleranz geführt:

$$\vartheta_\eta \approx \frac{1-\eta}{10} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

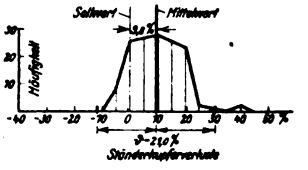


Abb. 5. Toleranzkurve der Ständerkupferverluste von Asynchronmotoren.

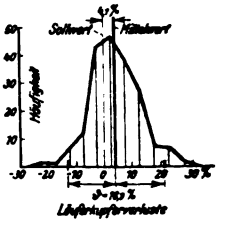


Abb. 6. Toleranzkurve der Läuferkupferverluste von Asynchronmotoren.

In Abb. 3 ... 8 sind praktische Toleranzkurven für die an 300 asynchronen Drehstrommotoren vorgenommenen Messungen gezeichnet, die sich auf den Luftspalt, den Magnetisierungstrom, die Ständerkupfer-, Läuferkupfer-, Eisenverluste und den Kurzschlußstrom beziehen. Die Meßwerte sind in eine Reihe gleichbreiter Intervalle aufgeteilt, in deren Mitte die Anzahl der Messungen als Ordinate aufgetragen wurde, die in dieses Intervall fällt. Die Toleranzkurven für den Luftspalt (Abb. 3) und für den Kurzschlußstrom (Abb. 8) nähern sich schon recht gut der Gaußschen Fehlerkurve. Die Toleranzen wurden rechnerisch nach Gl. (3) bestimmt, sie sind ein Maß für die Größe der durch zufällige Fehler hervorgerufenen Streuung der Meßwerte. Außer dem Mittelwert ist noch der Sollwert aufgetragen, die Abweichung beider Größen ist in systematischen Fehlern zu suchen. So beträgt z. B. diese Abweichung des Sollwertes vom Mittelwert beim Magnetisierungstrom 16 % und hat

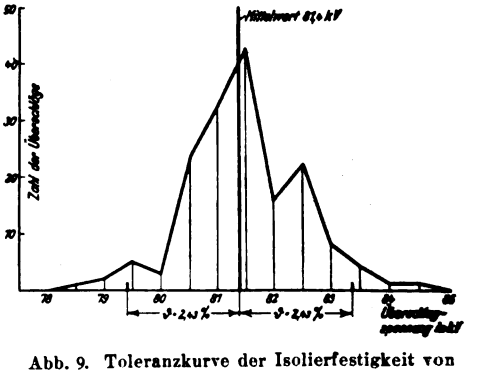


Abb. 9. Toleranzkurve der Isolierfestigkeit von Stützisolatoren.

ihren Grund in systematischen Fehlern im Luftspalt und in der Berechnungsmethode des Magnetisierungstromes. Der prinzipielle Fehler in der Berechnung des Magnetisierungstromes ließ sich später durch einen Korrekturfaktor eliminieren. Die große Streuung bei den Eisenverlusten war eine Folge der Ungleichmäßigkeit und Unzulänglichkeit der zur Zeit der Messungen verwendeten Kriegsmaterialien. Die Analyse der Häufigkeitskurven stellt also in vielen Fällen eine gute Fabrikationskontrolle dar und gibt oftmals Anregungen für eine Verbesserung im Berechnungs- und Herstellungsverfahren. Bei weiterer Verfeinerung der Berechnung und Fabrikationsmethode können die Toleranzen mehr und mehr verkleinert werden.

Digitized by Google

Für die Zusatzverluste von Turbogeneratoren, deren Anteil nach Abb. 2 alle anderen elektrischen Verluste überwiegt, ist ein einwandfreies Berechnungsverfahren bisher nicht bekannt. Es zeigt sich aber, daß der Mittelwert dieser zusätzlichen Verluste für alle Maschinenleistungen etwa 1,5 % der Modell-Leistung beträgt. Wenn man die Einzelwerte zu einer Häufigkeitskurve um ihren Mittelwert aufträgt, so ergibt sich eine erhebliche Streuung mit einem Toleranzbetrag von etwa ± 50 %. Ebenso wie die Berechnung ist auch die Messung der Zusatzverluste außerordentlich schwierig. Auf Grund theoretischer Überlegungen lag es nahe, den Wert der wirklichen Verluste im normalen Belastungszustand durch einfache Summierung der Leerlauf- und Kurzschlußverluste zu erhalten. Der Vergleich der direkten Messung bei Belastung, die allerdings sehr schwer durchführbar war, mit der Messung nach der Leerlauf-Kurzschlußmethode bestätigte die eben ausgesprochene Vermutung mit einer Genauigkeit, deren Toleranz nur etwa 6 % betrug. Systematische Fehler zeigten sich nur in der Dreieckschaltung; sie sind auf innere Ströme in den geschlossenen Wicklungen zurückzuführen.

Da es von vornherein theoretisch nicht sicher war, ob für die Ausbildung des Stoßkurzschlußstromes beim Kurzschluß von Synchronmaschinen das Bohrungsfeld berücksichtigt werden mußte oder nicht, so konnte gleichfalls auf Grund von Häufigkeitskurven festgestellt werden, daß das Streufeld bei Schenkelpolläufern mit Einschluß des Bohrungsflusses, bei Turboläufern dagegen ohne Einschluß des Bohrungsflusses für die Kurzschlußströme in Betracht zu ziehen ist. Das Verhältnis Stoßstrom zu Normalstrom I_s/I_n wurde durch Oszillographieren, die relative Streuspannung E_s/E durch Messung an der stillstehenden Maschine gewonnen. Für die Stoßziffer $\varkappa = \frac{E_s}{E}\frac{I_s}{I_n}$ ergab sich für Zylinderläufer ohne Bohrungsfeld, für Schenkelpolläufer mit Bohrungsfeld in beiden Fällen ein Mittelwert von 1,8. Die Streuung der Stoßziffer um diesen Mittelwert besitzt eine Toleranz von rd. ± 30 %.

In einem letzten Beispiel wird die Streuung der elektrischen Festigkeit von Isolatoren untersucht. In Abb. 9 sind die experimentell ermittelten Überschlagspannungen aufgetragen, die an 20 unter sich gleichen Exemplaren von Porzellanstützisolatoren der Spannungsreihe 20 kV gemessen wurden, wobei jeder Stützer acht aufeinanderfolgenden Spannungsproben nach den Richtlinien des VDE unterworfen wurde. Die einzelnen Meßwerte, die in Abständen von 0,5 kV zusammengefaßt wurden, ordnen sich nach einer Häufigkeitskurve um ihren Mittelwert 81,4 kV an. Die Toleranz für die Überschlagspannung beträgt ± 2,43 % und ist deshalb so gering, weil es sich um eine Einzelmeßreihe handelte, ferner alle Stützer aus demselben Rohmaterial gefertigt waren und demselben Brand entstammten und weil außerdem die Prüfung unter gleichen Luftverhältnissen bei ängstlich konstant gehaltener Prüfanordnung erfolgte. Bei den praktisch auftretenden Verhältnissen in einer elektrischen Anlage wird man viel größere Toleranzwerte für die Überschlagspannung, etwa bis zu 15 %, zu erwarten haben. Infolgedessen werden die Isolatoren so bemessen, daß der Mittelwert ihrer Überschlagspannungen erheblich über der normalen Betriebspannung liegt; hierdurch wird die Überschlaggefahr bei Überspannungen beträchtlich vermindert, jedoch nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung nie ganz beseitigt, hin und wieder ist, wenn auch selten, mit einem Überschlag eines Isolators zu rechnen. Um daher eine ausreichende Betriebsicherheit zu gewährleisten, empfiehlt es sich, zwischen vorgeschriebener Prüfspannung oder VDE-Mindestüberschlagspannung und dem bei einer größeren Prüfserie bestimmten Mittelwert der gemessenen Überschlagspannungen eine Spanne zu legen, die den Betrag der einfachen Toleranz um ein beträchtliches Maß übersteigt.

P. Jacottet.

Die gleichmäßige Verteilung einer Einphasenlast auf ein Dreiphasennetz bei derselben Frequenz in beiden Kreisen*.

Von Dipl.-Ing. **Hans Th. Berg**, Wiesbaden.

Übersicht. **Es wird die Verteilung einer Einphasenlast auf ein Dreiphasennetz mittels einer Schaltung nach Alexanderson, dem Reihenumformer, untersucht. Alexanderson benutzt hierfür eine Drosselspule und einen Phasenumformer. An Hand von Diagrammen wird bewiesen, daß mit Hilfe dieser Anordnung bei Verwendung eines fremderregten Phasenumformers bei jeder beliebigen Belastung des Einphasenkreises eine symmetrische Belastung des Dreiphasenkreises erreicht wird und daß der dabei auftretende Spannungsabfall im Einphasenkreis sehr klein ist.**

Der Reihenumformer.

Bisher wurden in Deutschland bzw. Europa nur solche Schaltungen angewandt, die es gestatten, eine Einphasenlast in eine Dreiphasenlast bei verschiedenen Frequenzen in beiden Kreisen umzuwandeln. In erster Linie dienten diese Anlagen dem Bahnbetriebe. Hierher gehören z. B. die SSW-Synchron-Asynchron-Frequenzumformer-Anlage des Werkes Pfrombach der Mittleren Isar AG[1] und der Netzkupplungsumformer[2] der SSW. Dagegen sind in Europa keine Schaltungen untersucht oder angewandt worden, um die gleichmäßige Verteilung einer Einphasenlast auf ein Dreiphasennetz bei derselben Frequenz in beiden Kreisen (also bei uns 50 Hz) zu ermöglichen. Diese Schaltungen haben dadurch größere Bedeutung erlangt, daß man vielfach bestrebt ist, im Bahnbetrieb nicht eine besondere Frequenz, sondern dieselbe Frequenz zu verwenden, mit der auch die schon vorhandenen Anlagen arbeiten; man will damit das Nebeneinander der Erzeugungs- und Verteilungsanlagen für die beiden Frequenzen vermeiden und die bereits bestehenden Werke besser ausnutzen. Zu nennen sind hier vor allem die Versuche des Ungarn Kandó[3], dann solche von Alexanderson[3]. In Deutschland führten diese Untersuchungen zur Entwicklung des Krupp-Motors, der einen Einphasenmotor mit Fremderregung darstellt[4].

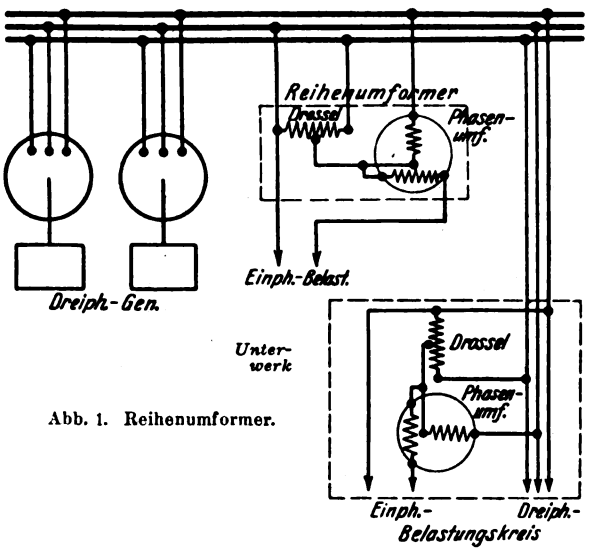


Abb. 1. Reihenumformer.

Die gleichmäßige Verteilung der Einphasenlast auf das Dreiphasennetz bot natürlich Schwierigkeiten. Beim Bahnbetrieb unterteilte man z. B. den Fahrdraht; jeden Streckenabschnitt wies man einer anderen Phase zu. Da jedoch Spannungen verschiedener Phase im Bahnbetriebe unerwünscht sind und trotzdem die Möglichkeit bestand, daß

---

* Auszug aus der Diplomarbeit (T. H. Darmstadt) von S. Holzgrefe und dem Verfasser.

[1] R. Schumacher, ETZ 1927, S. 351.

[2] M. Schenkel, ETZ 1927, S. 565.

[3] Kandó, vgl. ETZ 1924, S. 1176; 1925, S. 37. — Alexanderson, ETZ 1911, S. 705.

[4] Punga u. Schön, ETZ 1926, S. 842, 877, 890, 921.

Digitized by Google

eine reine Einphasenlast auftrat, untersuchte Alexanderson sowohl theoretisch als auch praktisch zwei Schaltungen, die bei allen Belastungen der Einphasenseite eine gleichmäßige Belastung der Dreiphasenseite ergeben[5]. In der oben erwähnten Diplomarbeit wurde nun die Wirkungsweise des Reihenumformers untersucht, wie Alexanderson die zweite von ihm angegebene Schaltung nennt (Abb. 1)[6]. Es zeigte sich, daß folgende von Alexanderson aufgestellte Behauptung erfüllt wird: „Die Umwandlung der Einphasenlast in eine Mehrphasenlast ist selbsttätig und ergibt eine vollkommene Stromverteilung bei allen Belastungen. Die Spannung, die dem Einphasenkreis geliefert wird, fällt bei steigender Belastung nur sehr wenig ab." Der Reihenumformer eignet sich demnach vorzüglich für den Bahnbetrieb, da nur eine Spannung vorhanden und der Spannungsabfall sehr gering ist. Wegen seiner einfachen Wirkungsweise ist dieser Umformer auch für die Aufstellung in Unterwerken sehr geeignet.

Die Entwicklung der Schaltung des Reihenumformers.

Während man jedes Mehrphasensystem durch einen geeigneten Transformatorensatz in ein System mit beliebig veränderter Phasenzahl ohne Anwendung rotierender Massen überführen kann, muß bei einer Umformung eines Einphasen- in ein Mehrphasensystem stets ein Energiespeicher zu Hilfe genommen werden, denn die Leistung des Einphasenkreises schwankt mit der doppelten Frequenz des zugeführten Stromes zwischen Null und einem Maximalwert. Bekannt sind als Energiespeicher Induktivität und Kapazität auf elektrischem, das Trägheitsmoment rotierender Massen auf mechanischem Gebiet. Die ersten kommen für große Leistungen wegen der hohen Kosten heute noch nicht in Frage. Dagegen gestattet das mechanische Trägheitsmoment rotierender Massen elektrischer Maschinen, selbst bei großen Leistungen die pulsierende Energie des Einphasenkreises in eine nahezu konstante Energie eines Mehrphasensystems umzuwandeln. Ist dabei die Leistung der Motorphase dem Momentanwert nach größer als die Leistung der Generatorphase, so wird der Überschuß in der kinetischen Energie des Rotors aufgespeichert; bei Überwiegen der Generatorleistung wird diese kinetische Energie in elektrische Energie zurückverwandelt.

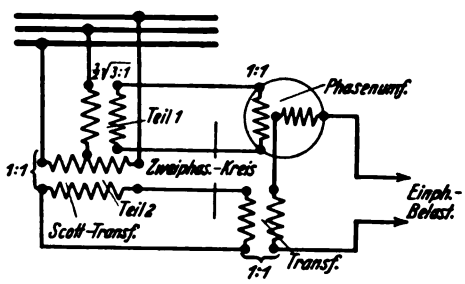


Abb. 2. Erste Schaltung des Reihenumformers mit Scott-Transformator.

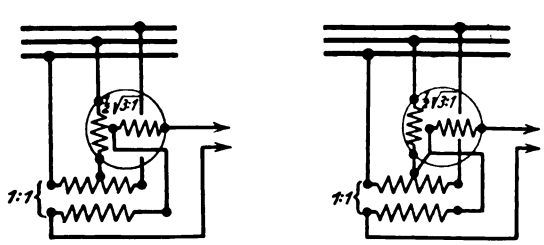


Abb. 3 u. 4. Vereinfachung der Schaltung Abb. 2.

Alexanderson überführt zunächst das Dreiphasensystem mittels eines Scott-Transformators (Abb. 2) in ein Zweiphasensystem, dessen Spannungen (Teil *1*, Teil *2*) bekanntlich aufeinander senkrecht stehen. Die Spannung des Teiles *1* wird mittels eines Phasenumformers — in diesem Falle ein leerlaufender Zweiphasenmotor, der mit der einen Phase motorisch, mit der anderen generatorisch arbeitet — um 90° gedreht und zu der Spannung von Teil *2* algebraisch addiert; der Einphasen-Belastungskreis besteht somit aus der Hintereinanderschaltung zweier Spannungen. Da die eine Spannung durch den Transformator, die andere durch den Phasenumformer in den Einphasenkreis übergeführt wird, nennt Alexanderson diese Art der Schaltung Reihenumformer.

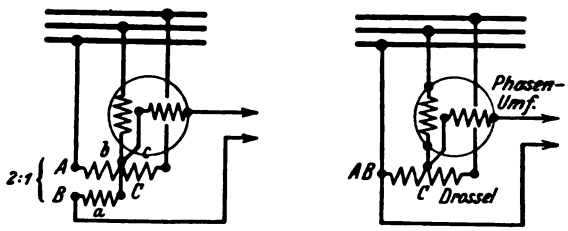


Abb. 5 u. 6. Weitere Vereinfachung der Schaltung; Ersatz des Scott-Transformators durch eine Drosselspule.

Die Überführung dieser Schaltung auf die in Abb. 1 angegebene Schaltung läßt sich leicht zeigen. Offenbar können einige Zwischenkreise sofort wegfallen (Abb. 3). Der Übergang von Abb. 3 nach Abb. 4 ergibt sich aus der Überlegung, daß es erlaubt ist, einen Punkt des Einphasenkreises mit einem Punkt des Dreiphasenkreises zu verbinden. Als letzte Vereinfachung kann schließlich der im Mittelpunkt angezapfte Transformator durch eine Drossel ersetzt werden. Hierbei verlangt das magnetische Gleichgewicht, daß die Amp.-Windungen des unteren Einphasenkreises *a* gleich der Differenz der AW. der beiden entsprechenden Dreiphasenschenkel (*b*, *c*) sind. Bei gleicher Windungszahl je Schenkel (Abb. 5) muß also der Einphasenstrom gleich der Differenz der beiden Dreiphasenströme werden. Da alles auf gleiche Windungszahl bezogen ist, erhält man dieselbe magnetische Wirkung, wenn man die Wicklung für den Einphasenkreis wegläßt (Abb. 6) und diesen im linken Schenkel dem Dreiphasenstrom überlagert denkt. Zu der hierfür notwendigen Vereinigung der Punkte *A* und *B* ist man berechtigt, weil sie schon vorher gleiche Spannungsdifferenz gegen *C* haben und da der gleiche Fluß mit der gleichen Windungszahl verkettet ist; denn im linken Schenkel fließt die Summe aus Einphasen- und Dreiphasenstrom und diese ist gleich und entgegengesetzt dem Dreiphasenstrom im rechten Schenkel (Abb. 7a bis d). Die Streuung in dieser Drossel, die dem Teil *2* des Scott-Transformators entspricht, ist also bedeutend geringer als dort[7]. Auch werden die ohmschen Verluste vermindert, da ein Teil des Einphasenstromes direkt aus dem Dreiphasennetz entnommen wird, ohne die Drossel zu durchfließen. Den zeitlichen Verlauf der Ströme im Einphasen- und Dreiphasenkreis stellt Abb. 7e dar, aus der hervorgeht, daß der Einphasenstrom dem Dreiphasenstrom I_1 um 90° nacheilt und $\sqrt{3}$mal größer als dieser ist. Daß das so sein muß, wird im nächsten Abschnitt bewiesen.

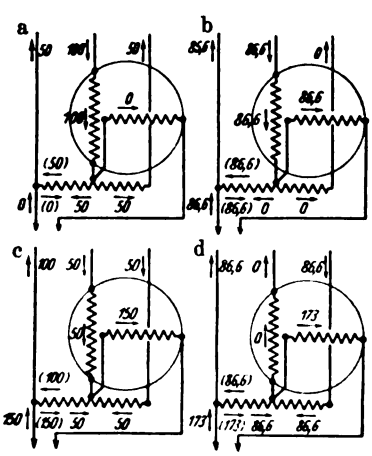


Abb. 7a ... d. Momentanwerte der Ströme im Ein- und Dreiphasensystem.

Das Übersetzungsverhältnis des Reihenumformers.

Um im Scott-Transformator die gleichen Ströme und die gleichen Spannungen in beiden Kreisen der Zweiphasenseite zu erhalten, muß man bekanntlich im Teil *1* das Übersetzungsverhältnis $\frac{1}{2}\sqrt{3}:1$ wählen. In Abb. 8 sind die Spannungen und die maximalen Ströme, die

[5] Alexanderson, Transact. Am. Inst. El. Engs. 1916, S. 1318.

[6] Die erste von Alexanderson angegebene Schaltung, von ihm als Nebenschlußumformer bezeichnet, dient dazu, die in einem Dreiphasennetz auftretende resultierende Einphasenlast aufzuheben. Als Einphasenbelastung kommen nur solche Verbraucher in Frage, bei denen die Speisung durch Spannungen verschiedener Phase keine Schwierigkeiten macht (z. B. elektrische Schmelzöfen).

[7] In Abb. 7a ... d bedeuten die oberhalb der Wicklung in Klammern angegebenen Zahlen den Momentanwert des Dreiphasenstromes, die unterhalb den des Einphasenstromes.

Digitized by Google

im Scott-Transformator auftreten, eingezeichnet[8]. Bei dem Reihenumformer ist das Übersetzungsverhältnis des Teiles 2, das bisher 1 : 1 war, 2: :1 geworden (Abb. 5). Da infolge der Hintereinanderschaltung des Transformators und des Phasenumformers die Gleichheit der Ströme im Zweiphasenkreis eingehalten werden muß, wird das Übersetzungsverhältnis des Teiles 1 jetzt $\sqrt{3}:1$. Damit ergeben sich folgende Spannungen und maximalen Ströme für die Schaltung nach Abb. 9 und in Abb. 10 für die eigentliche Schaltung des Reihenumformers.

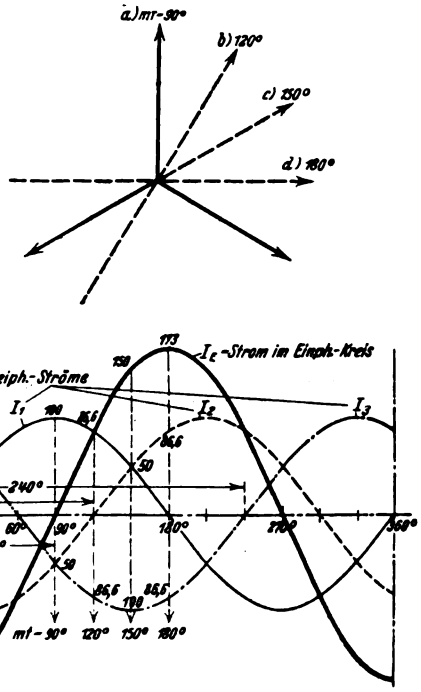


Abb. 7e. Zeitlicher Verlauf der Ströme im Ein- und Dreiphasensystem.

Demnach ist die gesamte Einphasenspannung gleich der verketteten Dreiphasenspannung. Da die Spannungen der beiden Kreise gleich sind, die Ströme beim Reihenumformer jedoch gleich sein müssen, muß in den beiden Teilen des Scott-Transformators je die Hälfte der Leistung des Einphasenkreises übertragen werden. Aus der Leistungsgleichung für den Ein- und Dreiphasenkreis ergibt sich das Verhältnis der Ströme (Abb. 10):

$$\sqrt{3}\, I\, U_v = U_E\, I_E.$$

Da $U_v = U_E$ ist, verhält sich:

$$I_E : I = \sqrt{3} : 1 \quad \ldots \quad (2)$$

(s. dazu auch Abb. 7a ... e).

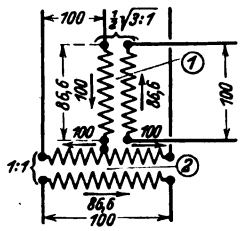


Abb. 8. Scott-Transformator; Spannungen und Maximalwerte der Ströme.

Man kann aber auch, ohne die Wirkungsweise der ganzen Anordnung zu beeinträchtigen, das Übersetzungsverhältnis $\sqrt{3}:1$ des Teiles 1 in den Phasenumformern, das Übersetzungsverhältnis des Teiles 2 in den Transformator, der mit dem Phasenumformer in Reihe geschaltet ist, legen; dann wird am Scott-Transformator für beide Teile das Übersetzungsverhältnis 1 : 1! Man kann daher auch, statt der Ersatzschaltung nach Abb. 2, für den Reihenumformer die Ersatzschaltung nach Abb. 11a einführen.

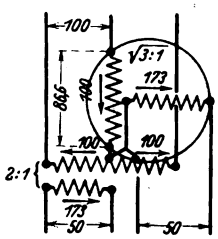


Abb. 9. Spannungen und Maximalwerte der Ströme.

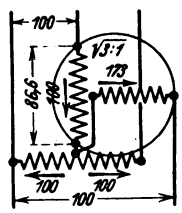


Abb. 10. Reihenumformer; Spannungen und Maximalwerte der Ströme.

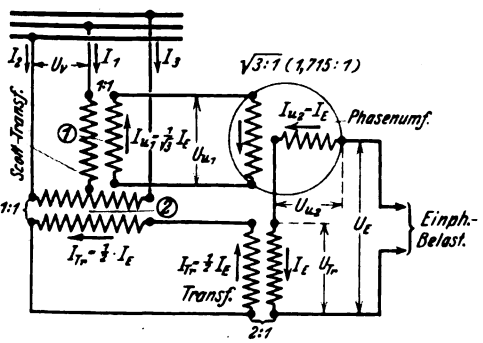


Abb. 11a. Eigentliche Ersatzschaltung des Reihenumformers.

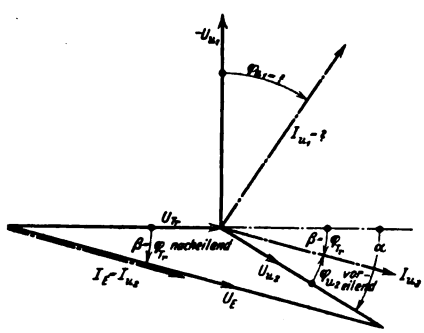


Abb. 11b. Strom- und Spannungsverhältnisse am Phasenumformer und im Einphasen-Belastungskreis.

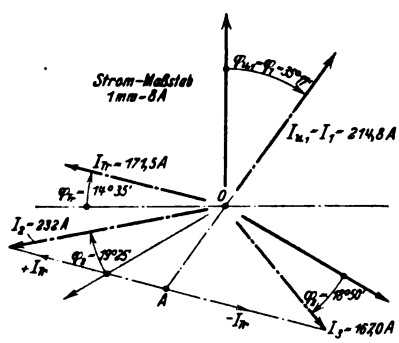


Abb. 12. Unsymmetrisch belasteter Scott-Transformator: Die graphische Übertragung der Ströme ins Dreiphasennetz.

Die gesamte Einphasenlast wird in beiden Teilen des Scott-Transformators je zur Hälfte übertragen, wie eine kurze Rechnung zeigt (s. a. Abb. 9):

U_E, I_E; U_I, I_I; U_{II}, I_{II}: Spannungen und Ströme im Ein- bzw. im Zweiphasenkreis des Scott-Transformators

U_v, I bzw. I_1, I_2, I_3: Spannungen und Ströme im Dreiphasennetz

$$U_{II} = \frac{1}{2}\, U_v$$

$$U_I = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\frac{1}{2} \sqrt{3} \right) U_v = \frac{1}{2}\, U_v$$

$$U_I + U_{II} = U_v = U_E. \quad \ldots \quad (1)$$

Mit Hilfe dieser Schaltung werden dann später die Übertragungsverhältnisse des Reihenumformers genau untersucht. Während beim gewöhnlichen Scott-Transformator mit dem Übersetzungsverhältnis $\frac{1}{2}\sqrt{3}:1$ im Teil 1 die Ströme im Zweiphasenkreis gleich sind, wird bei einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 1 im Teil 1 der Strom in diesem Kreise um $1 : \frac{1}{2}\sqrt{3}$ größer als im Teil 2. Wie Abb. 11a zeigt, muß das so sein: Während im unteren Stromkreis $\frac{1}{2}\, I_E$ fließt, fließt $I_E/\sqrt{3}$ im Teil 1.

Die Übertragungsverhältnisse des Scott-Transformators.

Zur Beantwortung der Frage, ob nach der gegebenen Schaltung die Einphasenlast symmetrisch auf das Dreiphasennetz übertragen wird, ist zunächst notwendig, festzustellen, wie der Scott-Transformator belastet werden darf, damit diese Bedingung erfüllt wird. Danach wird sich leicht feststellen lassen, wie der Reihenumformer

[8] Teil 2 der Anordnung wird bekanntlich nicht voll ausgenutzt, da zwar der maximale Dreiphasenstrom in ihm fließt, jedoch nur die Differenz zweier um 120° phasenverschobener Ströme magnetisch wirksam ist. Der Transformator 2 muß also im Verhältnis $2 : \sqrt{3}$ überdimensioniert werden.

Digitized by Google

arbeiten muß, um eine symmetrische Übertragung zu erzielen.

Die Übertragungsverhältnisse des Scott-Transformators wurden um 1900 von Arnold und später besonders von Vidmar untersucht. Letzterer stellte fest, daß bei Belastung der beiden Kreise des Scott-Transformators mit demselben Strom und demselben $\cos\varphi$, u. zw. einmal für $\cos\varphi = 1$, dann für $\cos\varphi < 1$ das Dreiphasennetz ebenfalls mit demselben $\cos\varphi$ symmetrisch belastet wird. Es ist anzunehmen, daß bei ungleichen Strömen und Phasenwinkeln in beiden Kreisen auch das Dreiphasensystem unsymmetrisch belastet wird; wie sich diese Unsymmetrie auswirkt, hat Vidmar jedoch nicht angegeben. Vidmar hat die oben erwähnten Untersuchungen rechnerisch durchgeführt. Da bei unsymmetrischer Belastung diese Methode etwas umständlich ist, wurde bei unseren Untersuchungen ein einfaches graphisches Verfahren entwickelt, das die Ströme des Dreiphasennetzes bei beliebiger Größe und Phasenlage der Ströme im Zweiphasenkreis zu bestimmen gestattet[10].

Für das graphische Verfahren gilt die Bedingung, daß, wie auch das Zweiphasensystem belastet sein mag, die Summe der Ströme im Dreiphasensystem stets gleich Null und der Einphasenstrom des Transformators 2 entgegengesetzt gleich der Differenz der beiden Dreiphasenströme $(I_2 - I_3)$ sein muß. Es ergibt sich demnach folgende Übertragungskonstruktion[11]: Gegeben sind zwei Ströme im Zweiphasenkreis des Scott-Transformators von ungleicher Größe und Phasenverschiebung (Abb. 12). Der Scott-Transformator wird mit diesen Strömen belastet, wenn der Phasenumformer nicht fremderregt ist (vgl. Abb. 19, Diagr. I). Der Strom I_{u_1} bleibt beim Übergang in das Dreiphasennetz der Größe und Richtung nach liegen. Der Strom I_{Tr} erscheint dreiphasig in doppelter Größe. Man braucht nur die Strecke OA entgegengesetzt gleich $\frac{1}{2} I_{u_1}$ zu machen und von A aus auf der Parallelen zu Strom I_{Tr} den Betrag I_{Tr} nach jeder Seite abzutragen. Man erhält dann die beiden gesuchten Dreiphasenströme I_2 und I_3 der Größe und Phasenlage nach.

Beweis: Für einen Zeitstrahl senkrecht zu I_{u_1} wird die Projektion von $I_{u_1} = 0$. Die Projektionen der Ströme I_2 und I_3 müssen jetzt entgegengesetzt gleich sein, um in der Summe Null zu ergeben; das ergibt sich aus der Konstruktion! Für einen Zeitstrahl in der Richtung von I_{u_1} muß der Strom I_{u_1} gleich der Summe der Projektionen der beiden anderen Ströme sein. Strecke OA ist gleich $\frac{1}{2} I_{u_1}$ gezeichnet; $2 \times OA$ also gleich I_{u_1}. Die Konstruktion vergrößert die Projektion des einen Stromes der Dreiphasenseite um denselben Betrag über OA, wie sie diejenige des anderen Stromes vermindert. Ihre Summe beträgt stets $2 \times OA$!

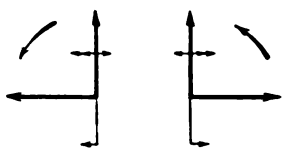
Abb. 12 zeigt, daß die Dreiphasenseite vollständig unsymmetrisch belastet wird. Zusammenfassend kann also nach obigem gesagt werden, daß Dreiphasensystem nur dann symmetrisch belastet wird, wenn die beiden Ströme der Zweiphasenseite die gleiche Phasenverschiebung haben und so groß sind, daß sie dieselbe Leistung in beiden Zweiphasenkreisen ergeben. Hier müssen sie demnach, wie schon oben erwähnt wurde, im Verhältnis 2:1/3 stehen. Das Übersetzungsverhältnis der beiden Teile des Scott-Transformators kann also bei gleicher Leistung in beiden Kreisen vollständig beliebig gewählt werden.

Die Übertragungsverhältnisse des Reihenumformers.

Es wurde bereits oben gesagt, daß die Einphasenspannung sich aus zwei Spannungen algebraisch zusammensetzt. Als Einphasenmotor hat der Phasenumformer jedoch inverse Felder, die zusammen mit dem Spannungsabfall durch den ohmschen und induktiven Widerstand des Phasenumformers bewirken, daß die in der Generatorphase erzeugte Spannung um mehr als 90° gedreht wird. Die Spannung im Einphasenkreis setzt sich also geometrisch aus den beiden Teilspannungen zusammen. Wie aus Abb. 11 b hervorgeht, wird der Transformator bei einem mit $\cos\varphi_E = 1$ belasteten Einphasenkreis nacheilend belastet ($\sphericalangle \varphi_{Tr}$), u. zw. um denselben Winkel, um den U_E gegen U_{Tr} abweicht, während der Phasenumformer mit demselben Strom, aber voreilend belastet wird ($\sphericalangle \varphi_{u_2}$). Nach den vorausgegangenen Untersuchungen über die Übertragungsverhältnisse des Scott-Transformators müßte $\varphi_{u_1} = \varphi_{Tr}$ sein. Nach Abb. 11 a stehen die Ströme zwar im richtigen Verhältnis, es wurde aber nicht berücksichtigt, daß der Phasenumformer als Einphasen-Induktionsmotor einen sehr beträchtlichen Leerlaufstrom aus dem Netz entnimmt. Gleichheit der beiden $\cos\varphi$ ist demnach wohl kaum möglich. Wie nachher gezeigt wird, ist es deshalb ausgeschlossen, daß das Dreiphasensystem bei Verwendung eines eigenerregten Phasenumformers gleichmäßig belastet wird. Daß dies der Fall ist und daß nur bei fremderregtem Phasenumformer eine symmetrische Belastung des Dreiphasennetzes erreicht werden kann, soll mit Hilfe der für verschiedene Belastungsfälle aufgestellten Diagramme des Reihenumformers bewiesen werden.

Zur Theorie des Phasenumformers.

Während bei jedem Zweiphasenmotor (und auch bei jedem Mehrphasenmotor) sich die invers rotierenden Felder der einzelnen Phasen aufheben (Abb. 13) und die synchron rotierenden Felder sich addieren, sind diese Verhältnisse beim Phasenumformer durch die Generator-Wirkung der einen Phase umgekehrt, da die Spannung dieser Phase um 180° gedreht als EMK erscheint. Beide Felder erzeugen in dem Stator des Phasenumformers EMKe. Das invers rotierende Drehfeld wird zwar durch den Dämpferkäfig des Rotors sehr stark geschwächt, bleibt aber immerhin bestehen.



Zweiphasenmotor — Phasenumformer

Abb. 13. Drehfelder.

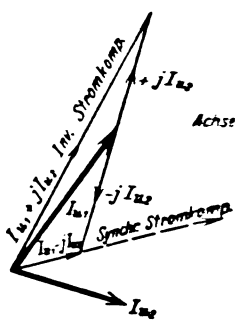
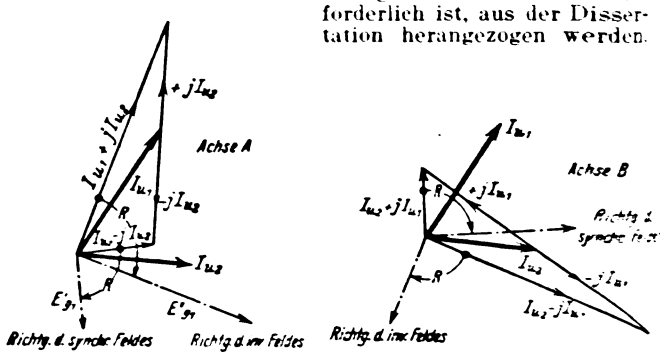


Abb. 14. Zerlegung der Ströme in synchrone und inverse Stromkomponenten.

Die Diagramme des Reihenumformers wurden auf Grund der Doktordissertation von R. Brüderlin: „Die Induktionsmaschine als Phasenumformer"[12] entwickelt. Es soll hier nur das Wichtigste, was für das Verständnis des vorliegenden Aufsatzes erforderlich ist, aus der Dissertation herangezogen werden.



a) Motorphase b) Generatorphase

Abb. 15. Lage der synchronen und inversen Stromkomponenten und Felder.

Das Feld im Luftraum, das dem Magnetisierungsstrom direkt proportional ist, ergibt sich als Übereinanderlagerung zweier gegenläufiger Kreisdrehfelder, des synchronen und des inversen stark abgedämpften Kreisdrehfeldes[13]. Die Größen der synchronen und der inversen Drehfelder werden bei Wechselstrommotoren be-

[9] Vidmar, El. u. Maschinenb. Bd. 36, S. 487 (1918).

[10] Die rechnerische Lösung dieser Aufgabe wird noch in einem besonderen Aufsatz behandelt.

[11] Im Gegensatz zu den Untersuchungen Vidmars wird nach obigem das Übersetzungsverhältnis des Scott-Transformators in beiden Teilen zu 1:1 gewählt, so daß bei der Überführung des Stromes im Teil 1 kein Übersetzungsverhältnis zu berücksichtigen ist.

[12] Arbeiten a. d. Elektrot. Inst. der T. H. Karlsruhe 1921/24, herausgegeben von Prof. R. Richter.

[13] P. Müller, ETZ 1918, S. 343 u. 353.

Digitized by Google

kanntlich dadurch bestimmt, daß man sich die Wechselfelder der beiden Phasen in einer Wicklungsachse wirksam denkt. Da die Wicklungen und damit auch die entsprechenden Wechselfelder um 90° gegeneinander versetzt sind, sind also das gleichsinnige und das gegenläufige Drehfeld bzw. sind die entsprechenden Ströme der zweiten Wicklung um 90° rückwärts bzw. vorwärts zu drehen, in symbolischer Schreibweise also mit $-j$ bzw. $+j$ zu vervielfachen. Es ergibt sich für die Phase A (Motorphase) Abb. 14. Sind die Statorströme I_{u_1} und I_{u_2} bekannt, so liegen Richtung und Größe der beiden zusammengesetzten Kreisdrehfelder, des synchronen und des inversen, fest. Während das synchrone Kreisdrehfeld der synchronen Stromkomponente direkt proportional ist, muß das inverse Drehfeld noch mit dem Dämpfungsfaktor ϱ multipliziert werden; außerdem wird es etwas in der Phase verschoben, da ϱ komplex ist[14] (Abb. 16). Die Phasenlage der EMK ist durch die Überlegung gegeben, daß die erzeugte EMK dem sie erzeugenden Magnetisierungsstrom um 90° nacheilt ($-j$). In Abb. 15 a und b ist die Lage der synchronen und inversen Stromkomponenten und Felder für die Motor- und Generatorphase eingezeichnet.

Rechnerisch erhält man also die synchronen und inversen Kreisdrehfelder dadurch, daß man die synchronen und inversen Stromkomponenten I_s bzw. I_i mit $-j$ und der halben Nutzreaktanz des Umformers vervielfacht[15]. Sind R und X_σ die ohmschen und induktiven Widerstände der Motor- (1) und der Generatorphase (2), so lauten die Gleichungen für die Spannungen U_{u_1} und U_{u_2} der beiden Phasen:

$$U_{u_1} = -j \cdot \frac{1}{2} X (I_{u_1} - j I_{u_2}) - j \cdot \frac{1}{2} \varrho X (I_{u_1} + j I_{u_2}) - (R_1 + j X_{1\sigma}) I_{u_1} . \quad (3)$$

$$U_{u_2} = -j \cdot \frac{1}{2} X (I_{u_2} + j I_{u_1}) - j \cdot \frac{1}{2} \varrho X (I_{u_2} - j I_{u_1}) - (R_2 + j X_{2\sigma}) I_{u_2} . \quad (4)$$

synchrones Kreisdrehfeld — inverses gedämpftes Kreisdrehfeld — ohmscher und induktiver Spannungsabfall

Die graphische Auswertung dieser Gleichungen stellt das Diagramm des Umformers dar (Abb. 16, einfachster Fall: Primär und sekundär gleiche Windungszahl). X ist die Nutzreaktanz einer Windung. Bei Berücksichtigung der Windungszahlen ist für die Motorphase die Nutzreaktanz X_{11}, für die Generatorphase X_{22} und für die Wechselreaktanz zwischen den beiden Statorspulen X_{12} einzuführen (s. a. weiter unten). Es wird dann:

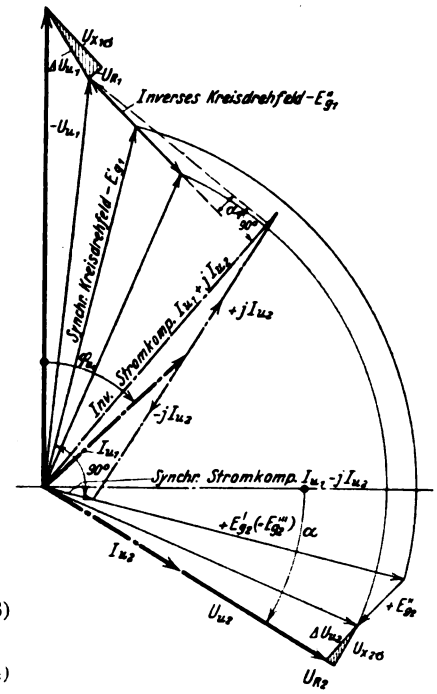


Abb. 16. Diagramm des Phasenumformers.

$$U_{u_1} = -j \cdot \frac{1}{2} (I_{u_1} X_{11} - j I_{u_2} X_{12}) - j \varrho \cdot \frac{1}{2} (I_{u_1} X_{11} + j I_{u_2} X_{12}) - (R_1 + j X_{1\sigma}) I_{u_1} \quad \ldots \quad (5)$$

$$U_{u_2} = -j \cdot \frac{1}{2} (I_{u_2} X_{22} + j I_{u_1} X_{12}) - j \varrho \cdot \frac{1}{2} (I_{u_2} X_{22} - j I_{u_1} X_{12}) - (R_2 + j X_{2\sigma}) I_{u_2} , \quad \ldots \quad (6)$$

oder geordnet nach Strömen:

$$U_{u_1} = -I_{u_1} \left[R_1 + j \left\{ X_{1\sigma} + \frac{1}{2} X_{11} (1+\varrho) \right\} \right] - I_{u_2} \frac{1}{2} X_{12} (1-\varrho) \quad (7)$$

$$U_{u_2} = -I_{u_2} \left[R_2 + j \left\{ X_{2\sigma} + \frac{1}{2} X_{22} (1+\varrho) \right\} \right] + I_{u_1} \frac{1}{2} X_{12} (1-\varrho) . \quad (8)$$

Aus der Gleichung für U_{u_1} folgt:

$$I_{u_1} = - \frac{1}{R_1 + j \left\{ X_{1\sigma} + \frac{1}{2} X_{11} (1+\varrho) \right\}} \left\{ U_{u_1} + \frac{1}{2} X_{12} (1-\varrho) I_{u_2} \right\} . \quad (9)$$

(Schluß folgt.)

[14] Bei nicht synchronem Lauf des Umformers wird auch das synchrone Kreisdrehfeld entsprechend dem Schlupf gegen den Rotor gedreht und gedämpft. Der Schlupf ist bedingt durch die Verluste, die im Rotor durch die starken Ströme doppelter Frequenz des inversen Feldes entstehen. Da mit wachsendem Schlupf die Dämpfung des synchronen Feldes immer stärker, die des inversen Feldes immer schlechter wird, ist es schon deshalb zweckmäßig, den Umformer durch Anwendung von Fremderregung synchron laufen zu lassen. Da hier von vornherein auch der fremderregte Umformer betrachtet werden soll, wurde, um die Untersuchungen nicht zu schwierig zu gestalten, bei der Aufstellung der Diagramme für den eigenerregten Umformer der synchrone Lauf vorausgesetzt. Der Spannungsabfall ist also tatsächlich größer, als er z. B. im Vollast-Diagramm I, Abb. 19, gefunden wird.

[15] Es ist nur die Hälfte der Nutzreaktanz des Umformers einzuführen, da die eine Hälfte des Wechselfeldes bekanntlich durch den Dämpferkäfig ausgelöscht wird.

Eine Sprungschaltung für Sperr- und Zeitkreise für Kathodenstrahl-Oszillographen*.

(Mitteilung aus dem Institut für Elektromaschinenbau und elektrische Anlagen der Technischen Hochschule Dresden.)

Von **Willi Krug**, Dresden.

Übersicht. Es werden Aufbau und Wirkungsweise einer neuen sprunghaft arbeitenden Sperr- und Zeitschaltung beschrieben, die den Kathodenstrahl von seiner Anfangslage innerhalb 10^{-8} s in die Aufnahmestellung heranholt. Mit dieser neuen Schaltung ist es gelungen, Wanderwellenstirnen mit so hoher Abszissengeschwindigkeit aufzunehmen, daß alle Einzelheiten deutlich in Erscheinung treten. Es werden solche Oszillogramme von 6000 V-Schaltwellen wiedergegeben; Stirnform und Stirnsteilheit stehen in voller Übereinstimmung mit den mittels der Schleifenmethode gewonnenen Werten. Bei diesen raschen Aufnahmen zeigt es sich, daß die Kapazität der Ordinaten-Ablenkplatten trotz ihres geringen Wertes nicht ohne Einfluß auf die Wiedergabe des Vorganges ist; die umbildende Wirkung auf eine Wanderwelle wird näher untersucht[1].

Bei Aufnahmen mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen ist bekanntlich besondere Rücksicht auf Vermeidung des Anfangsfleckes zu nehmen. Es muß zu diesem Zweck der Strahl vor Beginn und nach Beendigung der Abszissenbewegung von der photographischen Platte weggeholt und erst im Augenblick der Aufnahme sprunghaft hereingelassen werden. Schon Dufour[2] hat bei seinem Kathodenstrahl-Oszillographen durch sinnreiche Sperrschaltungen diesem Umstande Rechnung getragen. Eine weitere Entwicklung brachten die Vorablenkschaltungen von Rogowski, Flegler, Tamm[3] und Gabor[4]. Sie beruhen im wesentlichen auf einer zusätzlichen zweiten Zeitablenkung, die in bedeutend kürzerer Zeit abläuft als die Hauptzeitablenkung. Auch bei dem im Institut für Elektromaschinenbau der T. H. Dresden entwickelten Oszillographen ist eine in Ordinatenrichtung wirkende Sperrung nach den bekannten Schaltungen (Abb. 1 und 2) zur Anwendung gekommen[5].

* Eing. am 6. IV. 1929. — Abschnitt B e) bis zum Schluß: Eing. am 4. I. 1930.

[1] S. auch Dr.-Ing.-Dissertation des Verf. T. H. Dresden 1929.

[2] A. Dufour, Oscillographe cathodique, Paris 1923.

[3] W. Rogowski, E. Flegler u. R. Tamm, Arch. El. Bd. 18, S. 511 (1927).

[4] D. Gabor, Forschungshefte d. Studienges. f. Höchstspannungsanlagen, H. 1, 1927.

[5] W. Krug, ETZ 1929, S. 681.

Digitized by Google

Mit diesen Schaltungen gelingt es, die Ablaufzeit der Vorablenkung auf etwa 10^{-7} ... $5 \cdot 10^{-8}$ s herabzudrücken; der aufzunehmende Vorgang muß also immer noch über eine mehr oder weniger lange Leitung herangeführt werden. Nachstehend sei über neue Schaltungen berichtet, die wesentlich bessere Ergebnisse aufweisen.

A. Eine Sprungschaltung für Sperrkreise.

Die mit den genannten Sperrschaltungen zu erzielenden Ablaufzeiten sind für viele Aufnahmefälle noch nicht kurz genug. Um kürzestmögliche Zeiten zu erreichen, bleibt daher nichts anderes übrig, als die verzögernden Widerstände aus dem Plättchenkreis zu entfernen, Entlade- oder Ladewellen an die Vorablenkplatten heranzuführen und deren Spannung in Stirnzeiten der ankommenden Welle zusammenbrechen oder entstehen zu lassen und andere Mittel zur Verhinderung der Reflexionen und Schwingungen anzuwenden. Da bei den verwendeten Spannungen die Stirnlänge etwa 2 ... 3 m beträgt und die Länge der Zuleitungen bis auf 0,5 ... 1 m herabgedrückt werden kann, ist eine Sprungzeit in der Größenordnung von 10^{-8} s zu erreichen.

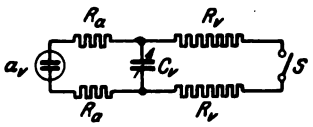
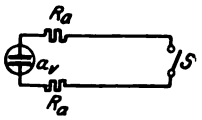
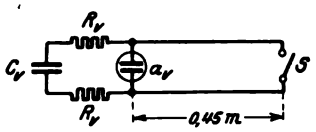


Abb. 1. Normale Sperrschaltung.





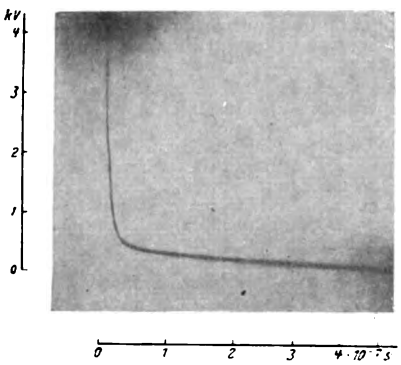


Abb. 2. Aperiodische Entladung der Sperrplatten.

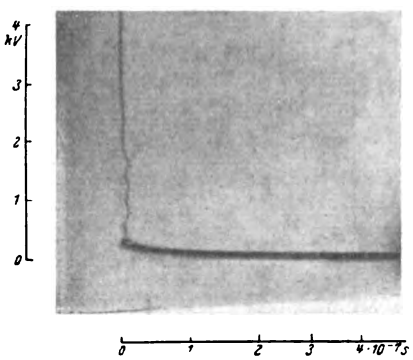


Abb. 3. Sprungschaltung für Sperrkreise.

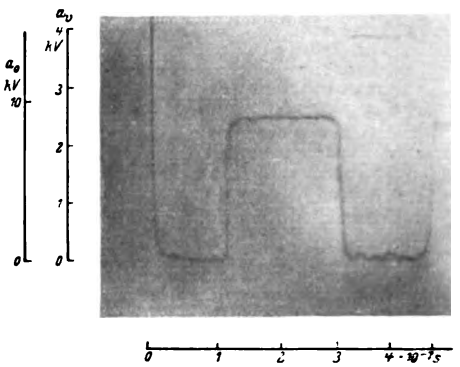


Abb. 4. Praktische Anwendung; Sperrschaltung in Ordinatenrichtung; 30 m-Ladewelle.

Es haben nun die Untersuchungen über das Verhalten von Stoßschaltungen[6] mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen gezeigt, daß es tatsächlich möglich ist, selbst an kürzesten Leitungen Lade- und Entladewellen entstehen zu lassen, da der Funke durch den kräftigen Heizkondensator schnell zur störungsfreien Entwicklung gelangt, und daß außerdem durch Querwiderstände am Ende schwingungsfreie Auswirkung zu erzielen ist. Auf Grund dieser Versuchsergebnisse wurde nun die neue Sprung-Sperr-Schaltung nach Abb. 3 entwickelt[6].

Die Vorablenkplatten a_v sind mit kurzen Zuleitungen (etwa 0,5 m) mit dem Schalter S verbunden. Parallel zu diesen Platten liegt über Dämpfungswiderstände R_v ein Kondensator C_v. Aus dem Oszillogramm der Abb. 3 ist ersichtlich, daß die Spannung an den Ordinatenplatten praktisch nach etwa 10^{-8} s verschwunden ist. Die Sprungzeit ist also auf den gleichen Wert herabgedrückt. Die Wirkungsweise dieser neuen Schaltung ist aus der aufgenommenen Ladewelle einer 30 m-Leitung (Abb. 4) zu erkennen. Die Vorablenkung ist nach etwa 10^{-8} s abgeklungen und die Nullinie, lange bevor die Welle ankommt, gut ausgeprägt. Es könnte also ohne Bedenken die Umleitung auf 5 m und darunter verkürzt werden.

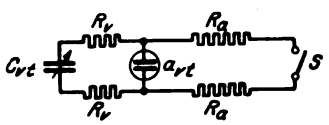
B. Sprungschaltung für vereinigte Sperr- und Zeitkreise.

a) Aufbau und Wirkungsweise.

Die vorerwähnten Sperrschaltungen verlangen neben ihrer eigenen Anordnung noch den eigentlichen Hauptzeitkreis. Für die Vereinfachung des Aufnahmeverfahrens wie auch aus konstruktiven Gründen wäre es erwünscht, wenn man die Aufgabe der Vorablenkung und der Zeitablenkung durch ein und dasselbe Zeitplattenpaar betätigen könnte. Diese Aufgabe würde eine Schaltung lösen, die eine sprunghafte Veränderung der Spannung an den Zeitplatten zur Folge hätte[7].

Die Fortentwicklung der Sprungschaltung (Abb. 3) in diesem Sinn führt nun zu einer Schaltung, die die obige Bedingung erfüllt und brauchbare Vor- und Zeitablenkung ergibt. Wenn man nämlich das Schema der Abb. 3 durch Widerstände in der Plättchenzuleitung ergänzt (Abb. 5), dann werden sich die Plättchen nicht mehr vollkommen entladen können, sondern ihre Anfangspannung wird sich mit großer Geschwindigkeit nur auf einen Wert vermindern, der in erster Annäherung der durch die Widerstände gegebenen Spannungsteilung entspricht. Es ist also auch hier ein sprunghaftes Zusammenbrechen der Spannung zu erwarten. Der erste Sprung wird sehr rasch erfolgen, wenn auch nicht mehr mit der oben angegebenen Geschwindigkeit, so doch so rasch, daß er sich wohl in den meisten Fällen zur Vorablenkung verwenden lassen wird. Der weitere Verlauf wird durch die Entladung des angehängten Kondensators C_{vt} bedingt sein und für die Abszissenbewegung in Betracht kommen.

Ein entsprechendes Oszillogramm dieser Schaltung zeigt Abb. 5 mit dem erwarteten sprunghaften Verlauf der Spannung an den Zeitplatten. Die Sprungzeit liegt auch hier wieder in der Größenordnung von 10^{-8} s, so daß tatsächlich kürzeste Umleitungen zur Anwendung kommen können. Durch Veränderung der Kapazität C_{vt} können beliebige Zeitgeschwindigkeiten eingestellt werden, ohne daß die Sprungzeit selbst verändert wird.



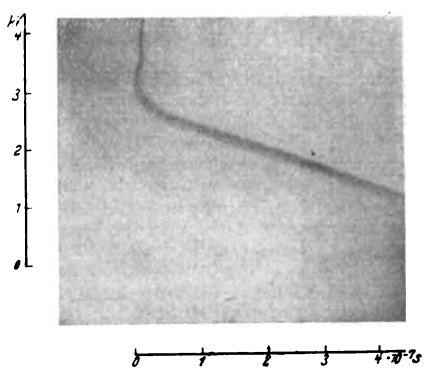


Abb. 5. Sprungschaltung für vereinigte Sperr- und Zeitkreise.

Sinngemäß ergibt sich eine Ladeschaltung, wenn man die Ablenkplatten a_{vt} nicht quer zum Schalter S, son-

[6] Wie Fußnote 5, Abb. 17.

[7] Wie Fußnote 4.

Digitized by Google

dern parallel zu den Widerständen R_a bezw. R_v oder $R_a + R_v$ je nach der gewünschten Spannungsteilung legt. Man erhält in diesem Falle eine sprunghaft gegenläufig geschriebene Nullinie und im Anschluß hieran die normale Abszissenbewegung des Strahles als Folge der Entladung des Zeitkondensators C_{vt}.

Die praktische Verwendung bestätigt sich durch die Aufnahme einer Ladewelle aus einer symmetrischen Stoßschaltung mit einer 4,3 m langen Doppelleitung nach Abb. 6 **.

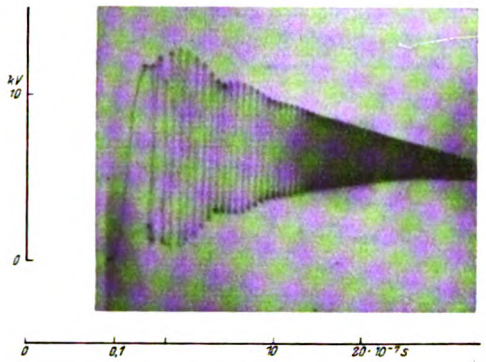


Abb. 6. 4,3 m-Ladewelle, aufgenommen mit Schaltung Abb. 5. Schaltspannung 6000 V (kleine Zeitgeschwindigkeit).

b) Theoretische Begründung.

Die rechnerische Behandlung dieser Schaltung führt unter der Annahme eines quasistationären Zustandes unter Vernachlässigung der Selbstinduktion der Leitungen und

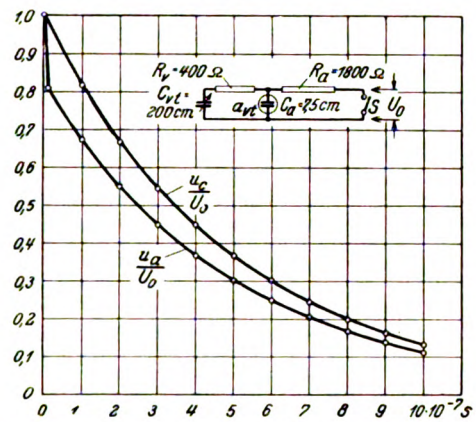


Abb. 7. Berechneter Verlauf der Plättchen- und Kondensatorspannung.

des Funkenwiderstandes mit den Bezeichnungen der Abb. 7 zu einer Differentialgleichung, deren Lösung durch folgende Gleichungen gegeben ist:

$$\left.\begin{aligned}\frac{u_a}{U_0} &= \frac{\beta+\gamma}{2\gamma}\,e^{-(\beta-\gamma)t} - \frac{\beta-\gamma}{2\gamma}\,e^{-(\beta+\gamma)t} \\ &\quad - \frac{1}{2\gamma\,C_a R_a}\left(e^{-(\beta-\gamma)t} - e^{-(\beta+\gamma)t}\right);\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (1)$$

$$\frac{u_c}{U_0} = \frac{\beta+\gamma}{2\gamma}\,e^{-(\beta-\gamma)t} - \frac{\beta-\gamma}{2\gamma}\,e^{-(\beta+\gamma)t}; \quad \ldots \quad (2)$$

$$\beta = \frac{C_v(R_a+R_v)+C_a R_a}{2\,C_a R_a C_v R_v}$$

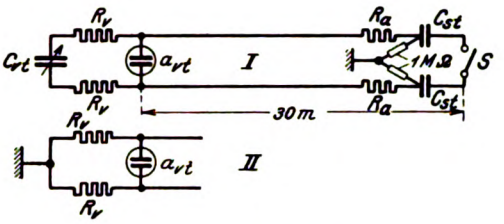
$$\gamma = \frac{1}{2\,C_a R_a C_v R_v}\sqrt{\{C_v(R_a+R_v)-C_a R_a\}^2 + 4\,C_a C_v R_a^2} \quad (3)$$

** Die Aufnahme Abb. 6 ist ein interessantes Gegenstück zu den früher veröffentlichten Oszillogrammen von Stoßschaltungen ohne Leitungen (s. Fußnote 5). Deutlich sieht man auch hier den Anstieg der Spannung am Prüfobjekt bis nahezu auf die doppelte Schaltspannung. Die Belastung des Prüfobjektes setzt sich somit aus zwei Komponenten zusammen: der Schaltwelle und der darüber gelagerten mehr oder weniger gedämpften Schwingung, deren Anfangsamplitude annähernd gleich der Schaltspannung ist. Diese charakteristische Form wird wohl für alle derartigen Stoßschaltungen selbst bei höheren Spannungen anzunehmen sein; lediglich die Wellenlänge und Dämpfung werden je nach den Kapazitätsverhältnissen und der Selbstinduktion der Anordnung verschieden ausfallen.

Der aus diesen Gleichungen berechnete Kurvenverlauf der Spannungen u_a an den Plättchen a_{vt} und u_c an der Kapazität C_{vt} ist aus Abb. 7 ersichtlich. Deutlich ist der sprunghafte Abfall der Plättchenspannung ausgeprägt; die Sprungzeit beträgt etwa 10^{-8} s. Die Spannung an dem Kondensator besitzt horizontale Anfangstangente und verläuft annähernd nach einer e-Funktion, deren Zeitkonstante im vorliegenden Falle gleich dem Wert $C_{vt}(R_v + R_a)$ ist. Nach dem erfolgten Sprung wird das Verhältnis der Spannungen $\frac{u_a}{u_c} \approx \frac{R_a}{R_v + R_a}$.

c) Anwendung für verzögert einsetzende Ordinatenvorgänge.

Für das Einsetzen des Sprunges ist die Länge der Zuleitung zu den Plättchen von Bedeutung. Kürzeste Umleitungen bedingen auch kürzeste Zuleitungen zu den Plättchen.



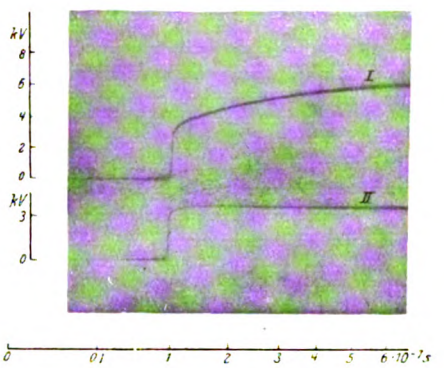


Abb. 8. Sprungschaltung für verzögert einsetzende Ordinatenvorgänge.

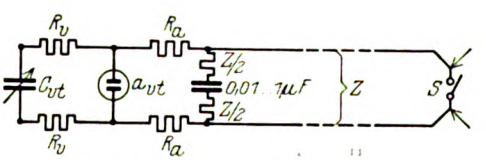


Abb. 9. Wie Abb. 8; Entladeschaltung.

In vielen Fällen ist aber auch die Aufnahme von Vorgängen nötig, die sich erst geraume Zeit nach ihrer Auslösung, z. B. durch den Schalter S abspielen; außerdem soll dann die Aufnahme bei beliebiger Abszissengeschwindigkeit vor sich gehen können. Die Zeit- und Sperrvorrichtungen dürfen also auch erst nach der geforderten Zeit zu wirken beginnen. Die ersten Versuche mit der Sprungschaltung ließen den anfangs als störend wirkenden Einfluß längerer Zuleitungen erkennen und es durfte nun anderseits erwartet werden, daß die neue Forderung dadurch erfüllt werden könnte, daß man die Verbindungsleitung zwischen Schalter und Zeit- und Sperrkreis in Anlehnung an den schon früher ausgesprochenen Gedanken als Wanderwellenleitung ausführt, schwingungsfrei gestaltet und den Laufweg der Wellen auf der Leitung der geforderten Verzögerung anpaßt. Verschiedene Ausführungsmöglichkeiten zeigen die Abb. 8 und 9.

d) Möglichkeit des Arbeitens mit kleiner Zeitkreisspannung und hohen Ordinatenspannungen.

Die angegebenen Schaltungen verwenden ein und dieselbe Ausgangspannung sowohl für den Zeitkreis als auch für den Stoßkreis, da beide wegen des geforderten Synchronismus mit demselben Schalter S gezündet werden müssen. Es ist also die Zündspannung des Stoßkreises an

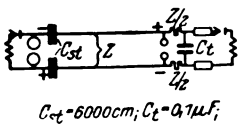
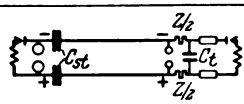
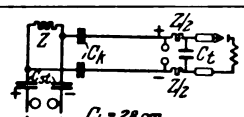
Digitized by Google

die zweckmäßig niedrig gehaltene Spannung der Zeit- und Hilfskreise gebunden und damit eine Beschränkung in der Untersuchung höherer Spannungen gegeben. Es bietet zwar die Marxsche Vielfachungschaltung eine Möglichkeit zur Erzeugung höherer Stoßspannung bei verhältnismäßig kleiner Zündspannung; Versuche in dieser Richtung haben jedoch vorläufig bei Zeitkreisspannungen bis zu 6000 V kein befriedigendes Ergebnis gehabt, da die Funkenstrecken nicht regelmäßig genug angesprochen haben. Das Kipprelais von Gabor besitzt zwar weitgehende Unabhängigkeit, ist aber für viele Fälle nicht genug verzögerungsfrei. Nun bietet die Schaltung nach Abb. 8 *II* eine Möglichkeit zur Anwendung höherer Stoßspannungen, ohne daß die Zeitkreisspannungen über das durch den Oszillographen bedingte Maß zu erhöhen sind. Wie aus dieser Abbildung ersichtlich ist, läßt sich die Spannung an den Zeit- und Sperrplatten je nach Wahl der Widerstände und der Kapazitäten in weiten Grenzen niedriger halten als die Zündspannung am Schalter *S*. Wenn man also noch eine bekannte Stoßschaltung mit dem Schalter *S* koppelt, ergibt sich ohne weiteres die geforderte hohe Stoßspannung bei klein gehaltener Zeit- und Hilfskreisspannung; man könnte natürlich auch die Sperr- und Zeitwelle erst von der Hauptwelle abzweigen. Widerstände in der unmittelbaren Plättchenzuleitung, parallel geschaltete Kondensatoren usw. können im Bedarfsfalle ergänzende Hilfsmittel ergeben.

nannten Schaltung ein außerordentlich rasches Vorkippen und anschließend hieran die normale Abszissenbewegung. Mit Erlöschen des Funkens und Neuaufladen der Kondensatoren ist dann sogar noch eine stärkere Vorablenkung des Strahles vorhanden, so daß also keinerlei störende Kipplinien auftreten und keine zusätzlichen Rückführungsvorrichtungen für den Strahl benötigt werden.

Einige Versuchsresultate sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Bei gegebener Vorspannung im Zeitkreis ist die Spannung des anstoßenden Kreises so gewählt, daß mit Sicherheit eine Zündung der Zeitfunkenstrecke erfolgt[10].

Zahlentafel 1. Zündung vorgespannter Funkenstrecken durch Wanderwellen.

	Zündkreis			Zeitkreis			
					Funkenstrecke		
	Kugeldurchmesser mm	Schlagweite mm	Zündspannung $kV_{stat.}$	Vorspannung $kV_{stat.}$	Durchmesser mm	Schlagweite mm	Zündspannung $kV_{stat.}$
 C_{st}=6000cm; C_t=0,1 µF;	100	1	3,7	2	5	0,71	3,85
	100	1,3	4,8	—	5	0,71	3,85
	100	5,1	16,9	2	5	0,71	3,85
	100	11,5	36,5	2	5	0,71	3,85
C_k=28 cm wie vorstehend, Zeit umgepolt.	100	16,5	51	2	5	0,71	3,85

e) Sprungschaltung für unwillkürliche Vorgänge.

Der nun schon öfters ausgesprochene Gedanke der Verwendung einer Wanderwellenstirn zur Steuerung des Sperr- und Zeitkreises führt weiterhin zur Lösung einer Schaltung zur Aufnahme unwillkürlicher Vorgänge. Wir trennen Zeit- und Ordinatenkreis vom gemeinsamen Schalter *S* der bisher behandelten Schaltungen und zweigen vom Ordinatenkreis durch kapazitive, induktive oder auch rein ohmsche Koppelung eine Auslösewanderwelle ab, die über eine entsprechende Funkenstrecke hinweg den Zeit- und Sperrkreis zum Ansprechen bringt. Eine Ausführung ist in Abb. 10 wiedergegeben[9].

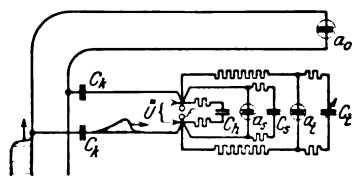


Abb. 10. Sprungschaltung für unwillkürliche Vorgänge.

Bei der Entladeschaltung setzt nach dem Erlöschen des Funkens im Zeitkreis ein langsames Zurückkippen in Form einer kräftig geschriebenen Nullinie ein. Dies ist in vielen Fällen störend. Greift man auf die schon unter Abschnitt B. a) erwähnte Ladeschaltung beispielsweise nach Abb. 8 *II* zurück, so ergibt sich im Gegensatz zu der vorge-

[9] Wie Fußnote 5, z. B. auch Abb. 20.

D. Stirnlänge und Stoßschaltung.

a) Stirn am Anfang.

Die Sprungschaltung benötigt als Hauptelement eine Schaltwelle; ihre Wirksamkeit steigert sich daher mit zunehmender Stirnsteilheit der ausgelösten Welle. Es kommen Lade- und Entladewellen zur Anwendung. Zur Erzeugung von Ladewellen verwenden wir die bekannte symmetrische Stoßschaltung von Toepler[11]. Sie bedarf noch nach Abb. 11 einer Ergänzung durch die Querkapazität C_1

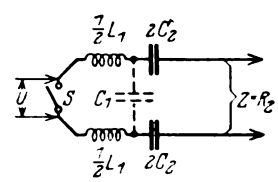


Abb. 11. Symmetrische Ladeschaltung.

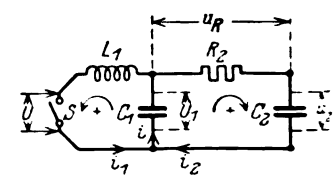


Abb. 12. Ersatzschaltung für Abb. 11.

und die Selbstinduktion der Zuleitung L_1. Wie frühere oszillographische Aufnahmen zeigen, haben diese Größen einen nicht zu vernachlässigenden Einfluß auf Stirnsteilheit und Stirnform[12]. Nachstehend wollen wir ihn einer theoretischen Untersuchung unterziehen.

Es kann hierbei das der Rechnung leichter zugängliche Ersatzschema Abb. 12 zugrunde gelegt werden. Mit Beginn des Funkendurchbruches am Schalter *S* entsteht am Widerstand R_2 eine Spannung u_R, die mit der in die Leitung vom Wellenwiderstand $Z = R_2$ nach Abb. 11 einziehenden Spannungswelle identisch ist. Unter der Annahme, daß der Funkenwiderstand in unendlich kurzer Zeit zusammen-

[10] Die Versuche wurden unter Mitwirkung von Herrn Dipl.-Ing. R. Klein gegen Ende 1928 durchgeführt ohne Kenntnis der sich in ähnlicher Richtung bewegenden, inzwischen veröffentlichten Versuche von W. Bogowski und O. Wolf, Arch. El. Bd. 21, S. 645 (1929).

[11] M. Toepler, Arch. El. Bd. 14, S. 305 (1925).

[12] Wie Fußnote 5.

Digitized by Google

breche[13], erhalten wir für u_R eine homogene Differentialgleichung dritter Ordnung, deren Lösung für die Konstanten von beispielsweise

$$C_1 = 7\,\text{cm},\ C_2 = 0{,}5 \cdot 10^{-6}\,\text{F},\ L_1 = 175\,\text{cm},\ R_2 = 5 \cdot 10^2\,\Omega$$

durch die Kurve Abb. 13 dargestellt ist. Statt eines aperiodischen Überganges der Stirn in den Rücken ist wie erwartet ein gedämpfter Wellenzug vorhanden. Dieser verschwindet erst, wenn wir den Wellenwiderstand der Leitung kleiner machen, z. B. bei $R_2 = 75\,\Omega$; hierbei wird auch die Stirn flacher. Für $C_1 = 0$ nähert sich der Verlauf von u_R der senkrechten Steilheit, wie ebenfalls der Abbildung zu entnehmen ist, ein Fall, der jedoch wegen der Eigenkapazität der Zuleitungen praktisch nicht vorkommt.

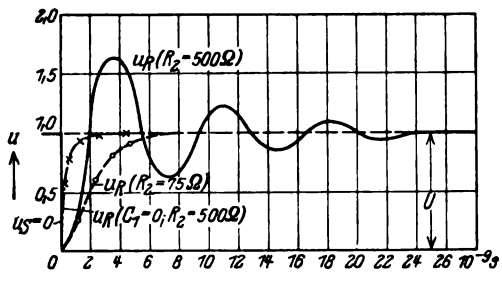


Abb. 13.

Obwohl der Funke nach der Annahme in unendlich kurzer Zeit zusammenbricht, treten also schon Stirnen von 1 ... 2 m Länge auf. Bei Berücksichtigung eines tatsächlich vorhandenen zeitlichen Verlaufes des Funkenwiderstandes und sonstiger Nebeneinflüsse (z. B. verzögerte Ladungsabgabe der Stoßkondensatoren) wird man also aus einer symmetrischen Ladeschaltung kaum kürzere Stirnen als 2 ... 3 m erhalten können.

Bei Entladeschaltungen liegen die Verhältnisse günstiger.

b) Stirnverlauf an den Ablenkplatten.

Die zu erzielende Sprungzeit ist aber noch nicht identisch mit der Entwicklungsdauer der erzeugten Schaltstirn am Anfang; sie hängt von dem Verlauf der Spannung an den Ablenkplatten ab. Deren Kapazität bedingt eine weitere Abflachung der Welle. Es ist zwischen abgeglichenem Ende und abgeglichenem Anfang zu unterscheiden, da uns hier nur eine reflexionsfreie Schaltung interessiert.

Abgeglichenes Ende. — Es liegt bekanntlich der Wellenwiderstand parallel zu den Ablenkplatten. Der sich praktisch einstellende Spannungsverlauf an diesen bei einer ankommenden Schaltwelle von 6000 V wird durch das Oszillogramm Abb. 14 für eine Ladewelle aus einer symmetrischen Stoßschaltung mit angekoppeltem Zeit- und Heizkreis wiedergegeben. Die Entladewelle einer Doppelleitung hat den gleichen Verlauf; die Steilheit ist jedoch größer. In beiden Fällen ist eine Sprungzeit von $2 \ldots 3 \cdot 10^{-8}$ s vorhanden. Zwei Drittel der Spannungsänderung laufen allerdings schon in $0{,}5 \ldots 1 \cdot 10^{-8}$ s ab; es sind somit Steilheiten von 4 ... 8 kV/m vorhanden. Rekonstruiert man aus dem Oszillogramm nach Binder[14] eine keilförmig angenommene Urwelle, so ergibt sich für die Ladewelle eine Stirnlänge $S = 3{,}5$ m, für die Entladewelle $S = 1{,}6$ m. Wir haben somit eine verhältnismäßig gute Annäherung an die theoretisch gewonnenen Werte. Form und Länge der Stirn stehen im übrigen in vollkommener Übereinstimmung mit den mittels der Schleifenmethode ermittelten Wellenstirnen[15].

Abgeglichener Anfang. — Es liegt der Wellenwiderstand je zur Hälfte am Anfang der Leitung entweder vor oder hinter den Stoßkondensatoren. Dadurch wird nach dem vorhergehenden eine Rückwirkung einerseits auf die Form der erzeugten Stirn am Anfang, anderseits auf deren Umbildung am Ende zu erwarten sein. Für Ladewellen wird das praktische Ergebnis durch die Aufnahmen Abb. 15 belegt. Liegt der Widerstand zwischen Stoßkondensatoren und Leitung (*a*), so wird die erzeugte Stirn steiler, weil geringere Dämpfung vorhanden ist. Ferner tritt nun die Eigenschwingung des Querkreises der Stoßschaltung hervor. Der Widerstand zwischen Schalter und Stoßkondensatoren bewirkt eine flachere Welle und außerdem Dämpfung der Querschwingung.

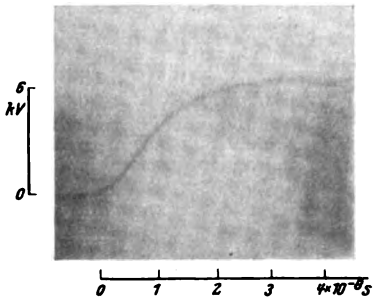
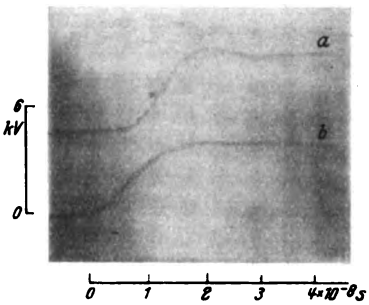


Abb. 14. Stirnform einer Ladewelle an den Ablenkplatten bei abgeglichenem Ende. Schaltwelle 6000 V.

Vergleich zwischen den Stirnformen bei abgeglichenem Ende und abgeglichenem Anfang. — Es entsteht die Frage, ob beide Schaltungen hinsichtlich Stirnform und Stirnlänge gleichwertig sind, bzw. welche von ihnen die günstigeren Werte liefert. Wir müssen für beide Fälle gleiche Schaltspannung und gleiche Stirnform am Anfang der Leitung zugrunde legen und beschränken uns ferner auf die Annahme einer Rechteckwelle. Für das abgeglichene Ende erhält man dann einen Verlauf nach Gleichung:

$$u = U\left(1 - e^{-\frac{t}{\frac{1}{2}CZ}}\right) \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$



a Wellenwiderstand zwischen Leitung und Stoßkondensatoren

b Wellenwiderstand zwischen Schalter und Stoßkondensatoren

Abb. 15. Stirnform, abgeglichener Anfang.

Für den abgeglichenen Anfang ergibt sich die Form:

$$u = U\left(1 - e^{-\frac{t}{CZ}}\right) \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

Hierbei bedeutet U die erreichte Endspannung, die für beide Fälle die gleiche ist[16]. Die sich ergebenden Spannungskurven sind nicht identisch. Aus einer Stoßschaltung mit abgeglichenem Anfang erhält man im Oszillogramm eine stärker abgeflachte Welle als mit abgeglichenem Ende.

[13] Das Funkengesetz von Toepler möge hier vernachlässigt werden, um die Rechnung nicht zu schwierig zu gestalten; es kommt uns hier ja auch weniger auf eine starre Anwendung dieses Gesetzes an, als vielmehr auf die Ermittlung des Einflusses der Querkapazität und der Selbstinduktion der Zuleitung, die Toepler bisher in seinen Ansätzen stets vernachlässigt.

[14] L. Binder, Die Wanderwellenvorgänge auf experimenteller Grundlage. Verlag Julius Springer, Berlin 1928.

[15] Wie Fußnote 14.

[16] Wie Fußnote 14.

Der Oelverbrauch eines Elektrizitätswerkes.

Im Anschluß an einen Vortrag über den Schmiermittelbedarf eines Eisenhüttenwerkes machte A. Baader in der Aussprache einige Ausführungen über die Berechnung des auf 1 kWh bezogenen Ölverbrauchs bei einem Elektrizitätswerk[1]. Die Berechnung sei schwierig, weil die durch die rasche Entwicklung der Energiewirtschaft bedingten großen Füllungen für Transformatoren und Schalter im allgemeinen ein bis zwei Jahrzehnte reichen, so daß ihre Verrechnung auf das Einfülljahr ein falsches Bild ergeben würde. Es kommt hinzu, daß in den heutigen Zahlen teilweise noch die Mängel der Ölbewirtschaftung früherer Jahre zum Ausdruck kommen. Baader empfiehlt, von möglichst vielen Betriebseinheiten folgendes festzustellen:

1. Menge der einmaligen Füllung,
2. Ölzusatz während der ganzen Betriebszeit dieser Füllung,

[1] A. Baader, St. u. E. Bd. 49, S. 1460.

Digitized by Google

3. Aufteilung dieses Ölzusatzes in wirkliche und scheinbare Verluste,
4. Menge des am Schluß der Betriebszeit noch vorhandenen Öles, wobei die bei der Auffrischung entstehenden Verluste noch in Abzug zu bringen sind,
5. die bei der gründlichen Reinigung der betreffenden Einheit zu opfernde Ölmenge oder ihren Auffrischungsverlust.

Mit Hilfe dieser Unterlagen ergeben sich Zahlen, die für die einzelnen Betriebseinheiten erhebliche Schwankungen aufweisen, die begründet sind in der Qualität der verwendeten Öle, in den baulichen Unterschieden der Betriebseinheiten, in der Belastung und in der Reinigung. Für die Gesichtspunkte, unter denen das Öl ausgewechselt wird, ist nicht immer die Ölbeschaffenheit maßgebend, sondern auch betriebstechnische Rücksichten und die persönliche Einstellung.

13 Dampfturbinen verschiedener Bauart aus vier verschiedenen Betrieben wurden bezüglich des Schmierölverbrauchs beobachtet und dabei nur Füllungen mit abgeschlossener und mindestens 5000 Betriebstunden umfassender Lebensdauer berücksichtigt, die teilweise bis 1914 zurückreichen. Es ergab sich, daß zur Erzeugung von 1 kWh höchstens 227,2 mg, mindestens 16,9 mg und durchschnittlich 18 mg Öl erforderlich waren. Der hohe Verbrauch bezieht sich meistens auf ältere Füllungen. Die neueren Erfahrungen lassen sogar den Schluß zu, daß sich der Mittelwert unter den heutigen Verhältnissen noch weiter senken wird.

Schwieriger als für Dampfturbinenöl gestaltet sich die Berechnung des Transformatoren- und Schalteröles. Man kann annehmen, daß der Ölverbrauch von Transformatoren und Schaltern etwa ein Fünftel bis ein Achtel des Ölverbrauches für Dampfturbinen beträgt, so daß man auf 2,5 ... 3,5 mg für die durchgehende Kilowattstunde kommt. Die Zahlen gelten aber nicht für die Übertragung einer Kilowattstunde von der Erzeugungstelle bis zur Verbrauchstelle, weil die Anzahl der dazwischen geschalteten Transformatoren und Schalter ganz von den örtlichen Verhältnissen abhängt. *Ka.*

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die Elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 280.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, ist die folgende Elektrizitätszählerform zur Beglaubigung durch die Elektrischen Prüfämter im Deutschen Reiche zugelassen und ihr das beigesetzte Systemzeichen zuerteilt worden.

System $\overline{152}$, die Form GF, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma **Eta, Elektrotechnische Fabrik G. m. b. H.** in Prag.

Berlin-Charlottenburg, den 5. II. 1930.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Beschreibung.

System $\overline{152}$,

die Form GF, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Firma Eta, Elektrotechnische Fabrik G. m. b. H. in Prag.

1. Meßbereiche.

Die Zähler der Form GF sind zur Messung des Verbrauches in einphasigen Wechselstrom-Zweileiteranlagen bestimmt. Sie können für Stromstärken von 1,5 ... 50 A und für Spannungen bis 550 V bei der Frequenz 50 Hz beglaubigt werden.

2. Wirkungsweise.

Der Zähler (Abb. 1) ist ein Induktionsmotor, dessen Kurzschlußanker *a* aus Aluminium durch einen Dauermagneten *m* gebremst wird. Das G-förmige Spannungseisen *e* mit der Spannungspule ist oberhalb, das U-förmige Stromeisen *i* mit den beiden Stromspulen ist unterhalb der Aluminiumscheibe angeordnet. Der größte Teil der von der Spannungspule erzeugten Kraftlinien geht über einen Drosselspalt durch den magnetischen Nebenschluß *n*, ohne die Scheibe zu durchsetzen; der wirksame, die Scheibe durchsetzende Teil der Spannungskraftlinien hat als magnetischen Rückschluß den um die Scheibe herumgreifenden Schenkel *r* des Spannungseisens. Zur genauen Einstellung der 90 °-Verschiebung zwischen den wirksamen Feldern bei induktionsfreier Belastung ist auf dem Stromeisen ein Kupferbügel *k* angeordnet, dessen Enden mittels einer regelbaren Drahtschleife *p* kurzgeschlossen werden. Durch einen im Spannungseisen drehbar angeordneten Gewindebolzen *b* wird ein Zusatzdrehmoment zur Überwindung der Reibung erzeugt, das durch Herein- oder Herausschrauben des Bolzens geregelt werden kann. Zur Verhütung von Leerlauf dient ein an der Ankerachse angebrachtes Eisendrähtchen *d*, das von einem Streupol *s* des Spannungseisens angezogen wird.

3. Schaltung.

Die Schaltung der Zähler ist aus der Abb. 1 ersichtlich.

4. Eichung.

Nach einhalbstündiger Belastung der Spannungspule mit der Nennspannung werden der Reihe nach folgende Einstellungen vorgenommen:

a) Beseitigung von Vor- oder Rücklauf des Zählers bei unbelasteter Hauptstromspule durch Verdrehen des Gewindebolzens *b*.
b) Beseitigung von Vor- oder Rücklauf bei Belastung mit Nennstrom unter 90 ° induktiver Phasenverschiebung vermittels der regelbaren Drahtschleife *p*.

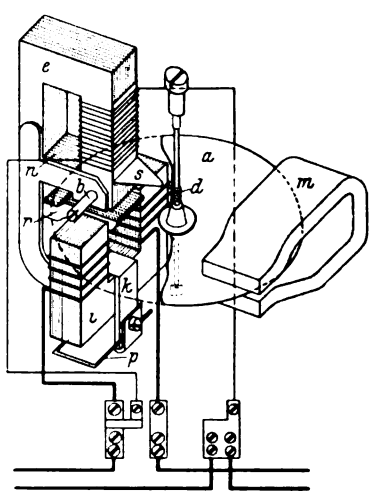


Abb. 1.

c) Einstellen der richtigen Ganggeschwindigkeit bei induktionsfreier Nennbelastung mittels des Bremsmagneten *m*.
d) Erteilen eines schwachen Vorlaufes durch Verdrehen des Gewindebolzens *b*, so daß der Zähler bei induktionsfreier Belastung mit $^1/_{30}$ Nennstrom etwa 1 % zu schnell läuft.
e) Feineinstellen der 90 °-Verschiebung mittels der Drahtschleife *p*, so daß der Zähler bei $^1/_{10}$ Nennstrom und $\cos\varphi = 0{,}5$ etwa 1 % zu schnell läuft.
f) Einstellen des Eisendrähtchens *d*, so daß der Zähler einerseits bei 20 % Überspannung nicht leerläuft, anderseits aber bei induktionsloser Belastung mit einer Stromstärke sicher anläuft, die 0,5 % der Nennstromstärke nicht überschreitet.

5. Eigenschaften.

Die untersuchten Zähler hatten bei Nennbelastung ein Drehmoment von etwa 6,0 ... 7,8 cmg. Sie liefen bei induktionsloser Belastung mit etwa 0,4 % des Nennstromes an. Das Ankergewicht wurde zu 30,5 g, die Drehzahl der Zähler zu 44 ... 48 U/min festgestellt. Der Eigenverbrauch der Spannungspule betrug etwa 0,52 W bei 120 V und etwa 1,08 W bei 550 V Nennspannung. Der Eigenverbrauch im Hauptstromkreis belief sich auf etwa 1,12 W bei 1,5 A Nennstromstärke und auf etwa 2,30 W bei 30 A Nennstromstärke.

[1] Reichsministerialblatt 1930, S. 43.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Eine 220 kV-Leitung auf Schleuderbetonmasten. — In Oberitalien wurde vor kurzem eine 220 kV-Leitung dem Betrieb übergeben, über welche die folgenden Angaben von Interesse sein dürften (Abb. 1). Die Leitung gehört der Società Idroelettrica Piemonte (SIP) in Turin und ist bestimmt zur Übertragung der in der Eisackstufe Brixen—Bozen gewonnenen Kraft[1] nach der Po-Ebene. Sie führt von Kardaun (bei Bozen) nach Cislago (Bahnstrecke Mailand—Varese). Die Teilstrecke von der Überkreuzung des Flusses Oglio bei Adro (südlich vom Lago d'Iseo) über Bolgare, Dalmine, Bottanuco, Seveso und Turate nach Cislago ist auf Portalen aus Schleuder-

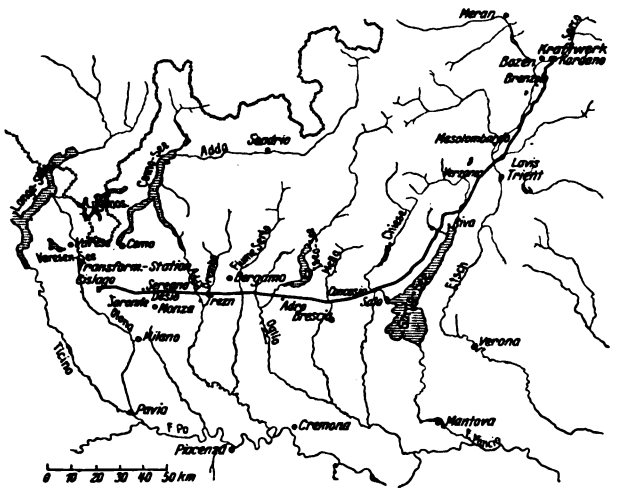


Abb. 1. Kraftübertragung vom Eisack-Kraftwerk Kardaun nach der Po-Ebene.

beton geführt. Sie überkreuzt den Serio und die Adda, einige kleinere Flüsse sowie eine Anzahl Bahn- und Telegraphenlinien und hat eine Länge von 73 km.

Verlegt sind drei Aldrey-Seile von je 380 mm² und zwei Blitzschutzseile aus verzinktem Stahldraht von je 70,5 mm². Der Phasenabstand ist 7,25, der geringste Bodenabstand 8 m. Die mittlere Spannweite beträgt 260 m.

Das Bemerkenswerte an der Strecke ist die, soweit bekannt, erstmalige Ausführung einer Leitung dieser Spannung mit Stützen aus Schleuderbeton. Verwendet wurden 290 Schleuderbetonportale, jedes bestehend aus zwei Masten und einer Traverse in Schleuderbeton, die miteinander durch kräftige zweiteilige Kopfstücke aus Eisenbeton verbunden sind. Bei dem normalen Tragportal (Abb. 2) haben die Maste eine Gesamtlänge von 21 m und eine freie Länge von 19 m. Jeder Mast ist berechnet für einen Spitzenzug von 1250 kg bei dreifacher Sicherheit. Der Zopfdurchmesser beträgt 300, der Fußdurchmesser 570 mm. Die ebenfalls geschleuderten Traversen haben runden Querschnitt und eine Länge von 15 m bei einem Durchmesser von 330 mm. Der Abstand der beiden Maste ist 7,25 m. Das Gesamtgewicht des Portales beträgt 14,3 t. Die 4 Maste des Abspannportales (jede Stütze als gespreizter Doppelmast ausgebildet) haben eine Gesamtlänge von 25 m und eine freie Länge von 22,7 m. Sie sind für einen Spitzenzug von 2700 kg bei fünffacher Sicherheit berechnet und haben einen Zopfdurchmesser von 300 mm und einen Fußdurchmesser von 630 mm. Die Traverse ist ebenfalls 15 m lang und hat einen Durchmesser von 450 mm. Der Abstand der beiden Mastpaare ist gleichfalls 7,25 m, die Spreizung eines Doppelmastes am Fuß etwa 1,85 m. Das Gesamtgewicht des Abspannportales beträgt 39,4 t. Im übrigen schwankt die Länge der Stützen je nach den örtlichen Verhältnissen zwischen 17 und 26,5 m. Bemerkenswert sind die geringen Abmessungen der Beton-Blockfundamente, nämlich bei den Tragportalen 5,6 m³ für eine Stütze oder 11,2 m³ für das Portal; bei den Abspannportalen 31 m³ für eine Stütze oder 62 m³ für das Portal.

[1] Kraftwerk Kardaun, ETZ 1929, S. 1165.

Die Herstellung der Schleuderbetonmaste erfolgte in dem Werk Mori der Società Cementi Armati Centrifugati (SCAC) in Trient, welche auch die gesamte Aufstellung und Montage der Leitung durchführte. Das Verfahren, nach dem diese Firma die Maste herstellt, wurde vor 20 Jahren in Deutschland erfunden und in die Praxis eingeführt. Es wird hier in genau der gleichen Weise von

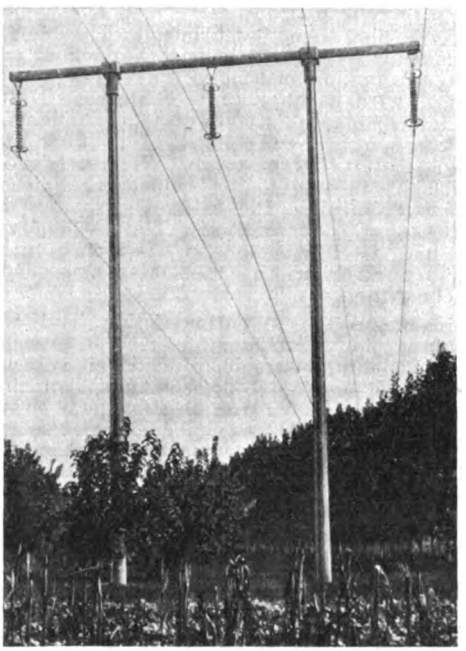


Abb. 2. Tragportal.

den beiden Firmen Dyckerhoff & Widmann, Schleuderwerk Cossebaude, und Beton-Schleuderwerke AG., Erlangen, ausgeübt, welche auch hier schon eine bemerkenswert große Anzahl von Freileitungen mit Schleudermasten ausgerüstet haben. *ckt*

Elektromaschinenbau.

Stromverdrängung im Ankerstreufeld. — W. Wanger berichtet über Untersuchungen der Stromverdrängung in Ankerleitern bei unerregter Maschine. In einem ersten Teil wird eine neue Theorie abgeleitet, die im Gegensatz zu den bisher bekannten Theorien von A. B. Field, F. Emde, W. Rogowski, R. Richter u. a. die magnetische Spannung im Eisen berücksichtigt. Dabei wird die vereinfachende Annahme gemacht, daß die magnetische Feldstärke im Zahn längs der ganzen Höhe eines Leiters konstant und mit dem Strom des Leiters in Phase ist, sofern alle Leiter der Nut von gleichphasigem Strom durchflossen werden. Mitgeteilte Meßresultate zeigen, wie genau diese Voraussetzungen zutreffen. Abgesehen von der Berücksichtigung der Eisensättigung werden zunächst die gleichen Annahmen gemacht wie bei der Theorie von Emde.

Nach der allgemeinen Ableitung des Widerstandsverhältnisses wird die Gleichung spezialisiert für den untersten Stab, für einen Stab ohne Gesamtstrom im Streufeld der darunter liegenden Stäbe und für Stäbe in Serienschaltung. Insbesondere wird auch der Einfluß der verschiedenen Nutformen und der Lage des Stabes in der Nut eingehend untersucht. Durchweg lehnt sich der Aufbau der neuen Formeln stark an denjenigen der Emdeschen Formeln an, und für verschwindend kleine magnetische Spannung im Eisen stimmen die beiden Formeln überein. So lautet beispielsweise die Formel für das mittlere Widerstandsverhältnis von n gleichen, in Serie geschalteten Stäben einer Nut nach der neuen Theorie

$$k_n = 1 + \overline{v}^2 (k_E - 1),$$

wobei k_E das Widerstandsverhältnis nach der Emdeschen Theorie und $\overline{v}$ das Verhältnis der magnetischen Spannung quer durch die Nut über dem obersten Stab zur

Digitized by Google

totalen magnetischen Umlaufspannung um alle n Stäbe bedeutet. — Auch für die Stromdichtefunktion ergibt sich ein analoger Aufbau wie bei Emde. Sehr durchsichtig ist die Stromdichteformel für einen einzigen Stab in einer Nut mit sehr breitem Ankerrücken. Die Stromdichte setzt sich in diesem Fall aus einer über den ganzen Stab konstanten Komponente, die mit dem totalen Stabstrom in Phase ist, und einer nach Effektivwert und Phase veränderlichen Komponente zusammen, u. zw. verteilt sich derjenige Teil des Gesamtstromes, der gleich der magnetischen Spannung in den Zähnen ist, gleichmäßig über den Querschnitt, während sich der Rest nach der Emdeschen Theorie über den Querschnitt verteilt, d. h. so, wie wenn das Eisen keine magnetische Spannung verbrauchen würde.

Während die oben beschriebene Theorie, die als „eindimensionale Sättigungstheorie" bezeichnet wird, nur die Stromverdrängung in Richtung der Höhe der Nut berücksichtigt, wird nachher für geschlossene Nuten noch eine „zweidimensionale Sättigungstheorie" abgeleitet, die auch die Stromverdrängung in Richtung quer durch die Nut berücksichtigt. Das totale Widerstandsverhältnis ergibt sich als Produkt der beiden eindimensionalen Widerstandsverhältnisse für beide Richtungen des Nutquerschnittes. Ein wesentlicher Unterschied zwischen der ein- und zweidimensionalen Theorie ergibt sich naturgemäß nur für breite Nuten, also insbesondere für quadratische Nuten.

In einem zweiten, experimentellen Teil wird die Brauchbarkeit der Sättigungstheorie untersucht. Es wurden ausgedehnte Versuchsreihen bei verschiedenen Nutquerschnitten und Stabformen zum Teil mit dem Wechselstromkompensator von Hartmann & Braun, zum Teil mit einem empfindlichen Spiegeldynamometer ausgeführt. Bei einem Teil der Messungen wurde sinusförmiger Strom von 50 Hz, bei einem andern Teil stark verzerrter Strom von 50 Hz verwendet, wobei die erste und dritte Harmonische gesondert gemessen wurden. Große Sorgfalt wurde auf die genaue Ermittlung der Eisenverluste verwendet, da diese eine Korrektur der Meßresultate bedingen. Alle Messungen, sowohl des Widerstandsverhältnisses als auch der Stromdichteverteilung, zeigen die Überlegenheit der Sättigungstheorie über die alten Theorien. Bei offenen und halboffenen Nuten ist zwar der Einfluß der magnetischen Spannung im Eisen gering, so daß die Emdesche Theorie nur wenig von der Sättigungstheorie abweicht und auch befriedigende Übereinstimmung mit den Messungen zeigt. Bei geschlossenen Nuten führt jedoch die Vernachlässigung der Eisensättigung zu großen Fehlern. Insbesondere ist es bei der praktisch einzig möglichen Nutform mit schmalem Quersteg und breitem Ankerrücken unzulässig, die geschlossene Nut wie zwei offene von halber Höhe zu behandeln. Vielmehr nähert sich bei einer solchen geschlossenen Nut das Widerstandsverhältnis sehr stark demjenigen einer offenen Nut von gleicher Höhe. Nur durch den Einfluß der magnetischen Spannung in den Zähnen wird eine gewisse Verkleinerung des Widerstandsverhältnisses verursacht. Der Hauptwert der Sättigungstheorie dürfte wohl in der Klarlegung dieser Verhältnisse für die geschlossene Nut liegen. (W. Wanger, Arch. El. Bd. 22, H. 6, S. 602.)

Über Kippschwingungen dreifacher Frequenz in magnetisch unverketteten Dreiphasentransformatoren. — Bei einem in Stern-Stern geschalteten Drehstromtransformator mit geerdetem Nullpunkt wird durch die Erdkapazität der Leitungen ein geschlossener Schwingungskreis der dritten Harmonischen gebildet. Ist der Transformator magnetisch unverkettet, so entstehen in jeder Phase hohe Spannungen dreifacher Frequenz, die jedoch bei bestimmten Kapazitätswerten und Erregungen plötzlich auf ganz niedrige Werte umspringen, wobei sie eine Phasenumkehrung erleiden. Diese Erscheinung wird mit Kippung[1] der dritten Harmonischen bezeichnet. Außerdem sind bisweilen Schwebungen der dritten Harmonischen mit einer Periodendauer von mehreren Sekunden sowie ziemlich beträchtliche geradzahlige Harmonische in der Spannungswelle beobachtet worden. Um den Kippvorgang in einfacher Weise zu erklären, wird ein Ersatzsystem angenommen, welches aus drei gleichen, in Stern geschalteten Drosseln mit geschlossenen Eisenkernen besteht, denen drei gleiche Kondensatoren parallelgeschaltet sind. Bei idealer Drehstromerregung des Systems fließt über die Kondensatoren ein Ladestrom der Grundfrequenz, der aus dem Drehstromnetz geliefert wird, sowie ein Strom dreifacher Periodenzahl, der durch die dritte Harmonische der Drosselspannungen hervorgerufen wird. Vernachlässigt man die Verluste in den Drosseln und Kondensatoren, so ergibt sich stets eine symmetrische Phasenspannungskurve, die je nach der Größe der Kondensatoren spitz oder stumpf ist. Bezeichnet man nun diejenige Phasenlage der dritten Harmonischen, die eine Zuspitzung der Phasenspannungskurve bewirkt, als positiv, so erhält man aus der Magnetisierungskurve für eine bestimmte Spannungsgrundwelle beispielsweise die in Abb. 3 dargestellte Strom-Spannungs-Charakteristik der dritten Harmonischen der Drossel. Bei Leerlauf ($I_3 = 0$) ist die dritte Harmonische der Spannungskurve (V_3) positiv; sie wächst zuerst rasch, dann langsamer mit negativem Strome I_3 (90 ° voreilend). Bei positivem Strome I_3 sinkt V_3 zunächst auf Null und wird schließlich negativ. Zeichnet man in das Diagramm auch die geradlinige Strom-Spannungs-Charakteristik des Kondensators ein, so schneidet diese die Drosselkennlinie bei kleinen Kapazitätswerten im Punkte 1, bei größeren in den Punkten 1', 2', 3'. Da die Schnittpunkte die im Ersatzsystem auftretenden dritten Harmonischen angeben, so folgt, daß mit wachsender Kapazität zunächst V_3 stark zunimmt, daß aber von einem bestimmten Kapazitätswert an drei ganz verschiedene Schwingungszustände möglich sind. Von diesen scheidet jedoch der dem Punkte 3' entsprechende als labil aus. Danach müßte sich also beim Einschalten wahllos der Zustand gemäß Punkt 1' oder 2' einstellen. Bei Versuchen zeigte sich aber stets der Punkt 2' als der bevorzugte, d. h. es trat bei großen Kapazitäten immer eine Kippung der dritten Harmonischen ein. (R. Kiefer, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 921.) *R. K.*

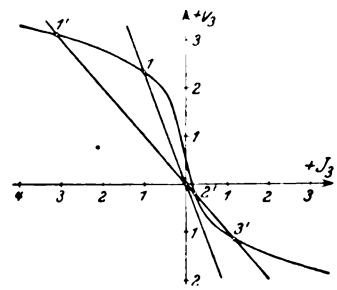


Abb. 3. Strom-Spannungs-Charakteristik der dritten Harmonischen.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Theoretische Grundlagen der Blindverbrauchmessung im Dreileiter-Drehstromnetz mit Ferrariszählern. — Die Theorie der Blindverbrauch-Meßgeräte nach dem Ferrarisprinzip erfordert die sog. „180 °-Abgleichung" bei Zählern, die für die Messung induktiven Blindverbrauchs bestimmt sind. Mit diesen befaßt sich G. Hauffe in der obengenannten Arbeit ausschließlich. Unter dem Abgleichwinkel wird der Winkel zwischen Verbraucherspannung und Spannungstriebfluß verstanden. Für die Blindverbrauchsmessung im Dreileiter-Drehstromsystem ist eine Reihe von Lösungen zur Erzielung der 180 °-Abgleichung vorgeschlagen worden und praktisch in Verwendung. Die gesamte Blindleistung im Dreileiter-Drehstromnetz ist gegeben durch den Ausdruck

$$N_b = [\mathfrak{U}_{12}\mathfrak{J}_{1k} + \mathfrak{U}_{32}\mathfrak{J}_{3k}]_i \quad \ldots \quad (1)$$

Hierin bedeuten $\mathfrak{U}_{12}$ bzw. $\mathfrak{U}_{32}$ verkettete Spannungen, $\mathfrak{J}_{1k}$ bzw. $\mathfrak{J}_{3k}$ die zu den Strömen $\mathfrak{J}_1$ bzw. $\mathfrak{J}_3$ konjugiert komplexen Größen. Der Index i hinter der Klammer deutet an, daß von dem Ausdruck nur der imaginäre Teil genommen werden soll. Gl. (1) besagt, daß in den zwei notwendigen und hinreichenden Zählersystemen $\mathfrak{U}_{12}$ und $\mathfrak{J}_1$ bzw. $\mathfrak{U}_{32}$ und $\mathfrak{J}_3$ zu kombinieren sind. Dies geschieht in der einwandfreiesten der obengenannten Lösungen, und die 180 °-Abgleichung wird 1. durch entsprechenden Anschluß der notwendigen Spannung an die Spannungspule erzwungen, 2. durch eine Verschiebung des Spannungstriebflusses gegen die angeschlossene Spannung, die gleich ist der Verschiebung des Stromtriebflusses gegen den Verbraucherstrom. Die letztgenannte Verschiebung wird durch induktionsfreie Überbrückung der Stromspule erreicht. Alle anderen Lösungen ersetzen die theoretisch notwendigen Spannungen durch andere — verkettete oder Sternspannungen —, welche den ersteren um 60, 90 oder 120 ° nacheilen, und erzwingen durch entsprechende Verschiebung von 120, 90 oder 60 ° zwischen Spannungstriebfluß und Zählerspannung die 180 °-Abgleichung, d. h. die Phasenopposition zwischen Spannungstriebfluß und theoretisch notwendiger Spannung. Diese Lösungen sind indessen nur exakt, solange das Drehstromsystem symmetrisch ist. Die vorliegende Arbeit hat als Hauptziel, die Anzeigen der einzelnen Kunstschaltungen als Funktion beliebiger Last und beliebiger Unsymmetrie aufzustellen und mit dem wahren Wert des Blindverbrauchs zu ver-

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1230.

Digitized by Google

gleichen. Zu diesem Zweck werden zunächst die Ströme durch die als bekannt vorausgesetzten verketteten Spannungen und die Belastungsrichtwiderstände ausgedrückt. Dreiecklast und Sternlast werden getrennt, gleichzeitiges Vorhandensein beider Belastungsarten durch Transfigurierung berücksichtigt. Für die Lösung, welche mit der Sternspannung arbeitet, sind die Sternspannungen durch die verketteten Spannungen und die den künstlichen Nullpunkt bildenden Widerstände ausgedrückt. Allgemeine Betrachtungen am Ferrariszähler ergeben für die von einem Blindverbrauch-Meßsystem erfaßte Blindleistung den Ausdruck

$$N_{b_z} = -\left[\mathfrak{U}_z \cdot e^{-j\vartheta}\,\mathfrak{J}_{zk}\right]_i,$$

in dem $\mathfrak{U}_z$ die an der Zählerspannungspule anliegende Spannung, $\mathfrak{J}_z$ den die Zählerstromspule durchfließenden Strom, ϑ die Verschiebung zwischen Spannung und Spannungstriebfluß bedeuten. In diese Gleichung werden die vorerst berechneten Ströme eingesetzt, so daß die Anzeige in der gewünschten Form erscheint. Zur Charakterisierung der Unsymmetrie des Netzes genügt das Verhältnis der Ablosutwerte der verketteten Spannungen. Setzt man in zulässiger Willkür eine Spannung gleich 1, so verbleiben zwei einfache Zahlenwerte $a = \mathfrak{U}_{23}/\mathfrak{U}_{12}$ und $b = \mathfrak{U}_{31}/\mathfrak{U}_{12}$ zur Kennzeichnung der Unsymmetrie. Diese beiden Bestimmungstücke werden in Beziehung gesetzt zu zwei anderen: Verhältnis der Amplituden der beiden gegenläufigen symmetrischen Systeme, in die jedes unsymmetrische Drehstromsystem zerlegbar ist, und deren Phasenverschiebung gegeneinander. Die Ausdrücke für die Anzeigen der einzelnen Kunstschaltungen werden vereinfacht durch Einführung der Abweichungen Δ_1 und Δ_2, die zwei Winkel des Dreiecks der verketteten Spannungen von 60° (Symmetrie) zeigen. Es wird nachgewiesen, daß für die auftretenden Funktionswerte dieser Abweichungen bei Unsymmetrien bis 5 % die Näherungen $\sin\Delta \approx \Delta$, $\cos\Delta \approx 1$ berechtigt sind. Hiernach entstehen verhältnismäßig übersichtliche Gleichungen für die Anzeigen, deren Auswertung durch eine graphische Tafel $\Delta_1 = f_1(a, b)$, $\Delta_2 = f_2(a, b)$ noch erleichtert wird. Auf eine allgemeine Diskussion der Gleichungen mußte verzichtet werden, da die Anzeigefehler F als Funktion von 8 Variablen erscheinen: 2 Zahlenwerte a und b zur Charakterisierung der Spannungsunsymmetrie und 6 Bestimmungstücke der auf Dreieckslast umgerechneten Belastung (jeder Phase und Absolutwert). Vielmehr ist die Diskussion von Sonderfällen um so wichtiger, als in diesen bedeutende Fehler auftreten können. Es wird zunächst gezeigt, daß bei gleichmäßiger induktionsfreier Last und Nennstrom die Fehldrehmomente bei 5 % Unsymmetrie im Verhältnis zum Nenndrehmoment so klein sind, daß eine Fehlanzeige nicht auftritt. Sodann werden die Fehler bei einseitiger Last für 5 % Unsymmetrie berechnet und graphisch dargestellt, u. zw. für Phasenverschiebungen von 30, 60 und 90°. In den Fällen endlich, in denen die einseitige Last noch induktionsfrei ist, werden für Nennstrom und 5 % Unsymmetrie die Anzeigen in Prozent der Nennlast dargestellt. Der Gebrauch der entwickelten Formeln wird zum Schluß an einem Beispiel erläutert. (G. Hauffe, Arch. El. Bd. 22, H. 6. S. 542.)

Ein tragbares Feldstärke-Meßgerät für hohe Frequenzen. — Die Meßmethode benutzt das Hilfsenderprinzip, d. h. die von dem fernen Sender im Empfänger hervorgerufenen

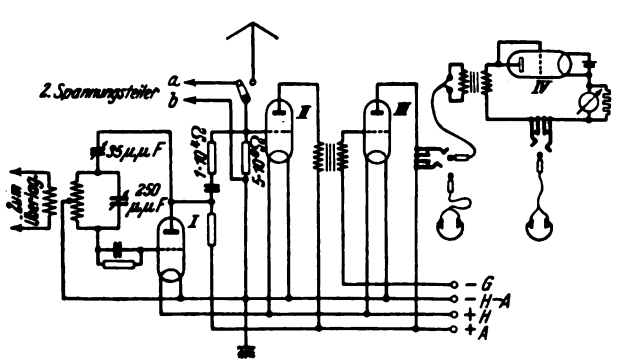


Abb. 4. Schaltung des Empfängers.

Ausschläge eines Galvanometers oder Elektrometers werden nach Abschaltung des Luftleiters durch einen örtlichen Hilfsender wiederhergestellt. Der von dem Hilfsender erzeugte Hochfrequenzstrom wird in einem besonderen Kreis gemessen und über eine veränderliche und bekannte Widerstandskopplung dem Empfänger zugeführt.

Der Empfänger besteht aus 3 Röhren (Abb. 4). An die zweite, die als Gleichrichter wirkt, ist in ungewöhnlicher Weise der Luftleiter über einen Widerstand von 5 $M\Omega$ aperiodisch angekoppelt. Die erste Röhre mit ihrem abgestimmten Gitterkreis wird als Steuerrohr bezeichnet und dient an Stelle der sonst gebräuchlichen Rückkopplung zur Dämpfungsreduktion. Die dritte Röhre, induktiv mit der zweiten gekoppelt, dient zur Verstärkung der von der zweiten Röhre abgegebenen Niederfrequenz. Mit einem kleinen Sender (Überlagerer), der lose mit dem Gitterkreis der ersten Röhre gekoppelt ist, werden die einfallenden hochfrequenten Schwingungen hörbar gemacht. In dem Anodenkreis der dritten Röhre kann für Hörempfang ein Fernsprecher oder zur Messung über einen Transformator ein Gleichrichter geschaltet werden, dessen Strom gemessen wird. Der Hilfsender und ein Widerstands-Stufenpotentiometer (Abb. 5) werden bei den Punkten a und b an die Empfangsanordnung angeschlossen. Aus dem Strom im Meßkreis und dem eingeschalteten Widerstand kann die Spannung an dem 5 $M\Omega$-Widerstand und unter Berücksichtigung der wirksamen Höhe h des Luftleiters die Stärke des einfallenden Feldes zu JR/h berechnet werden. Als Luftleiter wird ein einfacher senkrechter Draht verwendet, dessen Länge l etwas kürzer als ein Viertel der Wellenlänge ist, und dessen wirksame Höhe etwa $l/2$ beträgt. Zur Vermeidung von Streufeldern im Empfänger werden Toroidspulen benutzt, die Beseitigung ungewollter Kopplungen ist durch räumlich engen Zusammenbau der einzelnen Teile sowie durch möglichst kurze und symmetrisch geführte Drähte erreicht worden; eine Abschirmung hat sich bei den hohen Frequenzen als nicht ausreichend erwiesen.

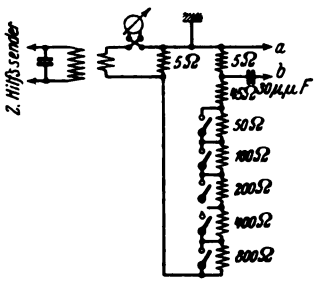


Abb. 5. Spannungsteiler.

Die Wirkung des Empfängers und insbesondere die ungewöhnliche Schaltung des Luftleiters sind theoretisch schwer zu begründen, doch sind mit der Anordnung sehr gute Ergebnisse erzielt worden. Mit dem Gerät können Feldstärken bis herab zu 10 µV/m über ein Frequenzband von 5000 ... 12 000 kHz gemessen werden. Das Gewicht des Gerätes beträgt ohne Batterien etwa 25 kg, so daß es auch für Messungen im Gelände an verschiedenen Stellen leicht verwendet werden kann. (J. Hollingworth u. R. Naismith, J. Inst. El. Engs. London Bd. 67, S. 1033.)

Blr.

Maximum-Fernzähler nach dem Impulsverfahren. — Die Westinghouse Co. stellt zwei verschiedene Fernmeßeinrichtungen nach dem Impulsverfahren her, das Impuls-Frequenzverfahren zur Anzeige von Momentanwerten und zur Registrierung, ferner das Verfahren mit lang-

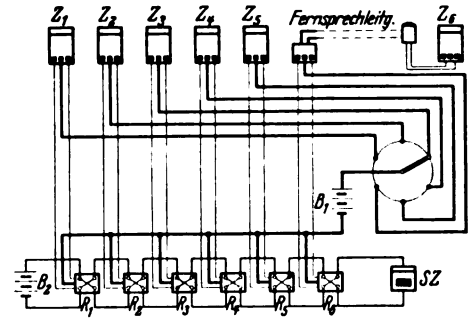


Abb. 6. Schaltung der Impuls-Fernzählung.

samen Impulsen für die Fernzählung. Auf der Zählerachse ist eine Kontakteinrichtung angebracht, die bei jeder Umdrehung einen Stromkreis unterbricht und an der Empfangstelle ein Zählwerk weiterschaltet. Die Entfernung spielt dabei keine besondere Rolle, wohl aber wird die Aufgabe schwieriger, wenn mehrere Zähler ein gemeinsames Summierwerk betätigen sollen. Man muß dann verhindern, daß zwei Zählerkontakte zusammenfallen, weil sich daraus eine Minusanzeige des Empfängers ergeben würde. Diese Schwierigkeit wird bei der Anordnung von Westinghouse dadurch überwunden, daß eine Kette kleiner Kommutierungsrelais verwendet wird

Digitized by Google

in Verbindung mit einem rotierenden Umschalter. Jeder Zähler hat drei Kontaktleitungen, die Relais sind Schneidenrelais, wie sie in der selbsttätigen Telephonie gebräuchlich sind. Die allgemeine Anordnung ist in Abb. 6 gezeigt. Wenn der Kontakt zwischen der mittleren und der rechten Leitung bei einem der Zähler $Z_1 \dots Z_4$ geschlossen wird, zieht der Anker des zugehörigen Zwischenrelais $R_1 \dots R_4$ an, bei Kontaktgabe auf der linken Seite fällt der Anker ab, er legt dabei einen Stromwender jeweils von der einen Lage in die andere. Das Empfangs-Summenzählwerk *SZ* ist ein polarisiertes Relais, das mit Gleichstrom arbeitet, so daß sich der Anker mit jeder Umpolung eines der in Reihe geschalteten Magneten $R_1 \dots R_6$ bewegt. Das System wird bei Zentraluhrenanlagen seit langem verwendet. Der umlaufende Schalter besteht aus einer Anzahl von Federsätzen und einer von einem Motor getriebenen Nockenwelle. Die Umlaufszahl der Nockenwelle ist so gewählt, daß eine Umdrehung in kürzerer Zeit erfolgt, als die kürzeste Impulsfolge eines einzelnen Zählers bei maximaler Belastung sein kann. Im ganzen ist die Anordnung so getroffen, daß für jeden Kontaktschluß eines Zählers und damit bei jedesmaligem Ansprechen eines Zwischenrelais das Empfangszählwerk um einen Kontakt weitergeschaltet wird, wobei die Zwischenrelais als Speicher wirken, so daß keine Kontakte verlorengehen können. Anderseits arbeitet die Einrichtung auch so, daß keine Kontakte doppelt gegeben werden können. In der Zeichnung ist für einen der Zähler ein Anschluß über eine Fernsprechleitung gezeichnet. Die Anordnung kann auch so getroffen werden, daß über die Fernsprechleitung gleichzeitig gesprochen wird. Für einen einzigen Zähler ist der gesamte Stromlauf in Abb. 7 gezeigt. Beim Schließen des rechten Kontaktes wird die Spule *M* des Relais R_1 erregt, der Federsatz umgeschaltet und dabei die Leitung zwischen dem Summenzähler *SZ* und der Batterie umgepolt. Gleichzeitig wird der Kontakt *K* geschlossen. und es bleibt dadurch der Magnet *M* auch nach dem Öffnen des rechten der drei Kontakte geschlossen. Wird aber die Verbindung zwischen dem linken und dem Mittelkontakt hergestellt, so wird *M* ausgeschaltet, es liegt nur der Vorwiderstand R_v an der Batterie, der Federsatz des Relais R_1 geht in die andere Lage und der Summenzähler wird wieder umgepolt. Ist eine sehr große Zahl von Zählern zu summieren, beispielsweise 64, so wählt man nicht einen einzigen rotierenden Umschalter für 64 Leitungen, sondern man teilt die Gesamtzahl in Gruppen zu 8 auf und verwendet 8 rotierende Umschalter, die wiederum auf einen weiteren 9. Summenschalter zu 64 Meßstellen addiert werden. (C. Oman, Instruments Bd. 1. S. 237.) *Kth.*

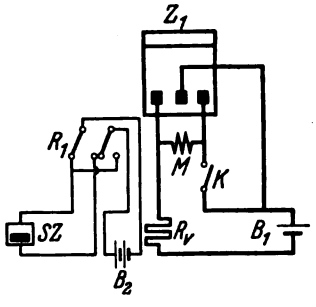


Abb. 7. Genauer Stromlauf für einen Zähler.

Beleuchtung.

Relative Sichtbarkeit der Lichtblitze von Neon-Lampen und von Glühlampen mit und ohne Rotfilter. — Da die Ansichten über die Sichtbarkeit des Neonlichtes im Vergleich zum Glühlampenlicht mit und ohne Rotfilter geteilt sind, wurden vom Bureau of Standards in Amerika eingehende Versuche bei verschiedenster Witterung angestellt. Es wurden eine Glühlampe von 1000 W, 115 V, ohne und mit Rotfilter sowie eine Neonlampe für Wechselstrom, ausgebildet als Glühkathodenröhre von 2,5 cm Dmr. und 47 cm Länge, in ein Leuchtfeuer eingebaut, das im Abstand von 3 s kurze Lichtblitze von 0,2 s Dauer aussandte. Die Lichtzeichen wurden in 5 Beobachtungstationen in 7, 5,7, 4,7, 4 und 1,9 km Entfernung beobachtet und photometrisch gemessen, u. zw. bei klarem Wetter, leichtem Dunst, Regen und dichtem Nebel. Als Resultat ergab sich: Ein Unterschied in der Sichtbarkeit zwischen Neonlicht und rotgefiltertem Glühlampenlicht war — gleiche Färbung sowie gleiche horizontale Lichtverteilung und Lichtstärke vorausgesetzt — nicht festzustellen. Die klare Glühlampe gab bei jeder Witterung die größte Reichweite. Durch Vorschalten des roten Filters wurde diese unter keinen Umständen vergrößert, dagegen waren die roten Lichtzeichen — Neonlampe wie Glühlampe mit Filter — leichter aufzufinden, besonders dann, wenn gleichzeitig andere Lichter in derselben Richtung sichtbar waren. Ob demnach Neonlicht oder Glühlampenlicht mit Filter vorzuziehen ist, muß ganz nach der Leistung dieser Lampen im Leuchtfeuer entschieden werden. Zunächst muß die Neonlampe eine genügende Intensität aufweisen, dann muß die Apparatur zuverlässig und nicht zu teuer arbeiten. Ist beides der Fall, wird die Neonlampe bei günstigerem Effektverbrauch vorzuziehen sein. Die klare Glühlampe gibt große Reichweiten, die Erkennbarkeit wird aber leicht durch ähnlich gefärbte Lichter beeinflußt. (F. Ch. Breckenridge und J. E. Nolan, Bureau of Standards Res. Paper Nr. 78; Sonderabdr. aus Bur. of Stand. J. of Research Bd. 3, Juli 1929.) *vge*

Bahnen und Fahrzeuge.

Triebwagen der Bahn La Mure—Gap. — Bereits im Jahre 1909 war die Elektrisierung der schmalspurigen Strecke La Mure—Gap in der Dauphiné (Südfrankreich) beschlossen. Es wurde Gleichstrom zu 2400 V Netzspannung gewählt, da auf der seit 1900 nach System Thury elektrisierten Strecke Saint Georges de Commiers—La Mure[1], deren Verlängerung die neue Strecke bildet, schon eine Spannung von 2400 V (Dreileitersystem) vorhanden war. Die Compagnie française Thomson Houston erhielt den Auftrag auf Lieferung der 8 Triebwagen. 1913 wurde der 1. Triebwagen geliefert. Infolge des Krieges konnten erst 1925 die endgültigen Versuche gemacht werden. Im Dezember 1927 kam der letzte Wagen zur Lieferung; vorläufig auf der Strecke St. Georges de Commiers—Gap. Auf der Linie La Mure—Gap selbst konnte infolge der zahlreichen notwendigen Kunstbauten der Betrieb noch nicht aufgenommen werden. Die Strecke durchläuft mit die schönste Gebirgsgegend Frankreichs und weist starke Steigungen bis 60 ‰ — an einer Stelle 73 ‰ auf 300 m — und Krümmungen von 75 m, selbst von 50 m Halbm. auf. Die Triebwagen dienen zur Personen- und Güterbeförderung zwischen La Mure—Gap. Sie sind für eine Spurweite von 1000 mm gebaut und wiegen 42 t; sie sollen imstande sein, 30 t Anhängelast auf 65 ‰ mit 15 km/h und in der Ebene mit 32 km/h zu befördern. Die Triebwagen (Abb. 8) haben Mitteleingang, 2 Führerstände, 8 Sitzplätze II. Klasse, 28 III. Klasse, je einen Raum für Post und Gepäck und 3 kleinere Räume, in denen die elektrischen Hilfsapparate untergebracht sind. Jeder Triebwagen ist mit 4 einteiligen Tatzenlagermotoren, die für 2400 V isoliert sind, ausgerüstet. 2 Motoren liegen dauernd in Reihe. Die Stundenleistung eines Motors beträgt bei Eigenlüftung, einer Temperaturerhöhung von 75 ° im Anker, 90 ° am Kommutator und 100 ° durch Widerstandsmessung in den Spulen: 1200 V, 100 PS, 72 A, 730 U/min; die Dauerleistung: 1200 V, 75 PS, 53 A, 830 U/min bei einer Temperaturerhöhung von 65 °, 90 ° und 85 °. Der Treibraddurchmesser ist 1000 mm, die Zahnradübersetzung 79/15 = 5,26. Mit Zahnrädern und Zahnradschutzkasten wiegt jeder Motor 1950 kg. Ein Motorgenerator, der unter dem Wagenboden aufgehängt ist, dient zur Lieferung des Steuer- und Heizstroms, der Beleuchtung usw. Er leistet bei Eigenlüftung 6 kW dauernd oder 8 kW 2 h lang bei 120 V und 1800 U/min. Motor und Generator sind in einem Gehäuse zusammengebaut. Der Motor hat 2 Hauptpole mit Kompoundwicklung, 2 Hilfspole und nur 1 Kommutator, der Generator 4 Hauptpole mit Nebenschlußwicklung und 4 Hilfspole. Der Maschinensatz wiegt 1200 kg.

Die Betätigung der Vielfachsteuerung erfolgt elektropneumatisch; Abschalten der Widerstände beim Anfahren halbselbsttätig; d. h. jede Stellung wird durch ein Relais so lange blockiert, bis der Strom auf einen bestimmten Wert abgeklungen ist. Die zweipolige Oberleitung (Dreileiterschaltung) führt zur Bestückung der Triebwagen mit 4 Stromabnehmern. Auf der 2400 V-Strecke bleiben die beiden positiven Stromabnehmer eingeschaltet. Zur Vermeidung von Störungen sind die 1200 V-Leitungen 4,8 m hoch verlegt, die 2400 V-Leitung 6,5 m hoch. Die beiden 1200 V-Stromabnehmer sind auf eine größte Höhe von 5 m eingestellt. Stufenschalter, Fahrtwender, Motorenschalter sind entsprechend der hohen Netzspannung für 3000 V isoliert und mit kräftiger magnetischer Blasung versehen. Der Fahrschalter hat 2 Schaltwalzen, die eine für Bremsung vorwärts, Fahrt vorwärts, Nullstellung, Fahrt rückwärts, Bremsung rückwärts; die zweite für Regelung der Anfahrt und Bremsung (je 12 Stufen). Ein zu schnelles Schalten verhindert ein Fliehkraftschalter. Außerdem kann durch eine elektromagnetische Reibungsbremse die Hauptwalze so lange festgehalten werden wie die Spule erregt ist. An Sicherheitschaltern sind vorgesehen: ein Überlastrelais, ein Spannungsrelais und ein Fußschalter, entsprechend dem Totmannsknopf. Der Motorgenerator wird in zwei Stufen angelassen. Der

[1] El. Bahnen 1903, S. 185.

Digitized by Google

doppelpolige Schalter wird mittels Hebels eingelegt oder elektromagnetisch betätigt; der Strom wird der Hilfsbatterie entnommen. Der anfangs vorgeschaltete Widerstand im Motorstromkreis wird teilweise kurzgeschlossen, wenn der Generator eine bestimmte Spannung erreicht hat. Der Generator soll unabhängig von der schwankenden Netzspannung möglichst konstante Spannung erzeugen; um dies zu erreichen, ist ein Spannungsregler (Abb. 9) vorhanden. Er besteht im wesentlichen aus

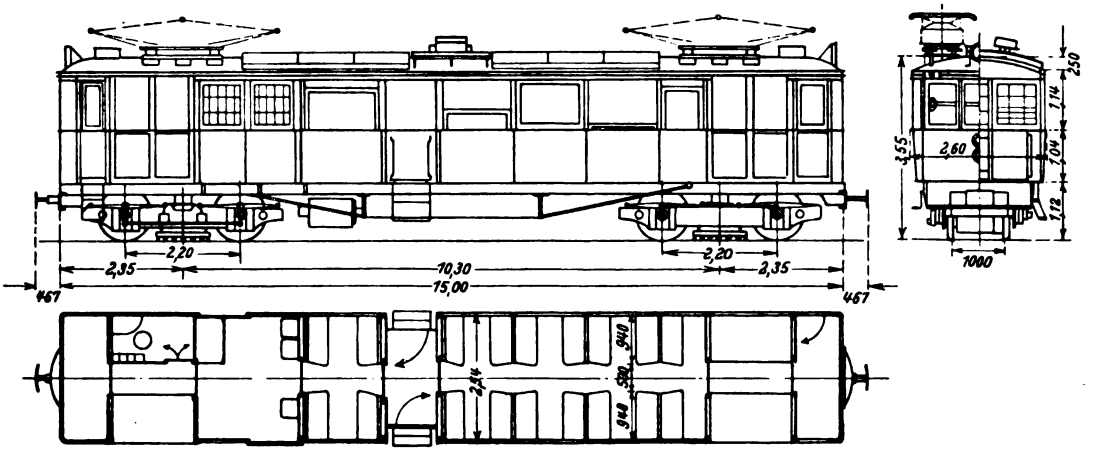


Abb. 8. Triebwagen.

einem kleinen fremderregten Motor mit angebautem Ventilator, einem Haupt- und einem Hilfsrelais. Das Nebenschlußfeld des Generators, der Anker des Ventilatormotors und ein Widerstand, zum Hilfsrelais gehörig, der durch eine Feder kurzgeschlossen und dessen Kurzschluß durch eine von der Generatorspannung beeinflußte Spule wieder geöffnet werden kann, liegen in Reihe an der Generatorspannung. Ein zweiter Stromkreis, der ebenfalls an der Generatorspannung liegt, wird vom Feld

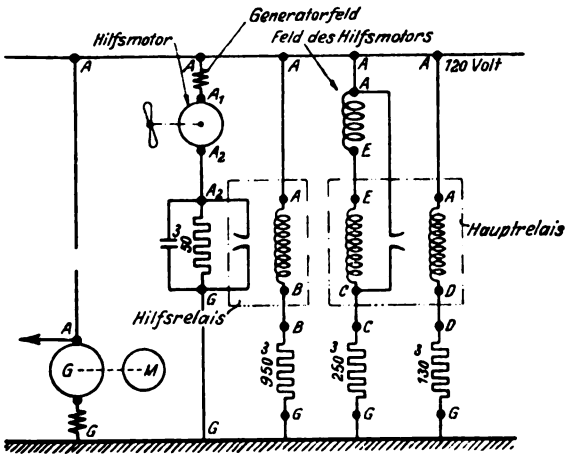


Abb. 9. Vereinfachtes Schaltbild des Spannungsreglers.

des Ventilatormotors, einer Hilfspule und einem Widerstand gebildet. Das Hauptrelais hält normalerweise das Motorfeld und die Hilfspule kurzgeschlossen. Der Kurzschlußschalter kann durch eine Spannungspule geöffnet werden. Ist der Motorgenerator angelassen und übersteigt die Spannung des Generators den zulässigen Wert, so öffnet die Spannungspule am Hauptrelais den Kurzschlußschalter, das Feld des Ventilatormotors erhält Strom; der Ventilatormotor fängt an zu laufen und erzeugt eine Gegen-EMK; dadurch wird das Generatorfeld geschwächt, die Generatorspannung sinkt. Die Federkraft am Hauptrelais überwiegt und schließt das Feld des Ventilatormotors wieder kurz; die Generatorspannung steigt an; das Spiel beginnt von neuem. Die Generatorspannung schwankt zwischen engen Grenzen. Das Hilfsrelais dient zum Anlassen und soll beim Versagen des Ventilatormotors die Spannung auf etwa 15 % über der normalen halten.

Zwei Triebwagen können von einem Führerstand aus gesteuert werden, wobei der Steuerstrom für beide Wagen vom Motorgenerator des ersten Wagens, der übrige Hilfsstrom für Heizung, Beleuchtung und Vakuumpumpe von dem Motorgenerator in dem betreffenden Wagen geliefert wird.

Bei den Versuchsfahrten wurde mit 62 t auf 27 ‰ eine Geschwindigkeit von 25 km/h erreicht mit etwa 62 Wh/tkm; in Vielfachsteuerung mit 120 t bei Bergfahrt und 260 t talwärts, erniedrigte sich der Verbrauch auf 52 Wh/tkm. Die Talfahrt mit einem 64 t-Zug wurde unter Betätigung der Kurzschlußbremse allein oder zusammen mit der Vakuumbremse ausgeführt. Mit der elektrischen Kurzschlußbremse konnte eine Geschwindigkeit von 25 km/h auf der dritten Bremsstufe und von 20 km/h auf der vierten Bremsstufe gehalten werden.

Außerdem ist noch eine Hand- und eine Schienenbremse vorhanden. (M. M. Malandrin u. Moniot, El. et Mecanique, 1928, S. 8.) *Tbr.*

Bergbau und Hütte.

Verfahren zur direkten Stahlerzeugung nach Flodin-Gustafsson. — Die Frage der Erzeugung von kohlenstoffarmem Eisen unmittelbar aus dem Erz, wenn sie auf

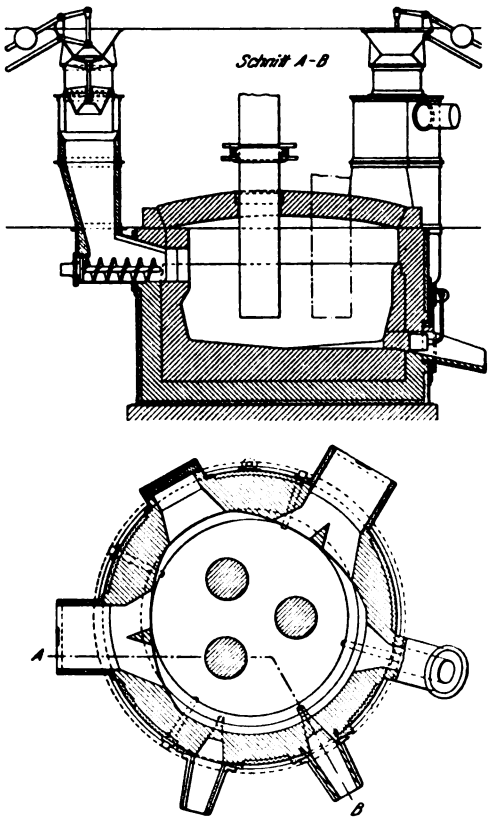


Abb. 10. Elektrischer Verhüttungsofen nach Flodin-Gustafsson.

Digitized by Google

wirtschaftlicher Grundlage gelöst werden kann, wird von großer Bedeutung sein, insbesondere dort, wo kein metallurgischer Koks erzeugt wird, jedoch Eisenerze und Energie (elektrische Energie und Nichtkokskohle) zur Verfügung stehen. Diesem Bedürfnis will das Verfahren Flodin-Gustafsson entsprechen (neben anderen, z. B. Wiberg-Verfahren und Norsk-Staal-Verfahren), worüber R. Durrer in St. u. E. berichtet. Es werden vor allen Dingen eine ausführliche metallurgische Charakterisierung sowie diesbezügliche Betriebsergebnisse aus einem funfwöchentlichen Betriebe gegeben und ferner noch einige Hinweise über den elektrischen Verhüttungsofen selbst (Abb. 10). Es ist ein Drehstrom-Lichtbogenofen, versehen mit zwei Aufgabeschächten, die bis zu einer Zwischenbühne reichen, von der aus die Beschickung erfolgt. Der Ofen ist von einem Blechmantel umgeben, der einen Durchmesser von 4,4 m und eine Höhe von 2,6 m besitzt. Der Betrieb wurde insoweit kontinuierlich geführt, als die Aufgabe der Briketts bis unmittelbar vor dem Abstich fortgesetzt wurde. Die Belastung des Ofens wurde meist zwischen 1500 und 2000 kW gehalten, in einzelnen Fällen jedoch bis zu 2500 kW erhöht. Die nachstehende Zusammenstellung gibt die Phasenspannung und die Stromstärke bei den einzelnen Belastungen wieder:

Bei	1500 kW,	140 V	Phasenspannung	3650 A	Stromstärke
„	2000 „	170 „	„	4000 „	„
„	2500 „	195 „	„	4300 „	„

Der Artikel endet mit der Bemerkung, daß es noch verfrüht sei, ein endgültiges Urteil über das Flodin-Verfahren abzugeben, da hierzu noch weitere Versuchsergebnisse erforderlich sind und ferner, daß in der ganzen Frage vor allen Dingen der Preis der elektrischen Energie eine wesentliche Rolle spielt. (R. Durrer, St. u. E. Bd. 48, S. 798.) *V. E.*

Landwirtschaft.

Elektrische Frühbeetheizung. — Für den Betrieb von Frühbeeten verwendet man die Gärungswärme von Pferdemist. Da aber das letztere Produkt mit dem Verschwinden des Pferdezuges immer seltener wird, bildet die Elektrowärme einen guten Ersatz. Man kann entweder isolierte Heizkabel, die bis zu 500 V unmittelbar an das Starkstromnetz angeschlossen sind, im Erdboden verlegen[1] oder blanken Widerstandsdraht, den man an eine Spannung von 20 ... 40 V anschließt; zur Erzeugung dieser Spannung ist dann ein kleiner Transformator an das Niederspannungsnetz zu legen. Abb. 11 zeigt

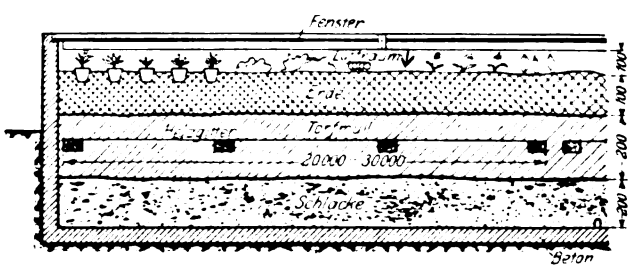


Abb. 11. Schnitt durch elektrisch geheiztes Frühbeet.

den Querschnitt durch ein elektrisch geheiztes Frühbeet. Der Draht ist im Zickzack auf hölzernen Querlatten in Torfmull verlegt. Anstatt Torfmull kann man als Wärmespeicher auch dürre Baumblätter verwenden. Für ein Fenster von 1,5 m² wählt man einen Anschlußwert von 20 bis 30 W, den seitlichen Abstand von Draht zu Draht zu 10 ... 15 cm. Der Stromverbrauch für ein Fenster und einen Tag beträgt in den Monaten Februar, März, April rd. 1.2 bis 1.4 kWh, wobei eine mittlere Außentemperatur von rd. 0 ° nachts und rd. 10 ° tagsüber vorausgesetzt ist. In den Kästen entwickeln sich hierbei Lufttemperaturen bis 15 ° und Erdtemperaturen bis 20 °, also für die meisten Pflanzen sehr günstige und dazu gleichmäßige Wachstums-Temperaturen. Im Gegensatz zu den Mistbeeten nämlich, wo die Temperatur von einem hohen Wert ganz langsam bis auf Null sinkt, ergeben sich in den elektrisch geheizten Beeten Schwankungen von kaum 1 ... 2 °. Die im Bereich des Elektrizitätswerks Schlesien angestellten Versuche mit elektrischer Frühbeetheizung hatten ein recht günstiges Ergebnis. (Nachrichtenbl. El.-W. Schlesien Bd. 5, S. 202.) *Ka.*

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 355.

Fernmeldetechnik.

Beseitigung der Verzerrung von Übertragungsleitungen. — Die Verzerrung von Sprache und Musik in Übertragungsleitungen wird zum Teil durch den Aufbau der Leitung selbst, zum Teil durch die Frequenzabhängigkeit der Sender- und Empfängerimpedanzen verursacht. Die exakte Beseitigung der Verzerrungserscheinungen ist nur möglich, wenn man eine verzerrungsfreie Leitung zur Verfügung hat. In der Regel ist aber der Ohmsche Widerstand im Vergleich zur Ableitung so beträchtlich, daß wirtschaftliche Gründe die künstliche Erfüllung der Entzerrungsbedingung durch vermehrte Ableitung verbieten: die Leitungsdämpfung würde zu groß werden. Infolge der physiologischen Eigenschaften des menschlichen Ohres, welches auf die Phase eines akustischen Signales nicht reagiert, kann man die Forderung der Verzerrungsfreiheit praktisch auf die frequenzunabhängige Übertragung der Amplitude beschränken. Aber auch diese eingeschränkte „Verzerrungsfreiheit" läßt sich nur innerhalb vorgegebener Frequenzbereiche mit einiger Annäherung erfüllen. Man benutzt hierzu Kombinationen von Kapazitäten, Induktivitäten und Widerständen, welche die Leitung am Empfängerende begrenzen. Die konstruktive Aufgabe läßt sich also dahin formulieren, daß man die Daten dieser „Endimpedanz" entsprechend einer vorgeschriebenen Frequenzabhängigkeit wählt. Hierbei ist aber zu beachten, daß rechnerisch gefundene negative Werte der Kapazitäten, Induktivitäten oder Widerstände als physikalisch sinnlos ausscheiden. Gerade diese Eigentümlichkeit macht die Aufgabe auch mathematisch schwierig, und man muß in der Regel ein Kompromiß suchen, das die gestellten Forderungen einigermaßen befriedigt. Dieser in der berichteten Arbeit beschrittene Weg ist, so wichtig er im Einzelfalle sein mag, natürlich keine befriedigende Lösung der Aufgabe; die hierauf zielenden deutschen Untersuchungen[1] scheinen dem Verfasser leider entgangen zu sein. (A. G. Warren, J. Inst. El. Engs. London Bd. 66, S. 633.) *Oldff.*

Die Sprechtechnik und ihre Verwendung im Fernsprechbetrieb. — Die Pflege des gesprochenen Wortes ist in Deutschland bislang stark vernachlässigt worden. Über die Vorgänge bei der Lautbildung, beim Sprechen herrscht in den meisten Volksschichten völliges Dunkel. Auch die, die von Berufs wegen gezwungen sind, oft und viel zu sprechen haben nur selten Gelegenheit gehabt, sich eine gründliche sprechtechnische Ausbildung zu erwerben. Die Folgen der unrichtigen Sprechweise sind: Überanstrengung der Sprechwerkzeuge oder dauernde Schädigung dieser Organe.

Zu den „redenden" Berufen gehört auch der Beruf der Fernsprechbeamtinnen. Auch bei ihnen kann man häufiger schädliche Auswirkungen des gesundheitswidrigen Gebrauchs der Stimmwerkzeuge beobachten. Die DRP hat deshalb auch schon seit dem Jahre 1923 bei einzelnen größeren Fernsprechämtern sprechtechnische Lehrgänge eingerichtet. Geeignete Beamtinnen werden durch Fachlehrer gründlich unterrichtet, so daß sie als Lehrbeamtinnen verwendet werden können. Diese Lehrbeamtinnen haben das Schrankpersonal und die neueintretenden Hilfskräfte so weit zu schulen, daß sie imstande sind, bei geringster Kraftanstrengung längere Zeit geläufig und technisch richtig zu sprechen, ohne daß sich lästige Reizungen oder Schädigungen der Sprechorgane bemerkbar machen. Auch für den Betrieb hat die sprechtechnische Schulung des Personals wesentliche Vorteile ergeben (deutlichere Übertragung der Sprache in langen FK-Leitungen, reibungslose Abwicklung des Verkehrs mit den Teilnehmern, Verminderung des Saalgeräusches). Neuerdings haben deshalb auch größere Privatbetriebe sprechtechnische Lehrgänge für ihr Fernsprechpersonal eingerichtet. (G. Schönherr, Tel.-Praxis Bd. 9, S. 259.) *Hrr.*

Der Fernsprechverkehr zu mehreren. — Über ungenutzte Möglichkeiten des Fernsprechverkehrs, die weitgehende neue Anwendungsgebiete eröffnen, berichtet Heft 14 des Europ. Fernsprechdienstes. Die Benutzung des Fernsprechers ist nicht, wie man gemeinhin als selbstverständlich annimmt, auf Zwiegespräche beschränkt, sondern sie läßt sich unschwer auf eine Mehrzahl von räumlich voneinander getrennten Personen, Personengruppen und ganzen Versammlungen ausdehnen, u. zw. in der Weise, daß jede Person sowohl hörend als auch sprechend

[1] Vgl. z. B. W. Cauer, Arch. El. Bd. 17, S. 355; Ref.: ETZ 1927, S. 695.

Digitized by Google

an Gesprächen, Verhandlungen, Diskussionen usw. teilnehmen kann. Es sind zu unterscheiden:

Hausgespräche zu mehreren, bei denen die teilnehmenden Sprechstellen durch die Hausvermittlungstelle zusammengeschaltet werden,

Ortsgespräche zu mehreren, bei denen die Zusammenschaltung durch das örtliche Fernsprechamt erfolgt, und

Ferngespräche zu mehreren, bei denen die an verschiedenen Orten sich aufhaltenden Teilnehmer durch die Fernämter an die Verbindungs-Fernleitung geschaltet werden.

Für alle diese Verbindungen können die gewöhnlichen Sprechapparate mit oder ohne Lautsprecher verwendet werden. Dazu kommen noch Ferntagungen im eigentlichen Sinne, bei denen zwischen zwei oder mehr Versammlungen, die an verschiedenen Orten tagen, Fernsprechverbindungen hergestellt werden[1]. Die in den Versammlungsräumen aufgestellten Großmikrophone und Lautsprecher ermöglichen, daß die Verhandlungen allen Anwesenden zu Gehör kommen und daß von jedem Versammlungsraum aus an der Aussprache teilgenommen werden kann. Auch einzelne Teilnehmer können von ihren Wohnungen oder Arbeitsräumen aus hörend und redend in die Tagung einbezogen werden. Es werden auch Fälle nicht selten sein, in denen ein einzelner von seiner Sprechstelle aus mit einem größeren oder kleineren Teilnehmerkreis in einem entfernten Ort oder in mehreren Orten in einen Gedankenaustausch tritt.

Die Anwendungsgebiete für den Gedankenaustausch durch Fernsprecher zwischen einer Mehrzahl von Personen sind sehr umfangreich und vielseitiger Entwicklung fähig. In allen Fällen, wo der briefliche oder telegraphische Verkehr nicht genügt, weil er eine Aussprache nicht ersetzen kann, und persönliche Zusammenkünfte auf Schwierigkeiten stoßen, ist das Ferngespräch zu mehreren der gegebene Ausweg. Ferntagungen haben bereits mehrfach stattgefunden[2]. Das bemerkenswerteste Beispiel ist wohl die als Ferntagung abgehaltene Aufsichtsratsitzung der Deutschen Fernkabel-Gesellschaft m. b. H. im Dezember 1928. Die Aufsichtsratsmitglieder hatten sich in Büroräumen in Berlin, Köln und München versammelt. Sie erledigten eine umfangreiche Tagesordnung genau in den gleichen Formen, wie wenn sie wie sonst in einem einzigen Raum versammelt gewesen wären. Ähnliche Anwendungsmöglichkeiten bieten sich z. B. für die großen wirtschaftlichen Unternehmungen, deren Einzelbetriebe und Tochtergesellschaften über ein größeres Gebiet verstreut sind, um einen mündlichen Gedankenaustausch zwischen den maßgebenden Persönlichkeiten herbeizuführen. Auch im Verkehr der Börsen, der Banken, der staatlichen Behörden, der politischen Parteien, im Bereich des Völkerbundes werden sich viele Anwendungsmöglichkeiten für Gespräche zu mehreren oder für Ferntagungen ergeben. Noch viel wichtiger und aussichtsreicher ist der Ferntagungsverkehr für das kulturelle und geistige Leben. Die Zusammenschaltung von an mehreren Orten tagenden Versammlungen von Angehörigen eines Berufes mit der Möglichkeit der gegenseitigen Aussprache wird vielen die Teilnahme an solchen Veranstaltungen ermöglichen, die jetzt der weiten Entfernungen wegen darauf verzichten müssen. Hervorragende Fachleute, Gelehrte und Lehrer werden auf die einfachste Weise, selbst von ihren Wohnungen aus, mit einem größeren oder kleineren Hörer- und Schülerkreis an beliebigen Orten zu Vortrag, Unterricht und Aussprache in Verbindung treten können.

Auch das Fernkonzert auf dem Bankett des Völkerbundes in Genf, bei dem die Künstler an verschiedenen Orten Europas ihre Instrumente betätigten, die Darbietungen aber in Genf mit Lautsprechern als Ensemble zu Gehör kamen, ist ein Beispiel dafür, welche neue Möglichkeiten das Drahtfernsprechnetz bietet. Die Bedingungen für die praktische Durchführbarkeit der neuen Verkehrsart können grundsätzlich als erfüllt angesehen werden. Von der technischen Seite ist die Ausführbarkeit durch die bisherigen Ferntagungsveranstaltungen im In- und Ausland bereits praktisch erwiesen. Die Aufnahmefähigkeit des Fernsprechnetzes wird, abgesehen von Hausgesprächen und Ortsgesprächen z. Z. im allgemeinen erst in den Abendstunden von 19^h ab, die für den Versammlungsverkehr, für den Fachunterricht usw. ohnehin am geeignetsten sind, den Verkehr in der neuen Form gestatten. Wirtschaftliche Großunternehmungen, Börsen, Banken usw. werden, um jederzeit Ferntagungen und Rundgespräche zu ermöglichen, die nötigen Leitungsverbindungen dauernd fest anzumieten haben. Wo Vorratsleitungen vorhanden sind und eine Nachfrage besteht, werden auch ohne feste Vermietung Leitungen für Ferntagungsverbindungen dauernd bereit sein können. Die besonderen Einrichtungen (Großmikrophone, Lautsprecher mit Zubehör) bei den Sprechstellen und in Versammlungsräumen werden von den Teilnehmern usw. zu beschaffen sein. Entsprechende Apparatsätze sind von der elektrotechnischen Industrie, in Deutschland z. B. von der Firma Siemens & Halske AG., entwickelt und jederzeit erhältlich.

In größeren Städten wird es sich lohnen, oft benutzte Versammlungsräume, namentlich auch die Konferenzzimmer der großen Hotels, dauernd mit solchen Einrichtungen zu versehen, damit jederzeit Fernkonferenzen stattfinden können. Zur Kostenfrage ist zu bemerken, daß ein Gebührensatz für Gespräche zu mehreren noch nicht festgesetzt ist, da es sich bisher nur um Versuche gehandelt hat. Für dauernd zur Verfügung stehende Leitungsverbindungen greifen in Deutschland die Bedingungen für Mietsleitungen Platz. Für Einzelfälle würden die Gebührensätze für Festzeitgespräche einen Anhalt geben, die allerdings vorläufig nur im Verkehr mit dem Auslande zugelassen sind. Hierbei können beispielsweise folgende Sätze in Betracht: Für Festzeitgespräch von einstündiger Dauer zwischen Köln und Amsterdam 26 RM; für ein gleiches Gespräch zwischen Berlin und Hamburg 18 RM, für ein Gespräch zu mehreren, etwa zwischen Berlin, Leipzig und Hamburg gleichzeitig 33 RM. (Europ. Fernspr. 1929, S. 219.) *Bkm.*

[1] Vgl. z. B. Kasparek und Feldtkeller, ETZ 1929, S. 997.
[2] Wie Fußnote 1; ferner Europ. Fernspr. 1929, S. 3 und 74.

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Über Elektrizitätsleitung bei Feldstärken bis zu Entladungspannungen und Ionenkonstanten in dielektrischen Flüssigkeiten. — Die Stromspannungscharakteristik, die in extrem gereinigtem Mineralöl (Transformatorenöl) einschließlich der Entladung aufgenommen worden ist, zeigt ein ausgesprochenes Sättigungstromgebiet. Die ganze Charakteristik kann man in drei Teile zerlegen: 1. Gebiet des Ohmschen Gesetzes. Bei niedrigen Feldstärken steigt der Strom mit der Spannung proportional. 2. Gebiet des Sättigungstromes. In diesem Bereich bleibt der Strom konstant mit steigender Feldstärke. 3. Gebiet der hohen Feldstärken, die bis zur Entladung reichen. In diesem Gebiet fängt der Strom mit der Feldstärke wieder an zu steigen, u. zw. mit großer Geschwindigkeit. In Gasen erklärt man den starken Anstieg der Leitfähigkeit mit der Feldstärke über dem Sättigungstromgebiet durch Stoßionisation, die bei genügend großen Feldstärken die Entladung einleitet. Diese Anschauung läßt sich ohne weiteres auf die dielektrischen Flüssigkeiten nicht übertragen. Anderseits erscheint es verfrüht, eine Theorie über den Stromleitungsmechanismus oberhalb des Sättigungsgebiets bis zur Entladung und über das Entladungsphänomen auf Grund des bereits vorhandenen experimentellen Materials zu bilden. Das Beobachtungsmaterial sollte erweitert und die Gesetzmäßigkeiten der Stromleitung studiert werden. Deshalb wurden die charakteristischen Größen der Stromleitung zuerst im Gebiet 1 und 2 (Ionenbildungsgeschwindigkeit, Rekombinationskoeffizient und Beweglichkeit der Ionen, Verlauf der Charakteristik usw.), dann im Gebiet 3 (analytischer Ausdruck der Beziehung zwischen Strom und Spannung, die Koeffizienten des eben erwähnten Ausdruckes usw.) unter verschiedenen Bedingungen (Temperatur, Druck, Viskosität, Elektrodenentfernung und -anordnung usw.) studiert und unter denselben Bedingungen die Entladungen beobachtet, um eine Vorstellung über den Zusammenhang der Erscheinungen zu bekommen. Die Stromleitungsverhältnisse in den Gebiete 1 und 2 beeinflussen die Elektrizität im 3. Gebiet und dies letzte scheint nicht ohne Einfluß auf das Entladungsphänomen zu sein; auch in einer früheren Arbeit wurde beobachtet, daß der Strom kurz vor der Entladung auch ohne Spannungsteigerung steigt, worauf die Entladung erfolgt. Allerdings soll an dieser Stelle noch erwähnt werden, daß die Höhe der Leitfähigkeit auf die Entladungspannung unter gewissen Umständen einflußlos sein kann. Darüber wird noch berichtet.

Die Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes (Gebiet 1) und das Auftreten des Sättigungstromes (Gebiet 2) lassen sich ionentheoretisch gut deuten, analog wie in Gasen. Bis zu Feldstärken einschließlich des Sättigungstromgebietes spielen die primären Ionen, die durch spontane Ionisation und radioaktive Strahlen erzeugt werden, eine Rolle. Als Ioni-

Digitized by Google

sationsquellen sind sowohl die Elektroden als auch der Elektrodenzwischenraum (dielektrische Flüssigkeit) anzusehen. Erst bei Feldstärken über dem Sättigungstromgebiet werden neue sekundäre Ionen ins Leben gerufen, die den starken Anstieg des Stromes mit der Spannung bei diesen hohen Feldstärken verursachen. Kurz vor der Entladung können sich die Ionen auch ohne Spannungsteigerung vermehren, worauf die Entladung erfolgt.

Diesen charakteristischen Verlauf der Stromspannungskurve bekommt man nur in sehr gut gereinigten Ölen. Die ungereinigten oder nicht genügend gereinigten Flüssigkeiten weisen keinen Sättigungstrom auf. Die Ursache liegt darin, daß die nicht extrem gereinigten Flüssigkeiten viele elektrolytische Beimengungen enthalten, die die Ionenbildungsgeschwindigkeit außerordentlich vergrößern. Für die Erhaltung der Sättigung würden wir sehr große Feldstärken brauchen, bei denen die neue (sekundäre) Ionen schaffende Wirkung in Funktion tritt; die Gebiete 2 und 3 überlagern einander, und die Sättigung ist nicht realisierbar.

Die Beziehung zwischen Ionenstrom und Spannung im 3. Gebiet läßt sich durch den Ansatz

$$I = I_0 e^{cU} = f(\delta)\, e^{cU}$$

darstellen. Beide Faktoren I_0 und c sind vom Druck unter 760 mm Hg unabhängig. Die Leitfähigkeit erwies sich vom Druck unter 760 mm Hg unabhängig, dagegen war die Entladungspannung vom Druck abhängig.

Die Messungen bei verschiedenen Elektrodenentfernungen und die Messungen der Potentialverteilung zwischen den Elektroden deuten darauf hin, daß in unmittelbarer Nähe der Elektroden sich gewisse Vorgänge abspielen, die für die Erkenntnis des Stromleitungs- und Entladungsphänomens von Bedeutung sein dürften. Bei Plattenelektroden wächst der Strom bei konstanter Feldstärke nicht proportional mit der Entfernung der Elektroden. Diese Messungen zeigen, daß die Ionenbildung zwischen den Elektroden räumlich nicht konstant ist. Es scheint, daß den Elektroden eine gewisse Stromkomponente zugeschrieben werden darf, die mit der Elektrodenentfernung etwa konstant bleibt (Flächenionisation), ausgenommen ganz kleine Abstände. Die andere Stromkomponente wächst mit dem Elektrodenabstand (Volumenionisation). Der Verlauf der Kurve $R = f(\delta)$ (R Widerstand, δ Elektrodenabstand) zwischen $\delta = 2$ und 10 mm mit I und U als Parameter ergibt, daß ein bestimmter Widerstand an den Elektroden sitzt, der zwischen diesen Elektrodenabständen $\delta = 2$ und 10 mm unveränderlich erscheint. Die Messungen haben ergeben, daß die Potentialgradienten an den Elektroden erhöht sind (an der Kathode stärker als an der Anode).

Bei der Elektrodenanordnung „abgerundete Spitze gegen Platte" sind die Polaritätseffekte auch beim Vakuum, das über der Öloberfläche erzeugt wurde, beobachtet worden, u. zw. sowohl bei Stromspannungskurven als auch bei Entladungspannungen. Auch bei Plattenelektroden erwies sich die Leitfähigkeit vom Druck unabhängig. Das besagt, daß die spezifische Leitfähigkeit und der Sättigungsstrom bei Drucken zwischen 760 und 3 mm Hg konstant sind. Damit ist die Konstanz der Ionenbildungsgeschwindigkeit, des Rekombinationskoeffizienten und der Beweglichkeit der Ionen bedingt.

Es wurde gezeigt, daß auch in Flüssigkeiten analog wie in Gasen sich die Glimmspannung messen läßt. (A. Nikuradse, Arch. El. Bd. 22, H. 3, S. 283.)

Löschung des Wechselstrom-Lichtbogens. — Damit nach Unterbrechung des Wechselstrom-Lichtbogens im Nullpunkt der Stromkurve zwischen den Kontakten eines Schalters nicht sofort wieder Neuzündung einsetzt, muß das den Lichtbogen führende Mittel in kürzester Zeit aus dem Zustand guter Leitfähigkeit in den eines nicht ionisierten, isolierenden Gases übergeführt werden. Diese Umwandlung kann jedoch nicht in unendlich kurzer Zeit vorsichgehen, vielmehr müssen erst die freien Ionen, die als Ursache der Leitfähigkeit während des Lichtbogens anzusehen sind, ihre Ladungen durch Wiedervereinigung miteinander oder Entladung in die Elektroden abgeben. Da die ionenerzeugenden Ursachen nach Unterbrechung des Stromes unwirksam werden und die Ionenzahl sich durch Wiedervereinigung rasch vermindert, findet die zwischen den Kontakten ansteigende Spannung eine Gassäule verringerter Ionendichte vor. Die Verteilung dieser und der Feldstärke im ionisierten Gas ist nicht gleichförmig, weil beim Anlegen eines elektrischen Feldes an die Elektroden feldverzerrende Raumladungen auftreten. Nimmt man als maximale Durchbruchfeldstärke des ionisierten Gases die Festigkeit der Luft im Normalzustand 30 kV/cm an, so ergibt sich angenähert als vom Elektrodenabstand unabhängige Durchbruchspannung

$$V = 1{,}9 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{273}{T + 273}\right)^5 t,$$

woraus ungeachtet der Unsicherheit in der zahlenmäßigen Annahme der Konstanten zu schließen ist, daß die Wiederherstellung der dielektrischen Festigkeit äußerst rasch erfolgt. Bereits nach 10 µs kann der Lichtbogenraum in einem kalten Gas mehrere tausend Volt aushalten, und die Löschung eines Wechselstrom-Lichtbogens niederer Spannung erfolgt, wenn die Zunahme der aufgedrückten Spannung unter $10^8 \ldots 10^9$ V/s liegt.

Slepian und Golladay untersuchten die Unterbrechungsleistung eines Vielfachfunkenstrecken-Ableiters mit Bronzezylindern in rd. 1,6 mm Abstand, wobei einige Funkenstrecken durch Widerstände überbrückt waren. Der Lichtbogen wurde durch einen dünnen Schmelzdraht eingeleitet und blieb von einem gewissen kritischen Wert des parallel geschalteten Widerstandes stehen. Dieser erwies sich bei den angewandten Versuchspannungen zwischen 300 und 600 V fast unabhängig von der Spannung, dagegen im umgekehrten Verhältnis abhängig vom Lichtbogenstrom und der Frequenz. Lag die Zunahme der Spannung unter einem kritischen Wert von $25 \cdot 10^6$ V/s, so fand Löschung statt.

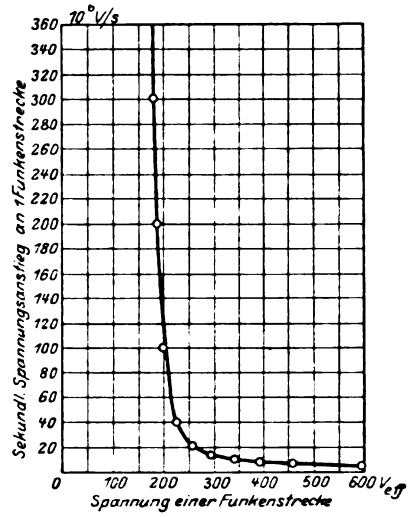


Abb. 12. Wiederherstellung der dielektrischen Festigkeit bei kurzen Lichtbogen in Luft.

Die berechnete und beobachtete große Geschwindigkeit bei Wiederherstellung der dielektrischen Festigkeit möchte übrigens mit der sonstigen Erfahrung in Widerspruch stehen, insofern als bekanntlich Gase aus Schalterlichtbogen häufig Überschläge an spannungführenden Teilen selbst hundertstel oder zehntel Sekunden nach Trennung vom Lichtbogen hervorrufen. Nach neueren Untersuchungen von McGee und Dennault scheint die Verminderung der dielektrischen Festigkeit in solchen z. B. Kupferdämpfe enthaltenden Gasen auf deren chemische Aktivität als Folge ihrer besonderen Zusammensetzung zurückzuführen sein, wobei die Tatsache ihrer Erzeugung durch den Lichtbogen belanglos ist. Bei Lichtbogen mit geringer Entwicklung solcher Dämpfe oder brennbarer Gase sind nach Verlöschen des Lichtbogens praktisch keinerlei weiter dauernde Flammen zu beobachten.

Da die in der Praxis zu unterbrechenden Stromkreise im allgemeinen eine raschere Wiederherstellung der dielektrischen Festigkeit zum Erlöschen des Lichtbogens erfordern, als nach der Theorie und dem versuchsmäßigen Wert von $25 \cdot 10^6$ V/s, erscheint der Luftschalter unzweckmäßig. Man kann zwar den Anstieg der an den Schalterkontakten während des Unterbrechungsvorganges auftretenden Spannung durch Widerstände im Nebenschluß vermindern, wobei theoretisch bei 60 Hz und 2300 V diese Widerstände nach Unterbrechen des Lichtbogens nur 5 % des unterbrochenen Stromes führen müssen, jedoch werden diese für große Schaltleistungen recht groß und teuer. Für höhere Spannungen wächst außerdem das Stromverhältnis

Digitized by Google

proportional, so daß die Verhältnisse noch ungünstiger werden. Wird dagegen der Lichtbogen beim Unterbrechen durch kleine Löcher in Metallplatten hindurchgezwungen, so können die entstehenden Ionen in das Metall entladen, wodurch die Entionisierung sehr beschleunigt wird. Außerdem nehmen Raumladungen an jeder Platte einen Teil der aufgedrückten Spannung auf, so daß bei mehreren in Reihe geschalteten durchlöcherten Platten die Geschwindigkeit in der Wiederherstellung der dielektrischen Festigkeit proportional vervielfacht wird. In einem der von J. H. Neher ausgeführten Versuche wurden z. B. neun aus Bronzegaze gefertigte Platten zwischen zwei Kupferkontakten mit einem Isolationsabstand von 1,6 mm aufgereiht und ein Lichtbogen von mehreren hundert Ampere bei 2200 V, 60 Hz durch die Konstruktion mittels kräftigen Luftstromes hindurchgeblasen. Die Geschwindigkeit der Wiederherstellung der dielektrischen Festigkeit ergab sich dabei zu $80 \cdot 10^6$ V/s oder mehr als dreimal so hoch wie beim freien Lichtbogen. Bei Verwendung geeigneter Parallelwiderstände zu den Platten konnten Ströme bis zu 1600 A bei 6600 V unterbrochen werden. Durch diese und andere Versuche wurde gefunden, daß die Geschwindigkeit der Wiederherstellung der dielektrischen Festigkeit mit Verringerung des Durchmessers der Löcher in den Platten wuchs und schließlich mehr als $350 \cdot 10^6$ V/s erreicht wurde. Dies entspricht $35 \cdot 10^6$ V/s für die einzelne Platte und scheint dem vorerwähnten Wert $25 \cdot 10^6$ V/s für die volle Kathode zu widersprechen. Bei den Versuchen betrug jedoch die Spannung je Platte weniger als 220 Veff., lag also unter der Minimumspannung des Durchbruchs der Luft bei kurzen Elektrodenabständen[1]. Dieser und weitere Versuche bei 300 ... 600 Veff. lassen den Schluß zu, daß für Spannungen unter 215 Veff. die Geschwindigkeit der Wiederherstellung der dielektrischen Festigkeit anderer Größenordnung ist als darüber. Überdies lassen Betrachtungen des verschiedenartigen Verhaltens der als Glimmentladungen einsetzenden Rückzündungen gegenüber der Lichtbogenentladung es als sicher erscheinen, daß die ersten Hunderte Volt der dielektrischen Festigkeit im Vergleich zu den weiteren Zunahmen derselben beinahe augenblicklich wiederhergestellt werden. Abb. 12 läßt die an Hand von Versuchsunterlagen berechnete Gesetzmäßigkeit erkennen.

Für die Berechnung der Feldstärke der Raumladungen nahe der Kathode kann die Poissonsche Gleichung für eine Erstreckung nicht mehr wie vordem angewandt werden bei langen oder in engen Löchern und Schlitzen von Isolationsstoffen geführten Lichtbogen, weil dann die maximale Feldstärke nicht ausschließlich eine Funktion der Gesamtspannung ist und die Raumladung nicht auf eine Ebene parallel zur Kathodenoberfläche beschränkt bleibt, sondern sich auch über die Schlitzwände erstreckt. In erster Annäherung kann die Spannung längs der Raumladeschicht in derselben Größenordnung angenommen werden wie die angelegte Feldstärke mal Schlitzdicke oder Durchmesser des Loches. Eine Löschung des Lichtbogens ist hiernach zu erwarten, wenn während des Schaltüberganges die auftretende Feldstärke einen aus 200 ... 300 V dividiert durch den Lochdurchmesser sich ergebenden Wert in der Größenordnung nicht überschreitet, was auch durch Versuche von R. C. Mason mit Schlitzen und Löchern in Speckstein bestätigt wurde. Jedenfalls können in engen Kanälen Lichtbogen bei sehr viel höherer Spannung als in freier Luft unterbrochen werden.

Die Wirksamkeit des Ölschalters bei großen Leistungen ist wahrscheinlich den vorbetrachteten Tatsachen zuzuschreiben, wobei als wichtig hinzukommt, daß die Unterbrechung in einer sauerstofffreien Atmosphäre stattfindet und deshalb, trotzdem bei der Ölzersetzung Kohlenwasserstoffgase auftreten, dem unterbrochenen Lichtbogen keine dauernde Entflammung folgt. Man kann sich weiter vorstellen, daß der Lichtbogen gleichsam durch ein „Kohlenwasserstoffloch" geringen Durchmessers im Öl spielt. Hierzu kommt noch die im Augenblick der Unterbrechung zweifellos vorhandene elektrische Leitfähigkeit der Zersetzungstoffe in unmittelbarer Nähe des Lichtbogenweges, wodurch der Spannungsanstieg beim Löschvorgang wesentlich beeinflußt wird. Öltropfen oder karbonisierte Ölrückstände im Lichtbogen bilden ferner Zentren für die Ionenentladung, ähnlich wie die Drähte der bei den vorbeschriebenen Versuchen gebrauchten Gazegewebe, wozu noch Raumladungen in Nähe dieser Teilchen die Feldstärke an der Kathode verringern, so daß durch Zusammenwirken aller dieser Umstände im Sinne der entwickelten Theorie die Abschaltbedingungen des Ölschalters verbessert werden. (J. Slepian, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 706.) *O. N.*

[1] Vgl. a. Schumann, Elektrische Durchbruchfeldstärke von Gasen. Verlag Julius Springer, Berlin 1923.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Vorläufiges Programm der Vollsitzung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission in Skandinavien 1930.

27. VI. Ankunft in Kopenhagen. Empfang daselbst, Ausflüge in die Umgebung. Abendessen.
28. VI. Abfahrt nach Schweden. Besuch der schwedischen Kraftwerke Lilla Edet und Trollhättan. Abendessen in Trollhättan. Abfahrt mit Nachtzug nach Stockholm.
29. VI. Morgens Ankunft in Stockholm. Nachmittags Referate.
30. VI. Morgens und nachmittags technische Sitzungen.
1. VII. Morgens und nachmittags technische Sitzungen.
2. VII. Morgens und nachmittags technische Sitzungen.
3. VII. Besuch der ASEA-Kraftwerke in Västerås. Abends Rückkehr nach Stockholm.
4. VII. Morgens und nachmittags technische Sitzungen. Gemeinsames Abendessen.
5. VII. Morgens technische Sitzungen. Abends Abfahrt nach Norwegen.
6. VII. Ankunft in Oslo.
7. VII. Ausflüge nach staatlichen und privaten Kraftwerken. Dann Abendessen.
8. VII. Besuch von staatlichen und privaten Kraftwerken. Abendessen.
9. VII. Morgens Geschäftsitzung. Nachmittags Vollsitzung.

Energiewirtschaft.

Die Elektrizitätsversorgung Portugals i. J. 1928. — Aus der Statistik der Generalverwaltung des portugiesischen Wasseramts für 1928 geht hervor, daß am Ende dieser Berichtszeit 354 Elektrizitätswerke mit einer installierten Gesamtleistung von 135 722 kW in Betrieb waren. Diese verteilten sich ihrer Leistung nach folgendermaßen:

Leistung	Wasserkraftwerke		Wärmekraftwerke	
	Zahl	Gesamtleistung kW	Zahl	Gesamtleistung kW
bis 100 kW	42	1 800	176	8 098
von 101 bis 500 kW	17	4 198	86	18 802
„ 501 „ 1000 „	5	3 596	12	8 352
„ 1001 „ 5000 „	3	4 920	8	19 580
über 5000 kW	2	19 120	3	47 256
Summe	69	33 634	285	102 088

Von den Wasserkraftwerken waren 42 (28 110 kW) öffentliche Zentralen und 27 (5524 kW) Eigenanlagen, von den Wärmekraftwerken bzw. 116 (67 189 kW) und 169 (34 899 kW). Erzeugt haben 1928 in Mill kWh:

Art der Werke	Öffentliche	Eigenanlagen	Zusammen
Wärmekraftwerke	103,616	45,208	148,824
Wasserkraftwerke	57,779	10,262	68,041
Summe	161,395	55,470	216,865

An der Spitze der Produktion stand der Distrikt Lissabon mit zusammen 86,801 Mill kWh (meist aus Wärmekraft); ihm folgen Viana do Castelo mit 33,153 (meist aus Wasserkraft) und Pôrto mit 30,744 Mill kWh (meist aus Wärmekraft). Gegen das Vorjahr ist die Gesamterzeugung um 29,870 Mill kWh oder 16 % gestiegen, u. zw. bei den öffentlichen Werken um 19, bei den Eigenanlagen um 7 %. Die Benutzungsdauer betrug für die Wasserkraftwerke 2022, für die Wärmezentralen 1459 h. Der Verbrauch erreichte im Berichtsjahr 187,140 Mill kWh, war mithin um 28,3 Mill kWh bzw. 18 % größer als 1927 (158,840 Mill kWh). 55,470 Mill kWh entfielen davon auf die Abnehmer von Eigenanlagen und 131,670 auf die der öffentlichen Werke. Bei letzteren stellte sich der Konsum für die verschiedenen Verwendungen der elektrischen Arbeit in Prozenten des Gesamtverbrauchs wie folgt:

	1928 %	1927 %		1928 %	1927 %
Beleuchtung	30,29	32,79	Antriebskraft	33,97	33,57
Bahnbetrieb	28,68	28,34	Elektrochemie	7,06	5,30

Im Bereich der öffentlichen Werke entfielen auf den Abnehmer 32,30 kWh (29,16 i. V), auf den Kopf der Be-

Digitized by Google

völkerung 23,23 kWh (18,86 i. V.) und im Bereich der Eigenanlagen auf den einzelnen Verbraucher 45,91 (43,31 i. V.), auf den Kopf der Bevölkerung 33,02 kWh (28,02 i. V.). Die Gesamtlänge der Anfang 1930 bestehenden Freileitungen von 2 bis 75 kV wird in der Statistik zu 1401,6 km, die der Kabel (3 bis 10 kV) zu 312 km angegeben.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Das Innwerk Bayerische Aluminium-AG., München, hat 1929 rd. 501,286 Mill kWh erzeugt, d. s. 18,398 Mill kWh oder 3,5 % weniger als im Vorjahre (519,684 Mill kWh).

Da die oberfränkische Industrie 1929 schwer danieder lag, ist die nutzbare Stromabgabe der Bayerischen Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG., Bayreuth, nur um 11 %, u. zw. von 48,580 auf 53,996 Mill kWh gestiegen und das finanzielle Ergebnis trotz dieser Zunahme zurückgegangen, weil sich die erstellten Anlagen sowie der neue Grundgebührentarif infolge der ungünstigen Wirtschaftslage nicht wie erwartet auswirken konnten und übermäßige Steuerbelastung den Ertrag schmälerte. Der Gesamtanschlußwert stellte sich am Ende des Berichtsjahres auf 85 424 kW, das sind 7 % mehr als 1928 (79 736 kW). Der Geschäftsgewinn betrug 2 920 481 RM (3 007 512 i. V.) und der Reingewinn 682 979 RM (1 203 531 i. V.). Die Dividende ist infolge der genannten Umstände von 7 % auf 4 % von 15 Mill RM Aktienkapital gefallen.

Der Stromverbrauch im Versorgungsbereich der Sächsischen Elektrizitätswerk- und Straßenbahn-AG., Plauen i. V., hat sich 1929 von 1,904 auf 2,026 Mill kWh erhöht, d. h. je Wagenkm von 1,069 auf 1,119 kWh.

Das Kommunale Elektrizitätswerk Mark AG., Hagen, hat Ende 1929 unmittelbar 42 153 Abnehmern (39 503 i. V.) mit 104 087 kW Anschlußwert (99 923 i. V.) Strom geliefert und nebst den Umformerwerken seiner Aktionär-Großverbraucher insgesamt 71 501 Abnehmer (66 320 i. V.) mit 135 989 kW Anschlußwert (130 779 i. V.) versorgt. Einschließlich der Teile benachbarter Elektrizitätswerke erhöht sich diese Zahl auf 75 703 Konsumenten mit 142 014 kW Anschlußwert (70 425 mit 138 457 kW i. V.). Die verfügbare Leistung an Dampfturbogeneratoren betrug Anfang 1930 wie i. V. 131 500 kW, die der Wasserkraftanlagen 3485 kW und die Leistung der Umspannwerke (50/10 kV) unverändert 125 000 kVA. Erzeugt und bezogen (20,435 Mill kWh) wurden im Berichtsjahr 257,959 Mill kWh (235,952 i. V.) und verkauft 229,977 Mill kWh (211,955 i. V.); der Umsatz ist also um rd. 22 Mill kWh oder 9,3 % gewachsen. Der Eigenverbrauch erforderte 7,349 Mill kWh (6,473 i. V.), und als Verluste waren 20,633 Mill kWh (17,525 i. V.) zu rechnen. Die halbstündliche Höchstleistung stellte sich einschl. der Fremdleistung auf 66 950 kW (64 200 i. V.). Das Leitungsnetz mit den Fernsprechkabeln erfuhr eine Verlängerung auf rd. 2207 km (2176 i. V.). Die Einnahmen aus Stromlieferung, Gebühren, Mieten und Verschiedenem betrugen 16 574 253 RM (15 403 730 i. V.), der Bruttoüberschuß 6 159 698 RM (5 945 332 i. V.), der Reingewinn 1 070 992 RM (1 057 676 i. V.) und die Dividende wieder 9 % bei 12 Mill RM Aktienkapital.

Am Schluß des Geschäftsjahres 1929 zählte die Elektricitätswerk Unterelbe AG., Altona, einen Gesamtanschlußwert von 95 959 kW, d. s. 8,3 % mehr als im Vorjahr (88 611 kW). Erzeugt wurden, u. zw. hauptsächlich in den Kraftwerken Schulau und Neumühlen, 88,954 Mill kWh (76 689 i. V.) und einschl. des Bezugs von den Hamburgischen Electricitäts-Werken usw. 93,258 Mill kWh (85,116 i. V.). Die Höchststromabgabe betrug 23 670 kW (23 952 i. V.) und die größte Tageslieferung 356 455 kWh (344 380 i. V.). Insgesamt ist die nutzbare Stromabgabe von 72,514 auf 76,470 Mill kWh, d. h um 5,5 % gestiegen. Der Dampfbetrieb im Nebenwerk Funkstraße wurde größtenteils, das Dampfkraftwerk in Altona-Großflottbek ganz still gelegt, und der Hauptbetrieb von Neumühlen auf das Kraftwerk Schulau umgestellt. Aus dem mit der Vereinigte Großkraftwerke Schleswig-Holstein G. m. b. H., Rendsburg, geschlossenen gegenseitigen Unterstützungsvertrag haben beide Teile bereits Vorteile ziehen können. Die Einnahmen aus Stromlieferung, Mieten und Verschiedenem stellten sich auf 10 580 384 RM (10 044 032 i. V.); dazu kamen als Erträgnisse der Altonaer Gas- und Wasserwerke 1 800 000 RM (2 152 999 i. V.). Bei 2 705 630 RM Reingewinn (2 707 391 i. V.) verteilte die Gesellschaft wieder 10 % Dividende auf 22,5 Mill RM Aktienkapital.

Die Sächsische Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft AG., Siegmar, hatte Ende 1929 197 785 kW Anschlußwert, also 13 % mehr als im Vorjahr (174 970 kW). Der Strombezug von der AG. Sächsische Werke ist von rd. 103 auf rd. 131 Mill kWh gewachsen. An die Großabnehmer wurden 107,8 Mill kWh (100,7 i. V.), an die übrigen Verbraucher 21,9 Mill kWh (19,4 i. V.) geliefert. Der erzielte Geschäftsgewinn betrug 8 078 018 RM (7 961 614 i. V.), der Reingewinn 2 911 699 RM (2 456 359 i. V.) und die Dividende wieder 8 % auf 32 Mill RM Aktienkapital.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 583.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am 29. April 1930, abends 7½ Uhr, in der Technischen Hochschule, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Vortrag des Herrn Professor Dr.-Ing. W. Philippi über das Thema: „Anforderungen und Fortschritte im Bau elektrischer Fördermaschinen" (mit Lichtbildern und einem kurzen Film).

Inhaltsangabe:

Steigerung der Anforderungen an die Sicherheitseinrichtungen. Bestimmungen des Grubensicherheitsamtes. Fahr- und Sicherheitsbremse. Neuzeitliche schnell und stoßfrei wirkende Sicherheitsbremse. Fahrtregler von Drehstromfördermaschinen. Aufbaumöglichkeiten und Beispiel eines Fahrtreglers einer Drehstromfördermaschine. Sonstige Sicherheitseinrichtungen. Erhöhung der Schachtleistung. Steigerung der Geschwindigkeit und der Nutzlast. Grenze für die Nutzlast bei Gestellförderung und bei Gefäßförderung. Sonstige Mittel zur Steigerung der Schachtleistung. Einzelheiten ausgeführter Anlagen. Neuzeitliche Turmfördermaschine. Gefäßförderanlage eines Kaliwerkes. Große Trommelfördermaschine in Südafrika. Neuzeitliche Drehstromfördermaschine.

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste bitten wir vor der Sitzung bei der Geschäftstelle abzufordern.

Ohne Karten kein Zutritt.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg, Bismarckstraße 1.

Elektrotechnischer Verein.
Der Vorsitzende.
Dr. Feyerabend.

Zugehörigkeit des Elektrotechnischen Vereins zur Deutsch-Amerikanischen Handelskammer (Board of Trade for German-American Commerce, Inc.).

Der Elektrotechnische Verein ist seit einiger Zeit Mitglied der Deutsch-Amerikanischen Handelskammer (Board of Trade for German-American Commerce, Inc.). Diese betrachtet es als ihre vornehme Aufgabe, die Handelsbeziehungen zwischen Deutschland und den Vereinigten Staaten zu fördern, Verbindungen herzustellen sowie deutschen Geschäftsreisenden und Studiengruppen die Wege in Amerika zu ebnen.

Der Elektrotechnische Verein ist gern bereit, seinen Mitgliedern, die in geschäftlichen oder privaten Angelegenheiten nach den Vereinigten Staaten von Amerika reisen wollen, den Rat und die Hilfe der Deutsch-Amerikanischen Handelskammer zu vermitteln.

Digitized by Google

Letztere gibt eine Zeitschrift „German-American Commerce Bulletin“ heraus. Diese liegt — gleichwie die übrigen ausländischen Zeitschriften unserer Bibliothek — im Lesesaal des Vereins deutscher Ingenieure (Berlin NW 7, Friedrich-Ebert-Str. 27) zum Studium aus. Bei dieser Gelegenheit möchten wir auf die reichhaltige Zeitschriftensammlung des Elektrotechnischen Vereins zu eifriger Benutzung erneut hinweisen.

Die Satzungen und die Mitgliederliste der Deutsch-Amerikanischen Handelskammer können in der Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereins während der Bürostunden (von 8 bis 5 Uhr, Sonnabends von 8 bis 1 Uhr) eingesehen werden.

Nachtrag

zum Sitzungsbericht vom 24. Mai 1929[1].

Besprechung des Vortrags

des Herrn Prof. Dr.-Ing. E. h. **R. Rüdenberg:**

„Die Beurteilung elektrischer Maschinen durch Toleranzen auf Grund statistischer Methoden“[2].

Vorsitz: Herr Präsident Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner.

Vorsitzender: Ich hätte gern eine Auskunft darüber erhalten, wie es sich praktisch auswirkt, wenn man das Intervall nicht in lauter anschließende Teilintervalle einteilt. Gewöhnlich wird das zu betrachtende Gebiet, z. B. das Gebiet von 90 ... 95 %, in Teilstücke von 1 oder ½ % eingeteilt. Man kann die Einteilung aber auch so vornehmen, daß man zuerst das Teilintervall von 90 ... 92 % nimmt, dann das von 91 ... 93 % usw., wobei sich also die Teilintervalle überlappen. Dadurch erreicht man vermutlich eine größere Gleichmäßigkeit. Ich möchte fragen, ob hierüber Erfahrungen vorliegen.

(Herr **Rüdenberg**: Nein, mir ist nicht bekannt, daß das gemacht wird!)

Ich habe es einmal bei einer ähnlichen Untersuchung versucht, und dabei hatte sich in der Tat ergeben, daß die Kurven viel glatter werden. Inwiefern das Verfahren aber berechtigt ist, habe ich mir damals nicht weiter überlegt.

Herr **Pirani:** Die Ähnlichkeit der Auftragungen mit einer Gaußschen Fehlerkurve hängt im hohen Maße von dem Intervall ab, das man für die Abszisseneinteilung wählt. Bei Maschinen von einem mittleren Nutzeffekt von 90 % könnte man beispielsweise Intervalle von ganzen Prozenten oder zehntel Prozenten des Nutzeffektes wählen und würde dann sehr verschiedene Kurven erhalten, bei Wahl von zehntel Prozenten wahrscheinlich sehr zackige Kurven. Gibt es eine allgemeine Regel darüber, wie man bei gegebener Stückzahl die Klasseneinteilung wählen muß, um darüber Sicherheit zu erlangen, ob es sich bei dem vorliegenden Kollektiv um eine Gaußsche Verteilung handelt oder nicht?

Vortragender: Die Fragen der Herren Vorredner haben bei der Auswertung praktisch keine Rolle gespielt, weil ich die Toleranzen immer nach der Wurzelformel der Gl. (2) gerechnet habe und die Kurven nur gelegentlich zur Veranschaulichung aufgetragen habe. Beim Vortrag ist es aber viel angenehmer, wenn man eine Kurve vor sich sieht, als die zahlreichen Zahlenwerte zu erhalten. Die Toleranz ist jedenfalls ganz unabhängig von der Größe der Intervalle. Ich habe diese daher nach Gutdünken gewählt, jedoch derart, daß die Kurven nicht allzu zackig werden. An sich ist die Bemerkung durchaus richtig, daß man eine sehr zackige Kurve bekommt, wenn man die Intervalle sehr fein wählt. Für die praktische Berechnung der Toleranz, die immer aus den Einzelwerten erfolgt, spielt dies aber keine Rolle.

Herr **Pirani:** Es gibt ein Gesetz, nach dem man die einzelnen Punkte einer Häufigkeits-Verteilungskurve auf Genauigkeit untersuchen kann, u. zw. ist der mittlere Fehler gleich der Wurzel aus der Anzahl der in das betr. Klassenintervall fallenden Exemplare. Dies ergibt sich aus einem ganz prinzipiellen Theorem der Wahrscheinlichkeitsrechnung[3]. Man findet auf Grund dieser Angaben, daß man nur mit einer geringen Genauigkeit rechnen kann, wenn die Anzahl der Exemplare klein ist, daß man z. B. am Anfang und Ende einer Verteilungskurve Fehler bis zu 75 % hat. Auch bei Versuchen mit vielen Hunderten von Exemplaren findet man an den Kurvenenden oft noch Erhebungen, die sich bei dieser Untersuchung als Zufallzacken erwiesen.

Vorsitzender: Noch eine Frage! Gerade bei der Benutzung dieser statistischen Überlegungen für die Frage der Bemessung von Isolatoren in bezug auf ihre Überschlagsicherheit bin ich etwas zweifelhaft, ob die statistische Methode hier noch mit Recht angewandt werden kann; denn es handelt sich hier doch um Punkte der Gaußschen Fehlerkurve, die vom Mittelwert recht weitab liegen, und diese Punkte haben doch nur dann eine einigermaßen zureichende Genauigkeit, wenn die Zahl der untersuchten Fälle außerordentlich groß ist. Man muß also jedenfalls mit einer sehr großen Zahl von Versuchsobjekten arbeiten, um dort überhaupt noch die Kurve verwenden zu können. Es handelt sich hier um die rein praktische Frage: ist es möglich, eine so große Zahl von Objekten zu untersuchen, daß man noch mit einiger Sicherheit die im Vortrag benutzten Überlegungen anstellen kann?

Vortragender: Hinsichtlich der Isolatorenfestigkeit muß man streng genommen die Wahrscheinlichkeitskurve der Überschläge von Isolatoren für verschiedene Spannungen kombinieren mit der Häufigkeitskurve der im Betriebe auftretenden Überspannungen, ebenfalls geordnet nach der Höhe der Überspannungen. Über beides ist noch nicht viel Erfahrungsmaterial vorhanden; wir stehen erst am Anfang derartiger Untersuchungen und es hat viel technischen Reiz, diese Fragen genauer zu verfolgen.

Herr **Schüler:** Die Ausführungen des Herrn Vortragenden beruhen auf der Voraussetzung, daß beim Bau elektrischer Maschinen keinerlei systematische Abweichungen der zu gewährleistenden Werte, z. B. des Wirkungsgrades von den berechneten Werten, auftreten bzw. daß die in den R.E.M. vorgesehenen Toleranzen nicht dazu bestimmt sind, systematische Abweichungen zu decken, sondern nur zufällige Abweichungen, wie z. B. Meßfehler. Der Herr Vortragende brachte als Beispiel für die Anwendung seiner Theorie den Fall, daß neun gleiche Umformer geliefert werden, und zeigte, daß in diesem Falle an Stelle der laut R.E.M. vorgesehenen Toleranzen für den Wirkungsgrad von 1,5 % eine Toleranz von 0,5 % für den mittleren Wirkungsgrad aller neun Umformer genügen würde. Ich halte dieses Verfahren doch eigentlich für etwas bedenklich. Nehmen wir beispielsweise an, die mittlere Windungslänge der Ankerwicklung sei bei der Herstellung etwas größer ausgefallen, als der Berechner angenommen hat, oder die Berechnung der Eisen- oder Zusatzverluste sei unter Voraussetzungen erfolgt, die der Wirklichkeit nicht ganz entsprechen, so ist es leicht möglich, daß hierdurch eine Verschlechterung des Wirkungsgrades herbeigeführt wird, die sich nun aber bei allen neun Umformern in gleichem Umfange bemerkbar macht, so daß der Fabrikant böse hereinfallen kann, wenn die Toleranz für den mittleren Wirkungsgrad auf 0,5 % herabgesetzt wird.

Vortragender: Bei dem heutigen Stand der Berechnung sollten solche systematische Fehler, wie Herr SCHÜLER sie schildert, eigentlich nicht vorkommen. Wenn man derartige statistische Untersuchungen in der Fabrikation laufend durchführt, so erkennt man alle systematischen Fehler sehr schnell und kann sie alsdann gleich beseitigen.

Herr **Pirani:** Ein Erzeugnis kann in zwei Richtungen hinsichtlich der Qualität und hinsichtlich der Streuung verbessert werden. Bei Bemühungen hinsichtlich einer Verbesserung der Streuung sind, scheint mir, auch die Ungleichmäßigkeiten der Betriebsbedingungen zu berücksichtigen, die ebenfalls als Streuungsfaktor in die Rechnung treten. Wenn die Betriebsbedingungen sehr ungleichmäßig sind und also eine große Streuung hervorrufen, dann hat es für den Fabrikanten wenig Zweck, die Streuung der Eigenschaften seines Erzeugnisses sehr herabzudrücken, weil ja dann (nach den vom Vortragenden angegebenen Formeln bei der Addition der beiden Streuungsquadrate unter der Wurzel) die geringe Streuung des Erzeugnisses gegen die aus den Betriebsbedingungen stammende kaum mehr etwas ausmacht. Dies kommt z. B. bei unter verschiedenen Bedingungen verwendeten Isolatoren oder bei Motoren in Betracht, die in der Praxis an Netzen mit schlecht geregelten, sehr verschiedenen Spannungen liegen und daher mit stark streuendem Wirkungsgrad arbeiten. Wenn man berücksichtigt, daß eine sehr enge Toleranz oft erhebliche Mehrkosten verursacht, so dürfte es unvorteilhaft sein, an ihr auch in derartigen Fällen festzuhalten.

[1] ETZ 1929, S. 871.
[2] S. 599 dieses Heftes.
[3] Vgl. H. Plaut, Z. Techn. Phys. Bd. 10, S. 175.

Digitized by Google

Vortragender: Über die letzte Frage vermag ich leider keine Auskunft zu geben. — Ich darf vielleicht bei der Gelegenheit auf das schöne Werk einiger Mitarbeiter von Herrn PIRANI aus den Osram-Werken aufmerksam machen[4], in dem ganz ähnliche Probleme behandelt werden, das aber mathematisch sehr viel tiefer geht, als es mir heute abend im Vortrage möglich war.

Vorsitzender: Da das Wort nicht weiter gewünscht wird, schließe ich die Diskussion mit dem wiederholten Ausdruck des Dankes an Herrn Prof. Dr. RÜDENBERG.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

[4] Becker, Plaut u. Runge, Anwendungen der mathematischen Statistik auf Probleme der Massenfabrikation, Berlin 1927

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Neues Mitgliederverzeichnis.

Der VDE beabsichtigt, ein neues Mitgliederverzeichnis herauszubringen, da das letztmalig 1925 erschienene Verzeichnis heute nicht mehr gültig ist.

Der Preis wird für Mitglieder des VDE 1,50 RM betragen. Bestellungen, die bis zum 30. April 1930 bei unserer Geschäftstelle eingehen, werden nach Erscheinen des Verzeichnisses zum Vorzugspreis von RM 1,20 einschl. Porto ausgeliefert.

Einzahlungen erbitten wir mit Vermerk „Mitgliederverzeichnis" auf unser Postscheckkonto Berlin 213 12.

Bekanntmachungen.

Kommission für Isolierstoffe.

Die Unterkommission Preßspan hat „Leitsätze für die Lieferung und Prüfung von Rollenpreßspan" fertiggestellt, die im Entwurf 1 jetzt vorliegen. Abdrucke des Entwurfs können kostenlos von der Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, bezogen werden. Einsprüche sind bis zum 15. Mai 1930 in doppelter Ausfertigung der Geschäftstelle des VDE zuzuleiten.

Kommission für Freileitungen.

Die Kommission gibt bekannt, daß aus der Zeitschrift „Telegraphen-Praxis" im Verlag Franz Westphal, Lübeck, ein Sonderdruck erschienen ist, der einen Aufsatz des Herrn Hullmann

„Seilverbinder und Armaturen für Starkstrom-Freileitungen"

enthält.

Der Sonderdruck kann von Interessenten zum Preise von RM 1,— durch den vorgenannten Verlag bezogen werden.

Kommission für Fernmeldetechnik.

Die Unterkommission „Galvanische Elemente" hat im Hinblick auf die Fortschritte in der Herstellung von Anodenbatterien die nachstehend bekanntgegebenen Änderungen an den ab 1. Januar 1928 in Kraft befindlichen

„Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anodenbatterien"

für erforderlich erachtet und diese Änderungen mit Zustimmung der Kommission für Fernmeldetechnik dem Vorstande des VDE zur Genehmigung und Inkraftsetzung mit dem Tage der Verkündung zugeleitet.

Der Vorstand hat den nachstehenden Änderungen zugestimmt, die mit dem Tage ihrer Verkündung in Kraft treten.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Kommission für Fernmeldetechnik.

Änderungen der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anodenbatterien".

I. Allgemeines.

§ 3.

Aufschrift.

Dieser Paragraph erhält folgenden zusätzlichen Absatz:

„Werden Angaben über die Leistungsfähigkeit der Batterien gemacht, so müssen sie den Bedingungen unter IV entsprechen."

IV. Bestimmungen für die Messung.

§ 9.

Der zweite Absatz dieses Paragraphen erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„Für die Messung der offenen Spannung und der Klemmenspannung können bei frischen Batterien auch Feinspannungsmesser mit einem Widerstand von mindestens 100 Ω je V verwendet werden."

§ 12.

Dieser Paragraph erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„Die Bewertung der Anodenbatterien erfolgt in Betriebstunden. Diese werden ermittelt durch tägliche 4stündige Entladung mit einer unveränderlich zu haltenden Stromstärke, bis die Klemmenspannung erstmalig den Wert von 60 % der Nennspannung unterschreitet.

Bei Normalzellen beträgt die Entladestromstärke 5 mA."

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118a II, Fernspr. Amt Kurfürst 9697.

(Schluß von S. 590.)

Bericht über die Äußerungen zu dem Entwurf 30.

Von J. Wallot.

Die erste Fassung des Entwurfs 30, Schreibweise physikalischer Gleichungen, ist in H. 17 der NDI-Mitteilungen vom 2. IX. 1926 und etwas später in der ETZ 1927, S. 337, veröffentlicht worden. Der Aufforderung des AEF zur Teilnahme an der Erörterung hat seitdem erfreulicherweise eine große Zahl von Einsendern Folge geleistet. Im nachstehenden soll über diese Äußerungen und die Folgerungen, die der AEF aus ihnen für die Neugestaltung des Entwurfs gezogen hat, kurz berichtet werden.

Gegen die Vorschrift I des Entwurfs, in der die Größen- und die Zahlenwertgleichungen einander gegenübergestellt werden, sind von vielen Seiten Bedenken vorgebracht worden. Die Kritik wendet sich vor allem gegen die Zulassung von „Größengleichungen", also von Gleichungen, in denen die Formelzeichen die symbolischen „Produkte" aus Zahlenwerten und Einheiten bedeuten sollen. Man wendet ein, der Begriff der Größengleichung schwebe in der Luft, die Mathematik habe es nur mit Zahlen zu tun, und es sei unbegreifbar, was man sich z. B. unter der Multiplikation zweier Größen miteinander vorzustellen habe.

Hierzu sei das Folgende bemerkt. Gewiß bedienen sich viele, vielleicht die meisten der sehr zahlreichen Benutzer von Größengleichungen dieser Gleichungsart, ohne sich dessen bewußt zu werden. Wenn jemand z. B. die Längen l_1 und l_2 zweier Stäbe miteinander vergleicht und das Ergebnis der Vergleichung in die Form $l_1 = 3\,l_2$ kleidet, so will er damit meist ganz primitiv nur sagen, daß der Stab 1 eben „3mal so lang" sei wie der Stab 2, d. h. daß man die Länge des Stabes 2 auf der des Stabes 1 dreimal auftragen könne.

Im Vergleich hierzu bedeutet die Zahlenwertauffassung allerdings, wie man zugeben kann, eine höhere Stufe der Entwicklung. Man muß schon ein wenig nachdenken, um zu erkennen, daß man die in der Gleichung $l_1 = 3\,l_2$ vorkommenden Zeichen l_1 und l_2 auch als die Zahlenwerte der beiden Stablängen auffassen kann, wenn man sie z. B. auf das cm als Einheit bezieht.

Digitized by Google

Die Geschichte der Wissenschaften zeigt jedoch an vielen Beispielen, daß primitive, rohe Anschauungen und Vorstellungen, die beim Fortschreiten der Erkenntnis aufgegeben worden sind, auf einer höheren Stufe der Erkenntnis von neuem zu Ehren kommen können. Ein Beispiel möge dies erläutern. Wenn man einem Körper einen Stoß versetzt, so entspricht es der primitivsten Auffassung, der Stoßkraft sowohl „Größe" (Stärke) wie „Richtung" zuzuschreiben — „Richtung" ohne Rücksicht auf ein irgendwie festgelegtes Koordinatensystem. Die Erkenntnis, daß man einer Stoßkraft auch drei zahlenmäßige Angaben zuordnen kann, eine Kraftgröße, die sich auf eine bestimmte Krafteinheit, und zwei Winkel, die sich auf ein bestimmtes Koordinatensystem beziehen, diese Erkenntnis ist erst das Ergebnis einer nicht zu unterschätzenden Denkarbeit. Trotzdem stellt die Auffassung der Vektoranalysis, daß man ohne jede Beziehung auf Hilfsysteme Gleichungen zwischen Kraftsymbolen oder allgemeiner Vektorsymbolen aufstellen kann, gerade als ob diese Symbole die „Kräfte" oder „Vektoren" selbst bedeuteten, zweifellos die höhere Stufe der Erkenntnis dar.

Ähnlich verhält es sich mit den Größengleichungen. Es steht nichts im Wege, einer physikalischen Größe ihren Zahlenwert und ihre Einheit zuzuordnen und ihr Formelzeichen als den Inbegriff dieser beiden Merkmale aufzufassen. Ebenso wie der Vektor gleich dem Produkt aus seinem Betrag und dem gleichgerichteten Einheitsvektor ist, ebenso darf man das symbolische Produkt „Größe" in seine beiden Faktoren „Zahlenwert" und „Einheit" zerlegen. Durch die vektoranalytische Schreibweise werden die Gleichungen von der zufälligen Wahl des Koordinatensystems unabhängig; entsprechend werden sie durch die Größenschreibweise unabhängig von der zufälligen Wahl der Einheiten.

Die Ähnlichkeit der beiden Symbolisierungen geht noch weiter. Durch Wahl ungeeigneter Koordinatensysteme z. B. kann man den nichtvektoriellen Gleichungen sehr unzweckmäßige Formen geben. Ähnlich treten in den Zahlenwertgleichungen bei Wahl unabgestimmter Einheiten lästige Zahlenfaktoren auf. So z. B. kann die oben in der Form einer Größengleichung aufgestellte Behauptung $l_1 = 3\,l_2$ als Zahlenwertgleichung, wenn man l_1 in mm, l_2 in m mißt, auch in der Form $l_1 = 3000\,l_2$ geschrieben werden. Da der erste Stab — naiv gesprochen — nur dreimal und nicht 3000mal so lang sein sollte wie der zweite, ist die Zahlenwertgleichung $l_1 = 3000\,l_2$ zwar richtig, aber durch ungeeignete Einheitenwahl recht unzweckmäßig.

Auch für die Wahl besonderer, z. B. krummliniger Koordinatensysteme, die dem zu lösenden Problem besonders gut angepaßt sind, gibt es das Gegenstück in der Gestalt der „spezifischen" Einheiten. Auch diese sind auf das gerade betrachtete Problem zugeschnitten und erlauben häufig eine außerordentlich einfache Schreibweise der Zahlenwertgleichungen. Ein Beispiel findet man in den Erläuterungen zu dem Entwurf unter D c.

Nach alledem ist der Berichter der Ansicht, daß es sich bei der Einführung der Größengleichungen um eine ganz natürliche Erweiterung unserer wissenschaftlichen Darstellungsmittel handelt. In der Physik und in der Technik hat man denn auch schon seit langem mehr oder weniger bewußt von dieser Gleichungsform Gebrauch gemacht.

Es soll jedoch nicht geleugnet werden, daß viele Physiker und Techniker, darunter auch eine Reihe von Mitgliedern des AEF, auch heute noch an ihren Bedenken gegen die Art, wie die Einführung der Größengleichungen im einzelnen begründet worden ist (Handb. d. Phys., herausgeg. v. Geiger u. Scheel, Bd. 2, Kap. 1), festhalten. Der AEF hat es daher für das Richtige gehalten, bei der neuen Fassung die praktische Seite des Problems in den Vordergrund zu rücken und den geäußerten Bedenken durch eine möglichst vorsichtige Fassung der Vorschläge aus dem Wege zu gehen. In dem neuen Entwurf wird nur noch behauptet, daß man so rechnen könne, als ob die Formelzeichen Größen bedeuteten; dies ist sicherlich eine Behauptung, gegen die kein ernsthafter Einwand erhoben werden kann. Auch durch die neue Fassung dürfte eine scharfe Abgrenzung der beiden Schreibweisen gegeneinander erreicht werden, und das Hauptziel des AEF war es ja, hierdurch die Klarheit und Bestimmtheit des physikalischen Ausdrucks zu fördern.

Die praktischen Vorschriften zu I haben überwiegend Zustimmung gefunden. Erfreulicherweise sind von manchen Seiten auch Vorschläge zur Ausgestaltung der Erläuterungen gemacht worden; wenn diese in der neuen Fassung leichter verständlich und reichhaltiger geworden sind, so ist dies zu einem wesentlichen Teile fruchtbringender Mitarbeit der Herren Beurteiler zu verdanken.

Nächst dem Begriff der Größengleichung hat am meisten Kritik die Vorschrift II des alten Entwurfs erfahren. Es ist gegen sie vor allem eingewendet worden, wenn die elektrische Feldstärke und die elektrische Verschiebung auf der einen Seite, die magnetische Feldstärke und die magnetische Induktion auf der andern Seite nicht dimensionsgleich seien, dann dürften weder das Maxwellsche elektrostatische, noch das Maxwellsche elektromagnetische, noch das Gaußsche System verwendet werden. Da diese Systeme aber seit langer Zeit in Gebrauch und unentbehrlich seien, sei es ausgeschlossen, von ihnen abzugehen.

Bei der Beurteilung dieses Einwands muß unterschieden werden zwischen den absoluten Einheiten selbst und den Überlegungen, die ihrer Einführung und der Ableitung der zugehörigen Dimensionsbeziehungen üblicherweise zugrunde gelegt werden.

Man mag sich zu der Frage, ob die absoluten Einheiten zweckmäßig sind oder nicht, stellen wie man will: so viel ist jedenfalls sicher, daß die Verfasser des Entwurfs nicht daran gedacht haben, gegen sie Partei zu ergreifen. Das geht schon daraus hervor, daß Vorschrift IV neue Zeichen für sie vorschlägt und daß in den Beispielen der Erläuterung von ihnen Gebrauch gemacht wird.

Eins muß allerdings zugegeben werden: mit der Art und Weise, wie man die absoluten Einheiten bis jetzt noch vorzugsweise abzuleiten pflegt, ist das Rechnen mit Größengleichungen nicht vereinbar. Denn aus der grundlegenden Gleichung: Größe = Zahlenwert mal Einheit folgt mit Notwendigkeit, daß sich die verschiedenen Einheiten derselben Größe nur um Zahlenfaktoren voneinander unterscheiden. Es ist also durchaus unzulässig, bei Benutzung von Größengleichungen den physikalischen Größen sich widersprechende Dimensionen zuzuordnen, wie es — üblicherweise, aber unnötigerweise — bei der Herleitung der verschiedenen absoluten Systeme geschieht.

Es ist für die Beurteilung der Vorschrift II wesentlich, zu erkennen, daß man die absoluten Systeme in einwandfreier Weise einführen und begründen kann, ohne den für die Größengleichungen wesentlichen Grundsatz fallen zu lassen, daß ein und dieselbe Größe — auch in verschiedenen Maßsystemen — nicht mehrere sich widersprechende Dimensionen haben darf. Wer die Vorteile des Rechnens mit Größengleichungen ausnutzen will, wird gut daran tun, sich auch dieser theoretischen Begründung der praktischen Methode anzuschließen. Ein Zwang soll aber natürlich weder in theoretischer noch in praktischer Hinsicht ausgeübt werden.

Es ist weiter bemängelt worden, daß die alte Fassung des Entwurfs „willkürliche Dimensionsbeziehungen" verbot; man wendet ein, andere als willkürliche Dimensionsbeziehungen gebe es überhaupt nicht. Diese Begründung kann ernstlich wohl kaum aufrechterhalten werden. Niemand leugnet, daß in allen Definitionen Elemente der Willkür stecken. Hier handelt es sich aber um einen ganz klaren Unterschied. Ein Beispiel von äußerster Einfachheit möge dies zeigen: Solange die Physik unter der Geschwindigkeit den Differentialquotienten des Wegs nach der Zeit versteht, so lange hat die Geschwindigkeit die Dimension einer Länge dividiert durch eine Zeit. Diese Definition der Dimension hält sich eng an die Definition der Größe und ist insofern — cum grano salis — willkürfrei. Reine Willkür dagegen wäre es, wenn wir kraft eigener Machtvollkommenheit die Geschwindigkeit etwa zu einer reinen Zahl stempeln oder ihr sonst irgendeine beliebige Dimension beilegen wollten. Gerade diese Wilkür ist es aber bekanntlich, die bei der überlieferten Herleitung der absoluten Systeme begangen wird, indem man die Proportionalitätskonstanten der beiden Coulombschen Gesetze zu reinen Zahlen macht; und da aus dieser Willkür und nur aus ihr die Mehrdeutigkeit der Dimensionen der Elektrizitätslehre folgt, muß sie für das Rechnen mit Größengleichungen ausgeschaltet werden.

Mit Recht ist darauf hingewiesen worden, daß es keinen Sinn hat, nach den uns angeblich verschleierten „wahren" Dimensionen der Größe zu suchen. Man hat ja geradezu geglaubt, die Erkenntnis der „wirklichen" Dimensionen der Dielektrizitätskonstante und der Permeabilität von der weiteren Entwicklung der physikalischen Forschung erhoffen zu dürfen. Die Sachlage ist viel einfacher: Die Dimension einer Größe ist niemals ein Problem; mit der Größe ist auch ihre Dimension, die an ihr haftet wie ihr Schatten, ein für allemal gegeben und bestimmt.

Gegen die der Vorschrift II zugrunde liegende Auffassung ist endlich auch eingewendet worden, daß der Dimensionsbegriff nur darüber Aufschluß gebe, wie bei einem Wechsel der Einheiten die Invarianz der Gleichun-

Digitized by Google

gen gegenüber diesem Einheitswechsel gesichert werden könne. Daß der Dimensionsbegriff hierzu in bequemer Weise zu gebrauchen ist, kann nicht geleugnet werden; auch ist bekannt, daß die Fouriersche Dimensionstheorie hierauf beruht. Die ihr zugrunde liegende „Homogenitätsforderung" ist aber wegen der Willkürlichkeit jeder Einheitenwahl durchaus unbegründet; gäbe es also keine andere Art der Begründung des Dimensionsbegriffs, so wäre ein zwingender Schluß aus den Dimensionen überhaupt unmöglich, ja man dürfte noch nicht einmal die Übereinstimmung in den Dimensionen als eine notwendige Bedingung für die Richtigkeit einer Gleichung hinstellen.

Wenn demnach auch nicht anerkannt werden kann, daß die Grundgedanken, auf denen die Vorschrift II beruht, unrichtig seien, so hat sich doch der AEF davon überzeugt, daß die alte Vorschrift II einer Abänderung bedarf. Insbesondere gehört die Bemerkung über die Dimensionen der Feldvektoren offensichtlich nicht in den Entwurf hinein. Man kann für die Ansicht eintreten, daß es zweckmäßig sei, die Dielektrizitätskonstante und die Permeabilität als benannte Zahlen zu definieren. Vorschriften über die zweckmäßigste Definition einzelner Größen gehören aber nicht in einen Entwurf über die Schreibweise der Gleichungen. Worauf es ankommt, ist einzig und allein, daß man allen empirischen Ansätzen die nötigen empirischen Konstanten beigibt und daß man deren Dimensionen nicht willkürlich festsetzt. In der neuen Fassung hofft der AEF diesen Gedanken in weniger anfechtbarer Form ausgedrückt zu haben.

Gegen die Vorschrift III des Entwurfs ist der Einwand erhoben worden, sie käme auf eine Empfehlung der von Heaviside und Lorentz vorgeschlagenen rationalen Systeme hinaus. Dieser Einwand ist nicht berechtigt. Wenn für die Größengleichungen die rationale Schreibweise vorgeschlagen wird, so bestehen dafür zwingende Gründe der Zweckmäßigkeit; mit der Wahl des Einheitensystems hat diese Festsetzung aber überhaupt nichts zu tun. Es ist ja gewiß etwas Überraschendes, daß man die Größengleichungen in rationaler Form schreiben und trotzdem ohne weiteres zu den Zahlenwertgleichungen der gewöhnlichen Systeme übergehen kann, die ja auf der nichtrationalen Schreibweise beruhen. Überraschend ist dies, weil nicht sofort zu ersehen ist, wie durch mechanische Umformungen der Faktor 4π zum Verschwinden oder Erscheinen gebracht werden kann. Die Erklärung ist aber nicht schwer; sie liegt darin, daß beim Rechnen mit Größengleichungen von zwei verschiedenen mechanischen Umformungen Gebrauch gemacht wird, von der rein mathematischen Kombination von Gleichungen in Verbindung mit Erweiterungen der auftretenden Brüche und von Bezeichnungswechseln, wie sie dem Übergang zwischen Größen- und Zahlenwertgleichungen entsprechen. Diese Verbindung zweier Arten von Umformungen ist wesentlich für das Rechnen mit Größengleichungen; sie allein gestattet es, mit Gleichungsformen, die sich äußerlich widersprechen, zu rechnen, ohne daß praktische Schwierigkeiten auftreten. Es ist vorgeschlagen worden, den scharfen Unterschied zwischen Größen- und Zahlenwertgleichungen fallen zu lassen und unter den Größengleichungen die auf abgestimmte Einheiten bezogenen Zahlenwertgleichungen zu verstehen, die ja ebenso aussehen wie die Größengleichungen. Hätte der AEF diesen Vorschlag angenommen, so hätte der gegen Vorschlag III zu Unrecht erhobene Vorwurf mit Recht erhoben werden können; denn die Umformung durch Bezeichnungswechsel wäre weggefallen, die Gleichungen wären ohne komplizierte Festsetzungen nur für die rationale oder für die nichtrationale Schreibweise brauchbar gewesen.

Die Vorschrift IV des alten Entwurfs schlug Zeichen für die absoluten Einheiten der Elektrizitätslehre vor. Zu ihr ist nur ein Gegenvorschlag eingegangen, der sich für die Benndorfschen Bezeichnungen [Phys. Z. Bd. 25 (1924), S. 60] einsetzt: Ves = elektrostatische Einheit der Spannung, Vem = elektromagnetische Einheit der Spannung usw. Diese Bezeichnungen haben manche Vorzüge; leider sind sie mit den übrigen Vorschriften des Entwurfs nicht vereinbar. Bei den Größen, für die es einheitliche (nicht zusammengesetzte) Zeichen des praktischen Systems (A, V usw.) gibt, würden allerdings keine Schwierigkeiten auftreten; wohl aber z. B. bei der magnetischen Feldstärke, deren praktische Einheit A/cm ist, denn man müßte, um in Übereinstimmung mit dem Sprachgebrauch zu bleiben, ihre absolute elektromagnetische Einheit nach Vorschrift III mit $1/4\pi \cdot$ Aem/cm bezeichnen, wozu man sich kaum entschließen wird. Der AEF legt aber auf die Vorschrift IV, die er in der neuen Fassung ein wenig verallgemeinert hat, den geringsten Wert und wäre gerne bereit, sie durch eine andere zu ersetzen, wenn ein besserer Vorschlag gemacht würde.

Entwurf 32. Arten der Reihenschaltung von Wicklungen[1].

Die nachstehenden Begriffsbestimmungen beziehen sich sowohl auf Wicklungen (Wicklungsteile), welche so zueinander liegen, daß sie im wesentlichen von einem gemeinsamen Induktionsfluß durchsetzt werden können, als auch auf solche Wicklungen (Wicklungsteile), die von Induktionsflüssen durchsetzt werden, die immer gleichphasig auftreten und sich auch gleichphasig ändern, so daß die Wicklungen sich so verhalten, als wären sie von einem im wesentlichen gemeinsamen Induktionsfluß durchsetzt. Es wird vorausgesetzt, daß die Wicklungen (Wicklungsteile) gegeneinander eine feste Lage haben.

1. a) Summenreihenschaltung zweier oder mehrerer Wicklungen liegt vor, wenn beim Durchlaufen der in Reihe geschalteten Wicklungen der Umlaufsinn aller Wicklungen gegenüber der Richtung eines mit ihnen „gemeinsam" verketteten Induktionsflusses derselbe ist.

b) Gegenreihenschaltung zweier Wicklungen liegt vor, wenn beim Durchlaufen der in Reihe geschalteten Wicklungen der Umlaufsinn der einen dem der andern entgegengesetzt ist.

c) Mischreihenschaltung von mehr als zwei Wicklungen liegt vor, wenn der Umlaufsinn der Wicklungen nicht derselbe ist.

2. Es wird vorausgesetzt, daß die beiden Enden jeder Wicklung durch je zwei im Alphabet oder in der natürlichen Zahlenreihe aufeinanderfolgende Bezeichnungen gekennzeichnet sind.

Unter dieser Voraussetzung heißt die Bezeichnung der Wicklungsenden gleichsinnig, wenn beim Verbinden in der natürlichen Aufeinanderfolge aller Bezeichnungen sich eine Summenreihenschaltung ergibt. Sonst heißt sie gegensinnig.

Entwurf 33. Druckeinheiten.

1. Drucke werden gemessen in Bar, Tor und Atmosphären:

1 Bar (B) = 10^6 dyn/cm²,
1 Tor (T) = 1 mm Quecksilbersäule von 0° und normaler Schwere,
1 Atmosphäre (at) = 1 kg/cm².

2. Die physikalische Atmosphäre (Atm = 760 Tor) dient zur Kennzeichnung eines Normalzustandes.

3. Setzt man die Dichte des Quecksilbers bei 0° gleich 13,5951 g/cm³, ferner die normale Fallbeschleunigung gleich 980,665 cm s^{-2} (vgl. Satz 9), so ergibt sich die nachstehende Umrechnungstafel:

	Bar	Tor	at	Atm
1 Bar (B) = 10^6 dyn/cm²	1	750,06	1,019 76	0,986 92
1 Tor (T) = 1 mm Hg	1,333 22 . 10^{-3}	1	1,359 58 . 10^{-3}	1,315 79 . 10^{-3}
1 Atmosphäre (at) = 1 kg/cm²	0,980 62	735,52	1	0,967 79
1 physikalische Atmosphäre (Atm) = 7 0 mm Hg.	1,013 25	760,00	1,033 28	1

Begründung.

Von Karl Scheel, M. Jakob und K. Strecker.

1. Als Einheit für kleine Drucke im CGS-System ist neuerdings 1 Bar = 1 dyn/cm² benutzt worden. Gegen die Festsetzung dieser Einheit durch den AEF ist indessen von geophysikalischen Forschern Einspruch erhoben worden, welche geltend machen, daß bei ihnen seit langem die genannte Einheit in der Beziehung 1 Bar = 10^6 dyn/cm² gebraucht werde und durch eine andersartige Festsetzung in ein großes veröffentlichtes Beobachtungsmaterial eine nicht ungefährliche Verwirrung hineingetragen werde. Sie schlagen deshalb vor, ihnen das Bar als 10^6 dyn/cm² zu belassen und für 1 dyn/cm² die von dem Physikerkongreß 1900 in Paris angenommene Bezeichnung Barye oder ein-

[1] Bearbeitet von O. Löbl, C. Trettin, L. Fleischmann, A. Hundt, R. Richter.

Digitized by Google

facher Bary gutzuheißen. Der AEF hat sich dem ersten Teil des Vorschlages angeschlossen. 1 Bar (Einheitsbezeichnung B) ist dann nahezu gleich dem Druck einer Atmosphäre, 1 Millibar (mB) nahezu ¾ mm Hg. Der Gebrauch von Bary soll dagegen nicht empfohlen werden, weil er dem Grundsatz des AEF, für jede Maßart nur eine Einheit festzusetzen, widerspricht; denn es wäre

$$1\ \text{Bary} = 10^{-6}\ \text{Bar} = 1\ \text{Mikrobar}\ (1\,\mu\text{B}).$$

2. Neben der CGS-Einheit braucht man für kleine Drucke eine zweite, die sich an die genaueste Methode der Druckmessung durch die Quecksilbersäule anlehnt. Ihr Name 1 Tor (T) = 1 mm Quecksilbersäule ist von Toricelli abgeleitet, auf den diese Art der Druckmessung zurückgeht.

3. Als Einheiten für höhere Drucke sind außer dem Bar bei den Physikern die Atmosphäre = 760 mm Hg = 760 Tor, in der Technik die (technische) Atmosphäre = 1 kg/cm² in Gebrauch. Der AEF hat sich entschlossen, aus dem gleichen Grunde, aus dem er das Bary verwirft (vgl. Zff. 1), sowie im Hinblick auf die in der technischen Literatur durch die doppelte Bedeutung der Einheit Atmosphäre vielfach eingetretene Verwirrung von dem weiteren Gebrauch der physikalischen Atmosphäre (= 760 Tor) als einer Einheit abzuraten und diese nur noch als Kennzeichnung eines Normalzustandes zuzulassen. Unter Atmosphäre schlechthin wird dann nur noch die technische Atmosphäre = 1 kg/cm² mit der Einheitsbezeichnung at verstanden; mit kg wird hier die Krafteinheit des technischen Maßsystems bezeichnet.

Entwurf 34. Magnetische Größen.

1. Magnetische Induktion.

Ein kleiner Drahtkreis von der Fläche F und dem elektrischen Widerstand R werde aus einem magnetischen Felde entfernt. Wird dabei die Elektrizitätsmenge $Q = B_n F/R$ in Umlauf versetzt, so heißt der Faktor B_n „Komponente der magnetischen Induktion" in der Richtung der anfänglichen Normale des Drahtkreises.

Zur Bestimmung der magnetischen Induktion in einem Medium (z. B. in Eisen) kann man den Drahtkreis in einen engen (scheibenförmigen) leeren Schlitz bringen und wie vorher verfahren.

Aus drei ebenenfremden Komponenten ergibt sich die magnetische Induktion $\mathfrak{B}$ an der betrachteten Stelle.

2. Magnetischer Fluß.

Das Flächenintegral der magnetischen Induktion heißt „magnetischer Fluß" Φ (vgl. AEF, Satz 8).

3. Induktionskonstante.

Im leeren Raum ist das Linienintegral der magnetischen Induktion, erstreckt über den Rand einer beliebigen Fläche, erfahrungsgemäß proportional der elektrischen Durchflutung dieser Fläche:

$$\oint \mathfrak{B}\,\mathrm{d}\mathfrak{r} = \Pi \sum I.$$

Die universelle Konstante Π heißt „Induktionskonstante".

4. Magnetische Feldstärke.

Im leeren Raum heißt das Verhältnis $\mathfrak{H} = \mathfrak{B}/\Pi$ „magnetische Feldstärke". Im leeren Raum gilt also der Durchflutungsatz:

$$\oint \mathfrak{H}\,\mathrm{d}\mathfrak{r} = \sum I.$$

Zur Bestimmung der magnetischen Feldstärke in einem Medium kann man einen engen (fadenförmigen) leeren Kanal bohren und in ihm die in der Kanalrichtung t liegende Komponente B_t der Induktion messen. Dann ist das Verhältnis $H = B_t/\Pi$ die Komponente der magnetischen Feldstärke in dieser Richtung.

Aus drei ebenenfremden Komponenten ergibt sich die Feldstärke $\mathfrak{H}$ an der betrachteten Stelle. Für sie gilt der Durchflutungsatz allgemein.

5. Magnetische Spannung.

Die magnetische Spannung längs eines bestimmten Wegs ist das Linienintegral der magnetischen Feldstärke über diesen Weg.

6. Permeabilität.

Das Verhältnis μ der Induktion $\mathfrak{B}$ zu der mit Π multiplizierten Feldstärke $\mathfrak{H}$ heißt Permeabilität des Feldmediums an der betrachteten Stelle:

$$\mathfrak{B} = \mu\,\Pi\,\mathfrak{H}.$$

7. Magnetisierung.

Die Differenz $\mathfrak{J} = \mathfrak{B} - \Pi\,\mathfrak{H}$ heißt „Magnetisierung".

8. Magnetische Aufnahmefähigkeit.

Das Verhältnis $\varkappa$ der Magnetisierung zu der mit Π multiplizierten Feldstärke heißt „magnetische Aufnahmefähigkeit" (Suszeptibilität):

$$\varkappa = \frac{\mathfrak{J}}{\Pi\,\mathfrak{H}} = \mu - 1.$$

In Tabellen wurde bisher meist der 4πte Teil von $\varkappa$ angegeben.

9. Magnetisches Moment eines Magnetstabs.

Ein Magnetstab, der in ein homogenes Magnetfeld gebracht wird und dessen Achse senkrecht zu den Feldlinien gerichtet ist, erfährt ein Drehmoment. Unter dem Betrag seines „magnetischen Moments" versteht man das Verhältnis des Betrags dieses Drehmoments zu dem Betrag der magnetischen Feldstärke.

Die Magnetisierung ist das Verhältnis des magnetischen Moments zum Rauminhalt.

Erläuterungen.

Von J. Wallot, R. Rüdenberg, H. Dießelhorst, F. Emde, F. Kesselring, O. Löbl u. W. Steinhaus.

In den letzten zehn Jahren haben in der elektrotechnischen Fachpresse verschiedentlich Erörterungen stattgefunden über die zweckmäßigste Definition der magnetischen Grundgrößen; es sei hingewiesen auf die Aussprache in der französischen Physikalischen Gesellschaft, über die in den Jahrgängen 1921 ... 1923 der Revue Générale de l'Electricité berichtet wird, auf den Meinungsaustausch in den Jahrgängen 1926 und 1927 der ETZ sowie auf Äußerungen im Electrician und in der österreichischen Zeitschrift Elektrotechnik und Maschinenbau.

Überblickt man diese Äußerungen, so hat man den Eindruck, daß bis jetzt von einer auch nur annähernden Übereinstimmung der Ansichten keine Rede sein kann. Der Versuch, hier Wandel zu schaffen und eine einzige Art der Definition zur allgemeinen Annahme zu empfehlen, wird natürlich bei vielen, die an andere Definitionen gewöhnt sind, auf Widerstand stoßen. Der AEF unterschätzt diese Schwierigkeit nicht, aber er hofft sie zu überwinden. Eine endgültige Lösung der Aufgabe hält er schon deshalb für unumgänglich nötig, weil sie die Voraussetzung ist für die Festsetzung der magnetischen Einheiten, die er für eine der dringlichsten, freilich nur international lösbaren Aufgaben hält.

Schon bei flüchtiger Durchsicht des hier veröffentlichten Entwurfs erkennt man, daß die überlieferte Definition der magnetischen Größen, bei der man permanente Magnetpole oder Magnetstäbe als Probekörper zu verwenden pflegt, verlassen ist zugunsten einer Definition, bei der die Induktionswirkung des Feldes auf Stromleiter benutzt wird. Die Mehrzahl der AEF-Mitglieder ist der Meinung, daß nur auf diesem Wege ein einfaches System von Definitionen gefunden werden kann, u. zw. deshalb, weil der in einem Leiter fließende Strom im Gegensatz zu den Molekularströmen des Dauermagnets ohne weiteres meßbar ist. Bei Ausschluß der Dauermagnete kann, wie der Entwurf zeigt, jede neu zu definierende Größe auf lauter bereits definierte Größen zurückgeführt werden, während man bei Benutzung von Dauermagneten Gleichungsysteme mit mehreren zu definierenden Größen ansetzen muß.

Zu den einzelnen Definitionen sei noch das folgende bemerkt:

Zu Ziff. 1, 3, 4. Die Grundlage des ganzen Systems von Definitionen bildet die Definition der magnetischen Induktion durch die Induktionswirkungen, die man aus dem Felde herausholen kann (Ziff. 1). Diese Art der Definition gilt für jedes Feldmedium; ist dieses unzugänglich, so muß man sich nach dem Vorschlag von Lord Kelvin einen Schlitz gelegt denken, wie es bei Feldmessungen häufig auch wirklich geschieht.

Von besonderer Wichtigkeit in der Kette der Definitionen ist die Definition der Induktionskonstante in Ziff 3. Hat man die Induktion selbst in jedem Punkte eines Feldes nach Ziff. 1 festgestellt und bildet man dann im leeren Raum ihr Linienintegral über eine geschlossene Linie, so ist dieses erfahrungsgemäß der Durchflutung einer beliebigen von der Linie umrandeten Fläche proportional. Die Proportionalitätskonstante soll als Induktionskonstante bezeichnet werden. Da das Linienintegral so-

Digitized by Google

wohl wie die Durchflutung meßbar sind, ist auch die Induktionskonstante in eindeutiger Weise bestimmbar. Sie ist nach den besten neueren Untersuchungen gleich $1{,}256\,01 \cdot 10^{-8}$ H/cm..

Die Einführung der Induktionskonstante eröffnet sofort die Möglichkeit, einen zweiten Feldvektor, die magnetische Feldstärke, zu definieren. Im leeren Raum ist sie einfach gleich der Induktion geteilt durch die Induktionskonstante. In der Materie dagegen hat man nach Lord Kelvin die Induktion in einem fadenförmigen leeren Kanal zu messen und diese Induktion, die von der in einem Schlitz gemessenen verschieden ist, durch die Induktionskonstante zu teilen.

Die Messung der Induktion in einem fadenförmigen Kanal ist nur ein Gedankenversuch. Bei der Untersuchung magnetischer Materialien wird die Feldstärke wohl immer mit Hilfe des Durchflutungsatzes bestimmt; dieser ist daher in dem Entwurf ausdrücklich erwähnt. Es wird auffallen, daß bei ihm der Faktor 4π fehlt; hierüber findet man Näheres in dem Entwurf 30, Schreibweise physikalischer Gleichungen, auf den ausdrücklich hingewiesen sei.

Da die Induktionskonstante eine benannte Größe ist, sind die beiden Feldvektoren nach den Definitionen des Entwurfs Größen verschiedener Art. An sich wäre es durchaus möglich, als magnetische Feldstärke nicht die durch die Induktionskonstante geteilte Induktion, sondern die Induktion selbst, wie sie im Kanal gemessen wird, zu definieren. Dann wären die beiden Feldvektoren Größen derselben Art; die aus der Definition der Feldstärke verschwundene Induktionskonstante würde dann aber in anderen Gleichungen, z. B. im Durchflutungsatz, wieder auftauchen. Man müßte sich bei dieser Art der Definition auch fragen, ob es sich empfiehlt, für zwei Größen gleicher Art verschiedene Namen und verschiedene Formelzeichen festzusetzen, wie es doch in Physik und Technik seit langem üblich ist.

Die Physik hat ursprünglich nur die magnetische Feldstärke gekannt. Zu ihr gesellten sich später die Magnetisierung und dann als eine Kombination von Feldstärke und Magnetisierung die Induktion. Im Gegensatz hierzu hat sich in der Elektrotechnik schon seit Jahrzehnten die Auffassung herausgebildet, daß nicht die Feldstärke, sondern die Induktion der grundlegende Vektor ist. Dieser Wandel der Anschauungen entsprang keineswegs einer gegen die Physik kritischen Einstellung; die Elektrotechnik wurde vielmehr zu einer Umbildung ihrer grundlegenden Anschauungen unmittelbar durch die Probleme gezwungen, die sich ihr in der Praxis aufdrängten. Wenn der vorliegende Entwurf der Auffassung der Elektrotechnik entspricht, so hat dies seinen Grund darin, daß auch die an der Beratung des Entwurfs beteiligten Physiker in ihrer Mehrzahl davon überzeugt sind, daß diese Auffassung die innerlich besser begründete ist.

Zu Ziff. 2, 5, 6, 7, 8. Die Definitionen des magnetischen Flusses und der magnetischen Spannung entsprechen dem allgemeinen Gebrauch.

Die Permeabilität ist wie üblich als reine Zahl definiert. Es ist vorgeschlagen worden, die Induktionskonstante Π mit μ_0, das Produkt $\Pi\,\mu$ mit μ zu bezeichnen; dann wäre die „Permeabilität μ" eine benannte Zahl. Der Vorschlag ist von der Mehrheit des AEF jedoch abgelehnt worden, und zwar hauptsächlich deshalb, weil es unzweckmäßig erscheint, die in den Rechnungen immer wieder auftretende, in den Zahlentafeln angegebene „Permeabilitätszahl" durch den Quotienten μ/μ_0 zu bezeichnen.

Nach einem anderen Vorschlag sollte statt $\Pi\,\mu$ geschrieben werden $\Pi_0\,\mu = \Pi$, daher $\mathfrak{B} = \Pi\,\mathfrak{H}$, statt $\mathfrak{B} = \Pi\,\mu\,\mathfrak{H}$. Auch diesen Vorschlag hat die Mehrheit des AEF nicht angenommen.

Bei der Definition der Magnetisierung fehlt der Faktor 4π aus demselben Grunde wie beim Durchflutungsatz.

Die Definition der Suszeptibilität führt zu einem andern Zahlenwert als üblich. Die Suszeptibilität ist nach dem Entwurf unmittelbar gleich dem Überschuß der Permeabilität über die Zahl 1, während sie bekanntlich bisher 4πmal kleiner genommen worden ist.

Zu Ziff. 9. Das System der Definitionen wäre unvollständig, wenn in dem Entwurf keine Bemerkung über die Messung des Feldes mit Hilfe von Dauermagneten zu finden wäre. Deshalb wird in Ziff. 9 festgesetzt, daß unter dem magnetischen Moment eines Stabs das Verhältnis des auf ihn ausgeübten Drehmoments zur Feldstärke an der gedachten Stelle verstanden werden soll. Der Umstand, daß hier als Bezugsgröße die magnetische Feldstärke und nicht die magnetische Induktion auftritt, ist dadurch begründet, daß der Magnetstab das Medium verdrängt und daher die Kraftwirkung auch von dessen Eigenschaften abhängt, und zwar in der Weise, daß an Stelle der magnetischen Induktion die Feldstärke tritt; man vergleiche hierzu die Aussprache in der ETZ 1927, S. 426, 482, 1834, 1879. Die Festsetzung erscheint gerade in der Form, wie sie der Entwurf gibt, erträglich, weil aus der Kraftwirkung auf den Dauermagnet nicht das Feld, sondern das Stabmoment erschlossen wird.

Von einer Definition der „Polstärke" oder „Magnetismusmenge" hat der AEF abgesehen, weil es nicht möglich ist, den sog. „Polabstand" einwandfrei festzulegen. Nach Annahme des vorgeschlagenen Definitionssystems besteht auch kein Bedürfnis mehr nach dieser Definition.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Breslau. 29. IV. 1930, abds. 8h, Großer Hörsaal d. Elektrot. Inst. d. T. H.: Vortrag Obering. Franken, „Verringerung der Betriebskosten durch neuzeitl. elektr. Schaltgeräte".

Elektrotechn. Verein Chemnitz, Bezirksgruppe Obererzgebirge. 30. IV. 1930, 8h abds., Gewerbeschule Annaberg: Vortrag Dr. Lauster, „Zur Physik der elektrobeheizten Haushaltgeräte".

Oberrhein. Elektrotechn. Verein Karlsruhe. 28. IV. 1930, 8¼h abds., Techn. Hochschule: Vortrag Prof. Dr.-Ing. H. Thoma, „Grundgebühren u. Zählertarife".

Elektrotechn. Gesellschaft Köln. 25. IV. 1930, 8¼h, Aula d. Hauses der Technik, Ubierring 48: Vortrag Obering. Enzweiler, „Das Shannon-Kraftwerk in Irland".

Pommerscher Elektrotechn. Verein Stettin. 25. IV. 1930, 8¼h abds., Konzerthaus: Vortrag Dr. Lund, „Der AEG-Doppelnutmotor als Ersatz f. d. Schleifringmotor".

Deutsches Museum, München. 28. IV. 1930, nachm. 5¼ h, Projektionsraum der Bayer. Lichtbildstelle: Vortrag J. Brandl, „Der Feuerschutz im Elektrokraftwerk". 29. IV. 1930, abds. 8 h: Führungsvortrag W. Irmer, „Schiffbau".

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Beseitigung der Funkempfangs-Störungen. Eine prakt. Anleit. von Postrat Dipl.-Ing. F. Eppen. (Fachschriften-Reihe d. „Funk" Bd. 1.) Mit Geleitwort v. Staatssekr. a. D. Dr. Bredow. Mit 16 Abb. u. 31 S. in 8°. Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1928. Geh. 0,60 RM.

DFTV contra Rundfunkstörungen. Der Kampf d. Dt. Funktechnischen Verbandes E. V. gegen d. Rundfunkstörungen. (Fachschriften-Reihe d. „Funk", Bd. 3.). Mit 11 Abb. u. 24 S. in 8°. Weidmannsche Buchhandlg., Berlin 1928. Preis geh. 0,60 RM.

In der Fachzeitschriftenreihe des „Funk" sind gleich zwei Bändchen erschienen, die sich gegen die Rundfunkstörungen wenden und die fast genau dasselbe behandeln. Eppen gibt einmal allgemeine Gesichtspunkte für die Beseitigung der Störungen, sodann die bei den einzelnen Störungsquellen anzuwendenden Verfahren zur Störungsbeseitigung. — Der DFTV hat seine Aufgabe etwas weiter gefaßt und bringt einmal allgemeines über Mittel und Wege zur Beseitigung der Funkenstörungen und sodann die bisher bekannten Mittel zur Beseitigung der Funkenstörungen, 3. Rechtschutz gegen Störungen des Rundfunkempfanges.

Beide Bücher beschränken sich bewußt darauf, nur die „Funkenstörungen" zu behandeln, die elektrischen Anlagen entstammen, in denen durch beabsichtigte oder unbeabsichtigte Schaltvorgänge Funken entstehen, die als Erreger hochfrequenter Schwingungen anzusehen sind, genau wie in der alten „Funkentelegraphie". Die Gegenmittel sind Drosselspulen und Kondensatoren, die unmittelbar an der Stelle der Störungen angebracht werden müssen. Die beiden Büchlein bringen alles Wesentliche und erläutern es durch einfache Schaltskizzen, die freilich nicht immer den Normen entsprechen.

Mühlbrett.

Der Eisenbahn-Elektrotechniker. Gemeinverst. Lehrhefte f. Eisenbahner. 1. Teil: Grundlagen d. prakt. Elektrotechnik, H. 2: Der Elektromagnetismus. Von Dr.-Ing. E. h. W. Wechmann unt. Mitw. v. Reichsbahnrat B. Boehm. Mit 94 Bildern i. Text, XII u. 119 S. in 8°. Verlag der Verkehrswissen-

Digitized by Google

schaftl. Lehrmittelges. m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1929. Preis kart. 4,20 RM.

Dem ersten Heft, das sich mit dem „elektrischen Strom im Leiter" befaßt hatte[1], folgt nunmehr das zweite, das unter dem Titel „Elektromagnetismus" die Wechselwirkungen zwischen elektrischem Strom und magnetischem Feld behandelt. Die Schwierigkeit, die gerade dieses Gebiet einer gemeinverständlichen Entwicklung physikalisch richtiger Vorstellungen entgegensetzt, ist mit vollendeter Vollkommenheit überwunden. Besonders sei diesbezüglich auf die Darstellung der Begriffe vom magnetischen Fluß und der Feldliniendichte (Kap. 4) sowie von der elektrischen Durchflutung und vom Strombelag (Kap. 9) verwiesen. Dabei ist es für die Schreibweise des Werkchens charakteristisch, daß der Darstellung des mittels Stabmagnet in einem Leiter erzeugten Stromes sogleich der Walchensee-Generator und der elektrodynamischen Wechselwirkung sogleich die Abbildungen zweier durch Kurzschluß zerstörter Unterwerktransformatoren folgen.

Dem nächsten Heft, das den „Wechselstrom" behandeln soll, kann hiernach mit Interesse entgegengesehen werden.

A. Winkler, Wien.

Dampfturbinenschaufeln. Profilformen, Werkstoffe, Herstellung u. Erfahrungen. Von Ziv.-Ing. H. Krüger. Mit 147 Textabb., VI u. 132 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geh. 15 RM, geb. 16,50 RM.

Vom Standpunkt des Herstellers von Dampfturbinenschaufeln aus gibt der Verfasser eine bemerkenswerte Darstellung seiner zwanzigjährigen Erfahrungen, die er insbesondere bei der Fabrikation von Laufschaufeln sammeln konnte, und eine Übersicht der einschlägigen Literatur. Nach einer kurzen Beschreibung der in der Praxis vorkommenden Profilformen, wobei dem Zwecke des Buches entsprechend strömungstechnische Gesichtspunkte nicht berücksichtigt sind, werden die an die Werkstoffe für Schaufelmaterial zu stellenden Anforderungen beschrieben: Gefüge, Eigenspannungen, statische Festigkeit, Schwingungsfestigkeit, Dauerstandfestigkeit bei erhöhten Temperaturen, Kriechfestigkeit, Erosions- und Korrosionsfestigkeit, Alterung, mechanische Verarbeitbarkeit, Preis. Über die Werkstoffwahl für Schaufeln, Zwischenstücke, Deckbänder, Stemmstreifen, Bindedrähte wird Grundsätzliches kurz angegeben. Die Eigenschaften des Turbinenschaufelmaterials sowie die Herstellung und Verarbeitung desselben werden eingehend beschrieben. Sodann sind Erfahrungen und Schäden an Beschauflungen bei der Herstellung und im Dampfbetrieb unter Beifügung bemerkenswerter Abbildungen dargestellt. Über Werkstoffwahl und Verarbeitung des Schaufelmaterials im Ausland wird einiges gesagt, sowie über die Prüfung der Festigkeitseigenschaften und Abnahme des Schaufelmaterials: chemische Prüfung, physikalische Prüfung, Abnahmevorschriften, Materialvorschriften der deutschen Reichsmarine und des Germanischen Lloyds. Schließlich werden Anregungen für systematische Schaufelwerkstoff-Prüfungen, die in den verschiedenen Abschnitten des Buches bereits gestreift wurden, zusammengestellt und deren Wichtigkeit nochmals hervorgehoben.

Trotz der Kürze des Buches ist das Wichtigste über Schaufelwerkstoff und Herstellung der Schaufeln in übersichtlicher Weise zusammengestellt. Dem Turbinenfachmann und dem Studierenden ist damit schnelle Orientierung ermöglicht. Die Ausstattung des Buches ist die gewohnte vorzügliche des Verlages Julius Springer.

Kieser.

Theorie und Praxis des logarithmischen Rechenschiebers. Von Prof. Dr. L. Schrutka. 2. Aufl. Mit XII u. 103 S. in 8°. Verlag Franz Deuticke, Leipzig u. Wien 1929. Preis geh. 4 RM.

Die Lektüre dieses Buches würde manchem Ingenieur die Fülle ungenutzter Möglichkeiten zeigen, die ihm sein Rechenschieber zu bieten vermag. Das Buch ist besonders denen zu empfehlen, die auch umfangreichere Rechnungen mit dem Schieber zu lösen haben; ferner ist es gut geeignet für den Unterricht. Der Verfasser erörtert zuerst die Theorie des Rechenschiebers und behandelt dann wohl alle ausführbaren Rechenoperationen, z. B. auch Rechnung mit Bruchpotenzen, Auflösung quadratischer und kubischer Gleichungen usw., jeweils unter Heranziehung praktischer Beispiele. Der praktische Rechner kann jedoch nach Wunsch auch auf die Theorie weitgehend verzichten, wozu ihm der Verfasser durch besondere Hervorhebung im Druck und einen Hinweis in der Einleitung verhilft. Das leichtverständlich geschriebene Buch schließt mit einer Beschreibung besonderer Arten und Ratschlägen für Wahl und Behandlung der Rechenschieber.

H. Dieterlein.

Elektrotechnická Ročenka ESČ 1929 (Jahresbericht des Elektrotechnischen Vereins, Prag). Von V. Ptáček. Mit zahlr. Abb., XLIV u. 294 S. in 2°. Verlag Elektrotechnického Svazu Československého. Prag 1929. Preis geb. 160,— Kč., f. Mitgl. 80,— Kč.

Es wird zunächst ein Rückblick auf die Entwicklung des ESČ (der maßgebenden elektrotechnischen Körperschaft in der Tschechoslowakei mit einer Mitgliederzahl von über 2500) im ersten Jahrzehnt seines Bestehens gegeben. Ähnlich wie der VDE hat auch der ESČ ein Kontrollzeichen eingeführt, mit dem nur jene Apparate, Maschinen und Installationsmaterialien versehen werden dürfen, welche den vom ESČ ausgearbeiteten Normen und Vorschriften genau entsprechen und daraufhin von ihm geprüft sind. Seit einigen Jahren verfügt der Verein auch über ein eigenes Fachorgan, dem „Elektrotechnický obzor" („E. O."), welches wöchentlich erscheint und sich infolge der eifrigen Mitarbeit seiner Mitglieder und tatkräftigen Unterstützung seitens der heimischen Industrie günstig entwickelt hat. Das Jahrbuch enthält ferner Wiedergabe einiger neueren ESČ-Normen und Vorschriften, Mitteilungen über das tschechoslowakische Elektrizitätsrecht und Aichwesen, über die Entwicklung des Fernsprechnetzes, und das höhere, mittlere und niedere elektrotechnische Schulwesen der Tschechoslowakei. Bezüglich der Erwerbung und Führung der elektrotechnischen Konzession unterscheidet man vier Grade, wobei Grad I zur Durchführung aller Arbeiten, also auch an Hochspannungsnetzen berechtigt, während die übrigen Grade nur zur Ausführung von Arbeiten an Mittel- bzw. Niederspannungs- und Schwachstromanlagen berechtigen. Aus einer Zusammenstellung der in der Tschechoslowakei bisher erteilten elektrotechnische Patente geht hervor, daß deren weitaus überwiegender Teil von Erfindern und Unternehmen Deutschlands erworben wird.

Über die Entwicklung des tschechoslowakischen Funkwesens berichtet ein besonderer Aufsatz. In einer Reihe interessanter Abhandlungen wird schließlich von in der tschechoslowakischen Elektroindustrie und Elektrizitätswirtschaft führenden Fachleuten der gegenwärtige Stand der Elektrisierung der Tschechoslowakei ausführlich geschildert. Eine Statistik gibt nähere Auskunft über jene Werke, denen vom Staat das sog. Gemeinnützigkeitsrecht zuerkannt wurde, und über jene, die desselben nicht teilhaft geworden sind. Nimmt der Verbrauch an elektrischer Arbeit in der bisherigen Weise zu (gegenwärtig erst etwa 1,3 Mrd kWh bei einer Gesamtleistung von etwa 0,5 Mill kW), so ist schon für die nächsten Jahre mit einer Verdoppelung des bisherigen Bedarfes zu rechnen (der gegenwärtige Jahresverbrauch je Kopf der Bevölkerung beträgt im Durchschnitt erst 96 kWh, erreicht aber in den dicht besiedelten industriellen Gebieten Böhmens und Mährens auch doppelt so hohe Zahlen). Ein Teil dieses steigenden Bedarfes soll durch den weiteren Ausbau der vorhandenen Wasserkräfte seine Deckung finden. Auch für die Elektrisierung der tschechoslowakischen Staatsbahnen (1500 V Gleichstrom) ist umfassende Ausnutzung der vorhandenen Wasserkräfte in Aussicht genommen. So plant man für Mittelböhmen die Anlage großer Stauwerke an der Moldau (südlich von Prag) bei Stěchowitz und Vrana. Das Buch enthält ferner ein umfassendes Verzeichnis der Elektrizitätsgenossenschaften, der elektrotechnischen Installationsbüros, Bezugsquellennachweis usw. und wird nicht nur für den Elektrofachmann, sondern auch für alle Elektrofirmen, die mit der Tschechoslowakei in Geschäftsverbindung treten wollen, von praktischem Nutzen sein, wobei allerdings die Kenntnis der tschechischen Sprache Voraussetzung ist.

Gustav W. Meyer.

[1] ETZ 1928, S. 490.

VDE-Vorschriftenbuch 17. Aufl. 1930
erschienen. Zu beziehen durch Verlag des VDE, Berlin W57, Potsdamer Str. 68

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der elektrotechnische Außenhandel der UdSSR im Wirtschaftsjahr 1928/1929[1]. — Die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse hat im verflossenen Wirtschaftsjahr bedeutend abgenommen; im Vergleich mit 1927/1928 beträgt sie mengenmäßig 58 %, wertlich 72 %, und ihr Anteil an dem im ganzen reduzierten Gesamtimport der UdSSR zeigt eine Verringerung von 5,1 auf 4,1 %. Trotzdem war die Elektroeinfuhr größer als im letzten Vorkriegsjahr und stellte sich diesem gegenüber mengenmäßig auf 121 %, wertlich auf 134 %. Bei Betrachtung der in dieser Übersicht enthaltenen Angaben darf man nicht außer acht lassen, daß sie den Außenhandel über alle Grenzen der Union betreffen, während die vorjährigen Ziffern sich nur auf die europäischen Grenzen bezogen. Der Unterschied ist jedoch nicht groß; für das Jahr 1927/1928 beträgt er 1306 t und 2,112 Mill Rbl, also 4,3 bzw. 4,7 % der Gesamteinfuhr. In der folgenden Zahlentafel ist die Elektroeinfuhr zu Gegenwartspreisen in Tscherwonzen cif Einfuhrhafen oder franko Sowjetgrenze wiedergegeben[2]:

	Erzeugnisse	1928/29 Menge t	1928/29 Wert 1000 Rbl	1927/28 Menge t	1927/28 Wert 1000 Rbl	1913[3] Menge t	1913[3] Wert 1000 Rbl
1	Maschinen	5 742	9 274	12 115	16 641	6 400	9 725
2	Transformatoren	1 878	3 151	4 246	5 784	590	794
3	Einzelteile	559	991	684	1 059	382	714
4	Apparate	3 918	10 556	5 787	12 391	1 500	2 900
5	Kabel und Drähte	1 113	873	1 000	1 017	294	580
6	Glühlampen	4	115	3	93	455	4 842
7	Montagematerial	159	356	161	260	1 600	2 808
8	Kohlenerzeugnisse	851	450	948	556	510	354
9	Meßapparate	160	2 484	179	2 808	590	1 493
10	Akkumulatoren u. Elemente	194	895	307	1 218	40	70
11	Schwachstromvorrichtungen	247	3 298	188	2 639		
12	Elektromedizinische Waren	90	791	170	1 341		
13	Isolatoren	819	734	1 490	1 270	991	1 494
14	Elektrische Lokomotiven, Schweißapparate usw.	301	569	807	1 296		
15	Verschiedenes	42	78	43	123		
	Summe	16 127	34 615	27 768	48 487	13 322	25 786

Die Durchschnittspreise der importierten Erzeugnisse sind gestiegen, was sich hauptsächlich dadurch erklären läßt, daß eine erhebliche Veränderung in den Warengruppen stattgefunden hat. Die Einfuhr besteht vorwiegend aus an und für sich teueren Erzeugnissen, deren Herstellung in der Union entweder gar nicht oder ungenügend organisiert ist. Im allgemeinen kann man sagen, daß, während die Einfuhr von Maschinen und Apparaten beträchtlich abgenommen hat, die des Zubehörs beinahe dieselbe geblieben ist. Der Import von Maschinen über 100 kg Gewicht hat sich um mehr als die Hälfte verringert und bestand hauptsächlich aus Drehstrommotoren, die auch im Inland produziert werden. Um die Hälfte ist die Einfuhr großer Generatoren (über 12 500 kW) und noch mehr die der Transformatoren für mehr als 66 kV gefallen. Diese Waren wurden auf Grund der vor einigen Jahren gemachten Bestellungen geliefert, was zusammen mit der Erschöpfung des deutschen 300 Mill-Kredits den Rückgang des Imports aus Deutschland erklärt. Ein bedeutender Zuwachs ist bei Schwachstrom- und Funkzubehör festzustellen. Nach Herkunftsländern verteilte sich die Elektroeinfuhr folgendermaßen:

	1928/29 Menge t	1928/29 Wert 1000 Rbl	1927/28 Menge t	1927/28 Wert 1000 Rbl
Deutschland	8 227	18 723	17 919	30 794
	54,9	55,8	67,0	65,0
V. S. Amerika	1 246	3 705	1 741	4 155
	8,3	10,9	6,5	8,7
Schweden	1 908	3 611	3 844	7 077
	12,7	10,7	14,4	14,9
England	1 010	2 502	1 595	2 705
	6,6	7,4	6,0	5,1
Österreich	1 037	2 494	371	687
	6,9	7,3	1,4	1,4
Frankreich	734	1 107	620	957
	4,9	3,2	2,3	2,0
Übrige Länder	852	1 600	678	1 095
	5,7	4,7	2,4	2,3
Summe	15 014	33 742	24 768	47 470

Man sieht, daß der prozentuale Anteil der V. S. Amerika, Englands, Frankreichs und besonders Österreichs gegen 1927/28 merklich gestiegen ist.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 40.
[2] Nach „Der Aussenhandel der UdSSR" 1928/29, Nr. 11 (59), Moskau 1930.
[3] Nach Elektritschestwo 1929, Nr. 13/14.

Die Ausfuhr über alle Grenzen der Union hat sich im Vergleich mit dem Vorjahr von 100 t und 0,170 Mill Rbl auf 357 t und 0,589 Mill Rbl gehoben. N. Dehn.

Frankreichs Elektroindustrie am Jahresbeginn[1]. — François-Marsal, der Präsident der Société Electro-Câble sieht die französische Elektroindustrie in keiner Weise gefährdet; ihr Arbeitsgebiet sei praktisch unbegrenzt. Ein großer Teil der Elektrisierung des Eisenbahnbetriebs harre noch der Durchführung, und ebenso müsse die Versorgung des flachen Landes weiter ausgebaut, das nationale Fernstromnetz errichtet werden. Anderseits sei eine Abnahme der in den deutschen Sachlieferungen liegenden Konkurrenz zu erwarten. Die gewaltigen Aufträge der Eisenbahnen, der Post und der Telegraphenverwaltung, die Elektrisierung des flachen Landes würden — eine Folge der Errichtung großer Elektrizitätswerke und der Ausnutzung der Wasserkräfte — in den nächsten Jahren die Industrien fördern, die sich mit diesen Aufgaben befassen.

Ein Bericht des Generaldelegierten des Syndicat général de la Construction électrique, Davezac, weist darauf hin, daß sich die Elektroausfuhr, die 1920 bereits 260 Mill Fr erreichte, 1928 nach zweimaligem Stillstand (Wirtschaftskrisis von 1921 und Währungsstabilisierung von 1927) auf ungefähr 450 Mill Fr erhöht habe. Ihre Menge repräsentiere heute etwa den zehnten Teil der Produktion und sei, verglichen mit dem Vorkriegsjahr, an Goldwert um annähernd 200 % gewachsen. An erster Stelle ständen dabei die elektrischen Maschinen mit 24,3 % der Gesamtausfuhr; ihnen folgten die elektrischen bzw. elektrotechnischen Apparate mit 21,2 %. Als Hauptkunden nähmen die Kolonien etwa 25 % des Exports auf, dann kämen Belgien, Deutschland, Großbritannien, Spanien und Italien. Hauptkonkurrenten auf den ausländischen Märkten seien Deutschland mit 3,2 Mrd Fr bzw. 20 % der Produktion, die V. S. Amerika mit 2,7 Mrd Fr bzw. 8 % der Erzeugung, Großbritannien (2,3 Mrd Fr), Schweden (etwa 1 Mrd Fr), die Niederlande (0,662 Mrd Fr) und die Schweiz (0,470 Mrd Fr). Der inländische Markt biete sehr günstige Aussichten, denn in Frankreich bestehe noch ein Unterverbrauch an elektrischer Arbeit. Anfangs 1928 seien von 37 000 Gemeinden erst 21 000 versorgt gewesen, und die Vollendung der ländlichen Elektrisierung lasse sich kaum vor 1938 erwarten. Die Einführung des elektrischen Betriebs auf den Eisenbahnen stehe, so sehr man sich auch mit ihr beschäftige, noch im Anfangsstadium, und von den im Programm für 1920 vorgesehenen 9000 km wären z. Z. erst 1400 km ausgerüstet. Schließlich sei auch die individuelle Verwendung der verschiedenen Formen elektrischer Arbeit heute noch wenig entwickelt und Frankreich in dieser Beziehung bedeutend gegen die V. S. Amerika, Deutschland und die Schweiz im Rückstand. Wenn hiernach die Aussichten des inländischen Marktes auch befriedigten, so müsse die französische Elektroindustrie doch mit den dauernden Fortschritten der ausländischen Konkurrenz rechnen. Die Elektroeinfuhr habe sich von 196 Mill Fr im Jahr 1925 auf 238 in 1927 und auf 434 Mill Fr in 1928 erhöht, was eine Steigerung um 22 bzw. 82 % bedeute, und in den ersten neun Monaten des abgelaufenen Jahres sei der Import mit 407 Mill Fr um 35 % wertlich größer gewesen als in der gleichen Periode von 1928.

Aus der Geschäftswelt. — In das Handelsregister wurden eingetragen: Deutsche Studien- und Verwertungsgesellschaft für Elektrotechnik und Mechanik m. b. H., Berlin (20 000 RM): Förderung und Verwertung eigener und fremder gewerblicher Erfindungen, besonders auf dem Gebiet der Elektrotechnik und Mechanik; Dresdner Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke AG., Dresden (70 Mill RM); Oldenburgische Stromversorgungs-AG., Oldenburg (6 Mill RM): Errichtung, Erwerb und Betrieb energiewirtschaftlicher Anlagen zur Versorgung der Bevölkerung mit elektrischem Strom und Gas. Zu den Gründern gehören die Preußische Elektrizitäts-AG. und die Stadt Oldenburg.

[1] Nach Rev. Gén. de l'El. Bd. 27, 1930, S. 9 B.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 20: Wer fertigt kleine und große Handräder aus Isoliermaterial an?

Abschluß des Heftes: 17. April 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Neue Savas-Handlampen der AEG.

Mitteilung der AEG.

Handlampen leisten in Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft als Ergänzung zu ortsfesten Beleuchtungen wertvolle Dienste. Finstere Räume können nutzbarer Arbeit zugänglich gemacht werden. Maschinen-Instandsetzungen und -Montagen, Revisionen usw. sind ohne Verwendung von Handlampen kaum denkbar.

Abb. 1. Savas-Handlampe, normale Ausführung.

Mehr als andere Beleuchtungskörper müssen Handlampen gegen die vielseitigen, auf sie einwirkenden Einflüsse mechanischer, chemischer oder anderer Art widerstandsfähig sein.

Der VDE hat ausführliche Vorschriften über die Konstruktion und Prüfung von Handleuchten festgelegt (KPJ 1928, § 78 bis § 87), so daß durch Erteilung des VDE-Zeichens die Gewähr für ein brauchbares Fabrikat gegeben ist.

Darüber hinaus erheben jedoch die neuen Savas-Handlampen der AEG den Anspruch, hinsichtlich Sicherheit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer Apparate höchster Qualität zu sein.

Sie werden in den nachfolgenden Ausführungen auf den Markt gebracht:

1. N o r m a l e A u s f ü h r u n g , mit abgedichtetem Schutzglas, die jeder normalen mechanischen und Feuchtigkeitsbeanspruchung genügt.
2. S c h w e r e A u s f ü h r u n g , Schutzglas und Leitungseinführung abgedichtet, zur Verwendung in feuchten, durchtränkten Räumen bei hoher, mechanischer Beanspruchung (Brauereien, Kesselhäuser, Garagen usw.).
3. L e i c h t e A u s f ü h r u n g , ohne Schutzglas, die in trockenen Räumen jeder normalen Beanspruchung genügt (Werkstätten, Montage und Lagerräume usw.).

Abb. 2. Savas-Handlampe, schwere Ausführung (Ansicht).

Einheitlich durchgebildet sind bei allen drei Ausführungen Fassungseinsatz mit Berührungsschutz und Zugentlastung einschließlich Verdrehungsschutz.

Die Wirkungsweise des Berührungsschutzes beruht auf dem bekannten, starren Savas-System (DRP). Die eingeschraubte Glühlampe wird zunächst von einem Isoliergewinde getragen, wobei der Lampensockel ohne Strom bleibt. Solange der Metallsockel der Glühlampe zugänglich ist, besteht für den Berührenden keine Gefahr. Wenn am Schluß der Einschraubbewegung durch den ringförmigen Außenkontakt und den federnden Mittelkontakt der Stromschluß vermittelt wird, ist der spannungführende Metallsockel der Glühlampe durch den überstehenden Isoliermantel schon berührungssicher abgedeckt.

Die Entlastung der Leitungsanschlüsse von Zug und die Sicherung der Leitungsadern gegen Verdrehung wird durch ein zweiteiliges, konisches Isolierstück erreicht, das durch ebenfalls konisch verlaufende Flächen im Innern des Handlampengriffes an die Leitung angepreßt wird, diese einschließlich ihrer Umhüllung sicher faßt und gleichzeitig vor Verdrehung schützt.

Aufbau und äußere Ausführung der unter 1 bis 3 genannten Ausführungen der Savas-Handlampen entsprechen ihrem jeweiligen Verwendungszweck:

Der vielseitige Verwendungszweck der n o r m a l e n Handlampe (Abb. 1) wird durch ihre Handlichkeit im Gebrauch wesentlich unterstützt.

Das Schutzglas ist gegen das unerwünschte Eindringen von Schmutz und dgl. abgedichtet. Das Feststellen des mit Aufhängehaken versehenen Schutzkorbes erfolgt durch eine unverlierbare Stellschraube, die nur durch Werkzeug lösbar ist.

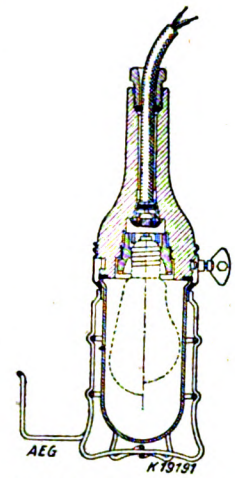


Abb. 3. Savas-Handlampe, schwere Ausführung (Schnitt).

Bei der s c h w e r e n Ausführung (Abb. 2 und 3) wird der Abschluß der Fassung gegen eindringende Feuchtigkeit einerseits durch das abgedichtete Schutzglas, anderseits durch die mit Gummidichtung versehene Schraubbuchse an der Leitungseinführungsstelle zuverlässig erzielt. Die in den VDE-Vorschriften geforderte Befestigung des Schutzkorbes am Isoliergriff derart, daß ein selbsttätiges Lösen unmöglich ist, erfolgt bei der schweren Savas-Handlampe unter Vermittlung eines beigegebenen Spezialschlüssels. Der eingeschraubte Schlüssel löst die Sperrklinke, die in betriebsmäßigem Zustand in eine am Umfange des Griffes angebrachte Zahnung greift und ermöglicht erst dann das Herausschrauben des Schutzkorbes.

Die Ausführung der l e i c h t e n S a v a s - H a n d l a m p e (Abb. 4) entspricht ihrer Verwendung in nur trockenen Räumen bei normaler Beanspruchung. Sie kann daher Schutzglas und Abdichtung der Leitungseinführung im Handgriff entbehren. Das selbsttätige Lösen des Schutzkorbes verhindert auch hier eine unverlierbare, durch Werkzeug zu bedienende Stellschraube. Wesentlich ist auch bei dieser Handlampenausführung die durch das geringe Gewicht und die kleinen Außenmaße bedingte Handlichkeit.

An der hohen Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse und der großen Lebensdauer aller Savas-Handlampen haben die aus mechanisch festem, feuer-, wärme- und feuchtigkeitssicherem Spezial-Preßmaterial bestehenden Handlampengriffe sowie die besonders starken Schutzkörbe mit Aufhängehaken wesentlichen Anteil.

Nachdem sich die Anbringung eines weiteren Aufhängehakens am Handlampengriff als zweckmäßig erwiesen hat, können in Fällen, in denen das Bedürfnis danach vorliegt, auch bei allen Savas-Handlampen derartige Aufhängehaken angebracht werden.

Die Anschlußleitung zu den drei Ausführungen ist dem Verwendungszweck entsprechend auszuwählen. Vorzugsweise werden Gummischlauchleitungen leichter und mittlerer Ausführung (NLH, NLHG, NMH) in Frage kommen.

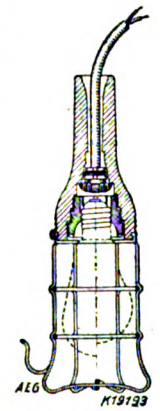


Abb. 4. Savas-Handlampe, leichte Ausführung (Schnitt).

In den beschriebenen drei Typen der Savas-Handlampen stehen also die passendsten Ausführungen und Größen für alle vorkommenden Zwecke zur Verfügung.

Digitized by Google

Porzellanfabrik zu Kloster Veilsdorf

Veilsdorf (Werra)

Gegründet 1765, Aktiengesellschaft seit 1884

Werke in Kloster Veilsdorf, Eisfeld, Brattendorf, Meuselwitz u. Kronach i. Bay.

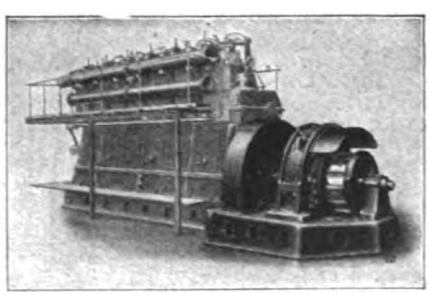
Freileitungsisolatoren, Montage- und Installations-Porzellan für Hoch- und Niederspannung, technische Porzellane aller Art

Prüfanlagen bis 500 000 Volt, eigene Versuchslaboratorien, neuzeitlich eingerichtete Matrizen-Werkstätten

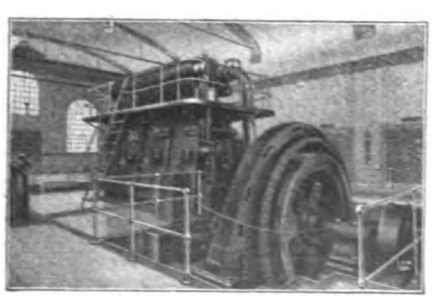
Wir führen alle vom VDE genormten Porzellanteile

LLOYD

Gleichstrom
600 kW
260 U. p. Min.
230 Volt



DIESEL-AGGREGATE



Drehstrom
850 kVA
187 U. p. M.
5000 5250 Volt

LLOYD DYNAMOWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BREMEN

WEILO

TRANSFORMATOREN
für jeden Verwendungszweck

Kurze Lieferzeiten!

H. Weiland, Berlin SO 36
Reichenberger Straße 79-80

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 1. Mai 1930 | Heft 18

Chemisch-technologische Arbeiten im Dresdner Dielektrischen Institut.

Von A. Bültemann, Dresden.

Übersicht. Im folgenden werden Angaben über die chemisch-technologischen Arbeiten im Dielektrischen Institut gemacht, aus denen hervorgeht, wie eine stoffliche Vervollkommnung der elektrischen Nichtleiter herbeigeführt wird.

Die Wichtigkeit chemischer Mitarbeit bei der Vervollkommnung der isolierenden Baustoffe in der Elektrotechnik wurde schon früh erkannt. So hielt der damalige Direktor der Westinghouse Co. Dr. M. v. Recklinghausen im Jahre 1903 im New-Yorker Chemiker-Klub einen Vortrag, betitelt: Isoliermaterial, ein Feld für den Chemiker. Er verlangt darin, daß die Chemie hier weit mehr zu leisten habe. Bedauerlicherweise fehle jedoch dem Chemiker der Blick für dieses wichtige Betätigungsfeld und er besitze nur eine geringe Würdigung für die enormen Werte, welche die chemische Arbeit auf diesem Gebiet für den Fortschritt der elektrischen Industrie zu bieten vermöge.

Die gleiche Forderung nach weitgehender Beteiligung der Chemie bei der Schaffung betriebsicherer Isolierstoffe ist seitdem oft erhoben worden, u. a. 1927 seitens des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie auf der Berliner Werkstofftagung. Ein Fortschritt fand statt, als die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e. V. auf Vorschlag von A. Matthias im März 1926 zu 2tägigen Verhandlungen nach Wiesbaden einlud, um hier ausschließlich isoliertechnische Fragen zu besprechen. An diesen Sitzungen beteiligten sich 200 sachverständige Herren aus Technik und Wissenschaft. Bald darauf konnte Geh. Rat Fr. Foerster, Direktor des anorganischen Laboratoriums der Dresdner Technischen Hochschule, mit Genehmigung des sächsischen Volksbildungsministeriums dem Dielektrischen Institut große helle Räume in der neuen Technischen Hochschule zuweisen. Die AG. Sächsische Werke und Dr.-Ing. Wöhrle als deren Vertreter interessierten wirtschaftliche Kreise sowie die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen für die chemisch-technologische Isolierstoff-Forschung.

Angesichts der Tatsache, daß die systematische und alle elektrischen Isolierstoffe umfassende chemische Bearbeitung der Dielektrika trotz der sonst sehr rührigen chemischen Wissenschaft in diesem Falle lange auf sich warten ließ, legt man sich die Frage vor, weshalb dies bei der stets betonten Wichtigkeit möglich war. Die Gründe für das Fehlschlagen solcher Bemühungen dürften darin zu suchen sein, daß den Voraussetzungen nicht entsprochen wurde. Es ist hier die Bedingung zu erfüllen, daß der Chemiker den Betriebsverhältnissen in elektrischen Anlagen nicht fremd gegenübersteht und vor allen Dingen die Gesetze der elektrischen Festigkeitslehre kennt. Diese gründet sich auf außerordentlich umfangreiche Forschungen experimenteller Art, welche die Unterlagen zu bilden haben, auf denen die chemische Arbeit dann einsetzt. Die Spannungsverteilung in der nichtleitenden Substanz, das Verhalten von freien Ladungen und geladenen Teilchen unter elektrischen Feldern in reinen Kristallen und in technischen Isolierstoffen, der Durchgang von Elektrizität durch einfache und gemischte Gase verschiedenen Druckes, durch Flüssigkeiten, plastische Massen und feste Körper, Beginn der Zerstörung infolge Gasdurchbruches bei Gleich-, Wechselstrom- und Stoßspannung, bei verschiedenen Frequenzen, Temperaturen und Zeiten usw. stellen ein buntes Bild vielseitiger Erkenntnis dar. Aus alledem ergibt sich, daß Isolierstoffe mit um so günstigeren dielektrischen Werten entstehen, je mehr sie dem Begriff der chemischen Reinheit und der technologischen Einheitlichkeit entsprechen, Eigenschaften, welche bis zum Äußersten leider schwer erfüllbar sind. Der Umstand, daß die Elektrotechnik ganz wesensverschiedene Nichtleiter aus fast allen Stoffarten braucht, macht es nötig, daß ein volles abgerundetes Studium der Chemie für diejenigen Herren vorauszugehen hat, welche mit chemischen Isolierstofffragen sich beschäftigen wollen. Zweckmäßig hat hinzuzukommen eine erweiterte Kenntnis der Elektrolyse von Flüssigkeiten und festen Körpern, der Elektro-Endosmose, der Elektrokapillarität und der kolloidchemischen Erscheinungen.

Eine Frage von Bedeutung, welche dem Dielektrischen Institut vor drei Jahren vorgelegt wurde, war folgende. Großverbraucher hatten die Erfahrung gemacht, daß Hartpapierdurchführungen mit und ohne Kondensatoreinlagen in 100 kV-Netzen bei der Abnahmeprüfung gute elektrische Werte ergeben, aber trotzdem nach mehr oder weniger langer Betriebszeit zu Bruch gehen. In vielen Fällen gab schon die chemische Analyse allein den Grund des Versagens an, in anderen Fällen kam noch der ungünstige technologische Aufbau hinzu. Auch die Beschaffenheit des Bindemittels spielt infolge der verschiedenen Betriebsbedingungen eine Rolle. Ähnliche Verhältnisse ergaben sich bei Hochfrequenzkondensatoren, Rohren in Kabelkondensatoren, Schaltertraversen, Tragrohren, Distanzstücken, Schubstangen, Schaltstangen, lagengepreßten und massegepreßten Platten aus Zellstoffmaterial mit einem Bindemittel u. a.

Zugleich mit derartigen Nichtleitern wurden die Lacke untersucht. Diese Gruppe von isolierenden Mitteln kann gar nicht wichtig genug eingeschätzt werden, es finden sich die unterschiedlichsten Fabrikate im Handel. Außerdem kommt es sehr darauf an, in welcher Weise die Lackierung stattfindet. Ferner sind hier die Eigenschaften der Unterlagen, ob Hartpapier, Umspinnungen usw., zu berücksichtigen. Festgestellt ist, daß der sicherste Schutz von Hartpapierdurchführungen gegen Feuchtigkeit dann zustande kommt, wenn man die Stücke mit Porzellanrohr einhüllt und den Zwischenraum von Hartpapierkörper und Porzellan mit Kohlenwasserstoffen ausgießt. Die Prüfungen an Hartpapier-Wanddurchführungen, bei denen ein Ende lackiert und mit Porzellanüberwurf geschützt, das andere Ende nur lackiert wurde, haben gezeigt, daß sich die Feuchtigkeit in den Schichten unter einem gut deckenden Lack, welcher optisch weder Risse noch sonstige Beschädigungen erkennen läßt, um 2 ... 3 % im Laufe der Zeit vermehrt hat. Dieser Zuwachs fehlt unter dem porzellanbewehrten Teil. Die Gasdurchlässigkeit von dünnen Ausschnitten aus gewickelten, lagengepreßten und ungeschichteten Zellstoffbindemittel-Körpern, Überzügen und Lackierungen, welche hier mit einem Normalapparat gemessen wird, gestattet eine gute Beurteilung der dielektrischen Sicherheit.

Die Ausgußmassen können vielerlei Mängel besitzen. Außer solchen Bestandteilen, welche ein merkliches Schwinden zur Folge haben, spielt der Gehalt an elementarem Kohlenstoff eine beachtliche Rolle, vor allem aber der Feuchtigkeits- und Gasgehalt. Mehrfach wurden Imprägniermittel festgestellt, welche säurehaltig waren. In einem dieser Fälle hat dies außer zu Sachschäden zu

Digitized by Google

schweren Körperverletzungen geführt. Die Öle in Durchführungen veranlaßten mehrfach die Zerstörung der Isolation. Verbraucher von massegefüllten Durchführungen ließen wissen, daß ihnen an Konstruktionen gelegen ist, welche frei von explosiven und brennbaren Bestandteilen sind. Deshalb wurden Untersuchungen an sog. Mehrrohr-Durchführungen vorgenommen, welche aus ineinandergeschachtelten Rohren keramischer Stoffe bestehen und durch eine nicht treibfähige, unbrennbare Schicht miteinander verbunden sind. Die interessierten Stellen, Erzeuger wie Verbraucher, teilten uns übereinstimmend mit, daß die Prüfungen der rein elektrischen Eigenschaften günstig verlaufen sind und keinerlei Bedenken ergeben. Sie forderten nunmehr bei uns eine Beurteilung nach der chemisch-technologischen Seite. Die hier vorgenommenen eingehenden Arbeiten an verschiedenen Fabrikaten haben zu dem Ergebnis geführt, daß eine Sprengwirkung durch die Zwischenmasse an den eingelieferten Erzeugnissen nicht zu befürchten ist.

Von den verschiedenen Gruppen von Nichtleitern, welche hier chemisch-technologisch untersucht sind, wurden schon einige genannt. Es kommen hinzu Harze und Kunstharze, darunter Kondensationsprodukte von Phenolen und Aldehyden, ferner Kitte aus Metallverbindungen mit organischen Substanzen und Verbindungsmassen mehrteiliger Freileitungsisolatoren, Kabel in bezug auf Isolationsstoffe und Aufbau, insbesondere auf ablösbare Gase, Korrosionserscheinungen an Bleimänteln, Porzellan, Sillimanit und Glas, Glimmer und Mikanit, Transformator-, Schalter-, Kabelöle, Lacke verschiedenster Art, imprägnierte Holzsorten, welche teilweise unter Öl, teilweise als Hängeisolatoren in Lufträumen Verwendung finden, Papiere, isolierende Gewebe, Generatorwicklungen, Wickelköpfe an Großkraftmaschinen u. a.

Bei den aufgeführten Stücken handelt es sich in vielen Fällen um zu Bruch gegangenes Nichtleitermaterial. Wir sind allen Einsendern von Untersuchungstoffen verbunden, wenn uns so genau wie möglich die Umstände mitgeteilt werden, unter denen der Nichtleiter versagt hat. Solche Angaben tragen zur Beurteilung der elektrischen und mechanischen Belastung zur Zeit des Versagens bei. Prof. A. Rachel, Vorstandsmitglied der ASW. hat in dankenswerter Weise das Dielektrische Institut durch Beibringung der wahrscheinlichen Umstände, unter denen die Betriebschäden entstanden sind, in weitgehender Weise unterstützt. Es bringt sicher großen Nutzen, wenn dies allgemein durchgeführt wird. Besonders bei den von uns ausgearbeiteten Liefervorschriften betr. die chemisch-technologischen Anforderungen an die Beschaffenheit der verschiedenen Dielektrika hat die Gemeinschaftsarbeit mit der Praxis erhebliche Vorteile gebracht.

Das Dielektrische Institut untersucht natürlich nicht nur gebrauchte und beschädigte Isolierstoffe, sondern in gleicher Weise die fabrikneuen. Meistens werden sie von dritter Seite im offenen Handel bezogen. Die Verbraucherkreise pflegen uns eine Anzahl Stücke verschiedener Fabrikation für den gleichen Verwendungszweck zuzusenden und verlangen dann Werturteile in chemisch-technologischer Hinsicht, um beim Einkauf die Ware zu kennen. Ebenso lassen Hersteller von Isolierstoffen ihre Fabrikate bei uns kontrollieren mit der Absicht, Änderungen und eventuell eine Bekanntgabe der Untersuchungsergebnisse vorzunehmen.

Die steigende Bedeutung der Zellstoff-Bakelite-Isolierstoffe in Hochspannungsanlagen hat es mit sich gebracht, daß diesen Dielektrika bei uns wegen ihrer guten mechanischen Eigenschaften eine große Aufmerksamkeit geschenkt wird. In dem im Februar d. J. herausgekommenen 2. Forschungsheft der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen e. V. ist vom Verfasser über „Neue Erkenntnisse über die Betriebsicherheit von Hartpapier- und Preßmaterialien für Hochspannungsanlagen" berichtet worden[1]. Während man früher die innere Feuchtigkeit der Isolierstoffe hauptsächlich als dielektrisch schädlich angesehen hat, kommt jetzt der Gehalt an adsorbierten und okkludierten Gasen hinzu. Wir haben zahlenmäßige Beweise gebracht, daß überraschend große Gasmengen in den Kapillarsystemen der Faserbestandteile vorhanden sind. Diese Gase besitzen einen verschiedenen Grad der Ablösbarkeit und spielen für eine dauernd zuverlässige elektrische Isolation eine große Rolle. Auch pflegen wir das Verhalten von Isolierstoff unter Öl bei verschiedenen Temperaturen zu beobachten. Dieses Verfahren führt im allgemeinen nicht zu quantitativen Gaswerten, es ist aber aufschlußreich für die Beziehungen zwischen Öl und Dielektrikum. Festgestellt wurde, daß manche Ölsorten und auch andere Flüssigkeiten, z. B. Xylol, leicht Gas aus ihrer Umgebung lösen. Der Wassergehalt in Xylol, Transformatorölen, Paraffinöl, Anilin u. a. ist mit zu berücksichtigen.

Bei den chemisch-technologischen Untersuchungen elektrischer Isolierstoffe ist wissenswert und oft unerläßlich die Kenntnis der elektrischen Eigenschaften, wie Durchschlagfestigkeit, Leitvermögen, dielektrische Verluste, Dielektrizitätskonstante u. a. Wohl besitzen wir für die Messung der Durchschlagfestigkeit 2 Prüftransformatoren; wir pflegen die hier gemessenen elektrischen Befunde aber meistens nicht weiterzugeben, sondern befinden uns in dauernder Verbindung mit dem Hochspannungslaboratorium der T. H. Berlin. Es besteht zwischen Prof. A. Matthias bzw. der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen und uns eine Gemeinschaftsarbeit. Von einer derartigen Methode, die Nichtleiter zu untersuchen, hängt sehr viel ab.

Die nichtgeschichteten Faserstoffe besitzen auf Grund unserer Untersuchungen gegenüber den lagengepreßten und gewickelten Hartpapier-Isolierstoffen Vorzüge. Es wurde deshalb für die Herstellung geschichteter und ungeschichteter Nichtleiter ein Sonderlaboratorium eingerichtet mit einer hydraulischen Preßanlage, verschiedenen mehrteiligen Matrizen aus Stahl und Aluminiumlegierungen, welche elektrisch heizbar und durch innere Kanäle infolge Wasseranschlusses kühlbar sind. Die Aluminiummatrizen sorgen infolge der vergrößerten Wärmeleitfähigkeit für eine schnelle, gleichmäßige Temperaturverteilung. Ferner steht eine Anzahl Aufbereitungsmaschinen mit motorischem Antrieb zur Verfügung.

Die Untersuchungen des technologischen Aufbaues von Ölen und anderen isolierenden Flüssigkeiten, von Ausgußmassen und sonstigen Nichtleitern in fester Form werden aller Voraussicht nach wertvolle Beiträge für den elektrischen Durchgang durch diese Stoffe liefern. Die sich hier abspielenden Vorgänge sind äußerst verwickelt, weil wir wenig über die Gasbindungen und die Gasübersättigung im Gefüge der Stoffteile wissen. Wir können daher nicht die Gasräume und -drucke an jedem Punkt des Isolierstoffes bestimmen und infolgedessen nichts aussagen über die Art der Gasbewegungen unter elektrischen Feldern und die damit zusammenhängende Zerstörung des Isolierstoffes. In den Ölen sind dauernd veränderliche Gleichgewichte vorhanden, sie werden mit hervorgerufen durch die Ablösbarkeit der Gase bei Eindringen von Feuchtigkeit, durch die isolierenden und metallischen Konstruktionsteile und durch die Lösungsgeschwindigkeit der umgebenden Gase. Hierüber wird demnächst berichtet.

Bei den weiter eingeleiteten Arbeiten werden die stofflichen Veränderungen aller Dielektrika, der organischen wie der anorganischen, bei gleichzeitiger Belastung durch starke Felder, Erwärmung und Zeiten untersucht. Wenn die Vorgänge der mehr oder weniger schnell eintretenden Zerstörung näher erkannt sind, können leichter zielsichere Bemühungen zur Verbesserung der Isolierstoffe vorgenommen werden.

Ein großer Vorteil besteht bei unseren Arbeiten insofern, als wir uns mit chemisch-technologischen Untersuchungen aller der verschiedenartigen Isolierstoffe befassen. Die Erscheinungen, welche in einem Falle kaum merklich auftreten können, sind in anderen Fällen klar ausgeprägt. Vergleiche zwischen solchen Isolierstoffen haben oft zu wichtigen Entdeckungen geführt und die Erkenntnisse beschleunigt.

Eine umfassende wissenschaftliche chemisch-technologische Isolierstoff-Forschung ist im Entstehen, die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung des jeweilig verwendeten Dielektrikums und dem elektrischen Feld beginnen sich zu klären, die Betriebsicherheit der isolierenden Baustoffe wächst daher. Ein Forschungsinstitut hat heute mehr als je produktive Aufgaben zu lösen.

[1] Referat auf S. 647 dieses Heftes.

Digitized by Google

Rückkopplung über die gemeinsame Anodenspannungsquelle einer Verstärkerkette.

(Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium des Wernerwerkes der Siemens & Halske AG.)

Von **R. Tamm**, Berlin.

Übersicht. Bei Verstärkerketten läßt es sich praktisch nicht vermeiden, daß verstärkte Energie von den Endstufen her über unvermeidliche Kopplungswege zum Anfang zurückgelangt, wodurch bei geeigneten Amplituden- und Phasenbeziehungen Selbsterregung eintreten kann. Der wichtigste dieser Rückkopplungswege ist der innere Widerstand der gemeinsamen Anodenspannungsquelle. Für die Bemessung des Gerätes ist es wichtig, den Einfluß der Rückkopplung zahlenmäßig zu erfassen. Es wird gezeigt, daß es bei reinen CW-Verstärkern in den meisten Fällen genügt, die Rückkopplungsverhältnisse eines Rückkopplungsweges bei einer einzigen kritischen Frequenz zu untersuchen. Je nach Aufbau des Verstärkers ergeben sich verschiedene kritische Frequenzen. Im allgemeinsten Fall genügt die Konstruktion je eines gebrochenen Linienzuges für Verstärkung und Dämpfung. Bei Übertragerkopplung der Verstärkerkette und Drosselkondensatorsiebung der Anodenspannung muß man das Gebiet untersuchen von der unteren Grenze des verstärkten Frequenzbandes herab bis zu der Frequenz, für die der Verstärkungsfaktor 1 wird, d. h. keine Verstärkung mehr stattfindet.

1. Allgemeines über Rückkopplungen. Definitionen[1].

Ein Generator im Eingangskreis eines Verstärkers erzeuge an den Klemmen des Verstärkers die Spannung $\mathfrak{V}_0$. Führt man jetzt eine Rückkopplung ein, so entsteht im Eingangskreis eine zusätzliche Spannung $\mathfrak{r}\,\mathfrak{V}_1$ (Abb. 1). Dabei ist $\mathfrak{V}_1$ die nunmehr an den Klemmen liegende Spannung und $\mathfrak{r}$ eine komplexe frequenzabhängige Zahl, die das Verhältnis der über den Rückkopplungsweg zurückkommenden Spannung zur Klemmenspannung angibt. Wir nennen $\mathfrak{r}$ den Rückkopplungsfaktor. Demnach ist

$$\mathfrak{V}_1 = \mathfrak{V}_0 + \mathfrak{r}\,\mathfrak{V}_1 \quad . \quad (1)$$

oder

$$\mathfrak{V}_1 = \mathfrak{V}_0 \frac{1}{1-\mathfrak{r}} \quad . \quad . \quad (2)$$

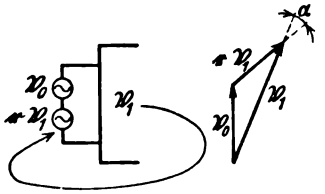


Abb. 1. Prinzip der Rückkopplung.

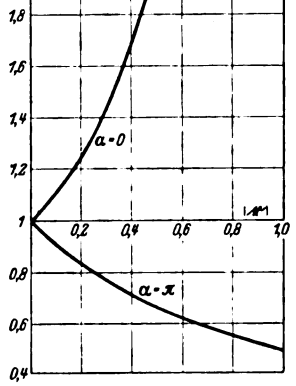


Abb. 2. Verzerrungsfaktor als Funktion des Rückkopplungsfaktors.

Durch den Rückkopplungsfaktor $\mathfrak{r}$ sind demnach die Rückkopplungsverhältnisse eindeutig definiert. Aus Gl. (2) sehen wir auch die Wirkung der Rückkopplung. Die tatsächlich an den Klemmen liegende Spannung $\mathfrak{V}_1$ unterscheidet sich in Größe und Phase von $\mathfrak{V}_0$. Wir bezeichnen mit $\mathfrak{G}$ den Verzerrungsfaktor, dann ist

$$\mathfrak{V}_1 = \mathfrak{V}_0\,\mathfrak{G}$$

$$\mathfrak{G} = \frac{1}{1-\mathfrak{r}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$\mathfrak{G}$ wird unendlich, d. h. der Verstärker pfeift bei $\mathfrak{r} = 1$.

In vielen Fällen muß man nicht nur die Pfeiffreiheit des Verstärkers sicherstellen, sondern darüber hinaus verlangen, daß die Rückkopplungsverzerrungen der Verstärkungskurven unterhalb gewisser Grenzen bleiben. Der Verzerrungsfaktor $\mathfrak{G}$ darf sich dann nur in gewissen Grenzen vom Werte $+1$ entfernen. Im allgemeinen interessiert die Phase von $\mathfrak{G}$ nicht, sondern nur der Betrag.

Es wird häufig leicht sein, den Betrag des Rückkopplungsfaktors $\mathfrak{r}$ oder dessen oberen Grenzwert richtig abzuschätzen. Es ist jedoch meistens schwierig, den Phasenwinkel von $\mathfrak{r}$ zu berechnen, da der Rückkopplungsweg kompliziert ist und die Scheinwiderstände nur ungenau bekannt sind. Mit Rücksicht auf die großen Vereinfachungen, die sich dadurch für die Berechnung ergeben, wollen wir darauf verzichten, den Phasenwinkel von $\mathfrak{r}$ zu berechnen und wollen den Betrag von $\mathfrak{r}$ der Rechnung zugrunde legen, müssen jedoch damit rechnen, daß wir in gewissen Frequenzgebieten den Rückkopplungsfaktor kleiner machen als es eigentlich notwendig wäre. Der Betrag von $\mathfrak{G}$ ist nun durch den Betrag des Rückkopplungsfaktors $\mathfrak{r}$ nicht eindeutig definiert. Liegt der Phasenwinkel α von $\mathfrak{r}$ bei Null, so ist $|\mathfrak{G}| > 1$, liegt der Phasenwinkel α von $\mathfrak{r}$ bei π, so ist $|\mathfrak{G}| < 1$. Abb. 2 zeigt den Zusammenhang zwischen $|\mathfrak{r}|$ und $|\mathfrak{G}|$ für die extremen Phasenwinkel von $\mathfrak{r}$. Für beliebige Phasenwinkel liegen die Werte von $|\mathfrak{G}|$ zwischen den beiden gezeichneten Kurven.

Läßt man für die Rückkopplungsverzerrung einen Wert von beispielsweise 0,2 Neper zu, so darf der Verzerrungsfaktor $\mathfrak{G}$ zwischen $e^{-0,2}$ und $e^{+0,2}$ liegen, d. h. zwischen 0,82 und 1,22. Aus diesen Werten folgt für gleichphasige Rückkopplung ein Wert $\mathfrak{r} = 0{,}18$ und für gegenphasige Rückkopplung $|\mathfrak{r}| = 0{,}22$. Man kann also für derartig kleine Verzerrungen den zulässigen Rückkopplungsfaktor gleich der zulässigen Rückkopplungsverzerrung in Neper setzen. Welcher Wert des Verzerrungsfaktors $\mathfrak{G}$ und damit des Rückkopplungsfaktors $|\mathfrak{r}|$ noch zulässig ist, ist von Fall zu Fall zu entscheiden. Bestehen mehrere Rückkopplungswege innerhalb des Verstärkers, so addieren sich die Wirkungen. Bei getrennter Behandlung der einzelnen Wege muß man mit dem ungünstigsten Fall phasengleicher Zusammensetzung rechnen. Damit ist die gestellte Aufgabe zurückgeführt auf die Aufgabe, den Betrag $|\mathfrak{r}|$ des Rückkopplungsfaktors zu bestimmen.

Bevor wir in den folgenden Abschnitten hieraus Vorschriften für die Bemessung der Schaltelemente einiger wichtiger Verstärkungsschaltungen ableiten, wollen wir für den hier allein untersuchten Fall der Rückkopplung über den inneren Widerstand der Anodenspannungsquelle den Rückkopplungsfaktor $\mathfrak{r}$ etwas genauer betrachten. $\mathfrak{r}$ ist ein Spannungsübersetzungsfaktor und setzt sich im wesentlichen aus zwei Faktoren zusammen:

$$\mathfrak{r} = \ddot{\mathfrak{u}}_v\,\ddot{\mathfrak{u}}_r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Es soll $\ddot{\mathfrak{u}}_v$ den Verstärkungsfaktor von der Anodenbatterie (B) der Vorröhre über das Gitter der ersten (A) bis zur EMK der letzten Röhre (E) des betrachteten Rückkopplungskreises bedeuten (Abb. 3). Dieser Wert $\ddot{\mathfrak{u}}_v$ zerfällt in zwei Faktoren:

1. $\ddot{\mathfrak{u}}_{BA}$, die Spannungsübersetzung von der Anodenbatterie B bis zum Gitter der Röhre A (dabei ist der Betrag $|\ddot{\mathfrak{u}}_{BA} < 1$). Obwohl der Wert $\ddot{\mathfrak{u}}_{BA}$ einen Dämpfungsfaktor darstellt, wird er als Teil des Verstärkungsfaktors behandelt, da er den gleichen Frequenzgang hat wie dieser.
2. $\ddot{\mathfrak{u}}_{AE}$, die Spannungsübersetzung vom Gitter der Röhre A bis zur EMK im Anodenkreis der Röhre E.

Dann ist:

$$\ddot{\mathfrak{u}}_v = \ddot{\mathfrak{u}}_{BA}\,\ddot{\mathfrak{u}}_{AE} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Der Dämpfungsfaktor $\ddot{\mathfrak{u}}_r$ rechnet dann von der EMK der letzten Röhre bis zur Anodenbatterie der Vorröhre der ersten Röhre des betrachteten Rückkopplungskreises,

$$\ddot{\mathfrak{u}}_r = \ddot{\mathfrak{u}}_{EB} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Damit wird der Rückkopplungsfaktor

$$\mathfrak{r} = \ddot{\mathfrak{u}}_v\,\ddot{\mathfrak{u}}_r = \ddot{\mathfrak{u}}_{BA}\,\ddot{\mathfrak{u}}_{AE}\,\ddot{\mathfrak{u}}_{EB} \quad , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

d. h. der Rückkopplungsfaktor $\mathfrak{r}$ ist das Produkt der Spannungsübersetzungen in einem geschlossenen Kreis.

[1] Vgl. a. Barkhausen, Elektronenröhren Bd. 2, S. 52 ff. Da hier die Problemstellung eine andere ist, sind andere Bezeichnungen gewählt. Vor allem ist hier der Rückkopplungsfaktor anders definiert. — K. Feldtkeller, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 14, S. 274 (1925) u. Bd. 15, S. 97 (1926). — J. E. Anderson, Proc. Inst. Rad. Engs. Bd. 15, S. 195 (1929). — Während der Drucklegung erschien: G. Lubszynski, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 500 (1929).

Digitized by Google

Selbstverständlich ist es nicht nötig, daß der Rückkopplungsweg über die erste oder die letzte Röhre der Verstärkerkette geht, er kann vielmehr irgendwo innerhalb des Verstärkers verlaufen. Gl. (7) gilt ganz allgemein auch für Rückkopplungen über die Heizbatterie oder über die Gitterbatterie, als Beispiel wird hier der Fall der Rückkopplung über die Anodenspannungsquelle genauer untersucht.

2. Rückkopplung über den inneren Widerstand einer Trockenbatterie.

Ist die Anodenspannungsquelle eine Trockenbatterie, so ist der innere Wechselstromwiderstand praktisch rein ohmscher Natur, u. zw. ist er verschieden je nach Fabrikat, Alter und Entladungszustand der Batterie von wenigen Ohm bis zu mehreren hundert Ohm. Der Dämpfungsfaktor $\ddot{u}_r$ ist dann bei reiner CW-Schaltung frequenzunabhängig (vgl. Abb. 4). Die kritische Frequenz, für die der Rückkopplungsfaktor $|\ddot{u}_v| \cdot |\ddot{u}_r|$ und damit die Gefahr der Selbsterregung am größten ist, ist demnach die, bei der die Verstärkung $|\ddot{u}_v|$ am größten ist. Sie kann also irgendwo im Bereiche des horizontalen Verlaufes der zulassen, wenn die Rückkopplungsverzerrung nicht größer als $|r|$ werden darf. Eine Beeinflussung des Gitters der *I.* Röhre findet praktisch nicht statt.

Beispiel: Wir wählen den Widerstand der Anodenbatterie zu 100 Ω, die inneren Widerstände aller Röhren zu 10 000 Ω und den Anodenwiderstand der ersten Röhre zu 40 000 Ω. Der Anodenwiderstand der Endröhre soll einmal 10 000 Ω, das andere Mal 100 000 Ω betragen, womit wir seinen Einfluß auf die erreichbare Verstärkung auffällig zeigen wollen. Die Rückkopplungsverzerrung soll 0,1 Neper betragen dürfen. Mit diesen Werten berechnen sich nach Gl. (10) und (8)

$$R_{aE} = 10\,000\ \Omega \qquad R_{aE} = 100\,000\ \Omega$$

$$\ddot{u}_{EB} \approx {}^1/_{200} \qquad \ddot{u}_{EB} \approx {}^1/_{1100}$$

$$\ddot{u}_{B\,II} = {}^1/_5 \qquad \ddot{u}_{B\,II} = {}^1/_5 .$$

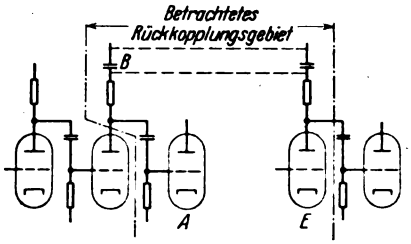


Abb. 3. Abgrenzung des betrachteten Rückkopplungsgebiets.

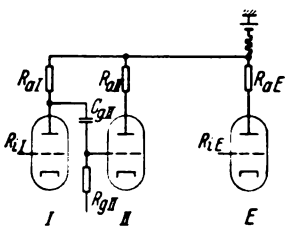


Abb. 4. Rückkopplung über eine gemeinsame Batterie.

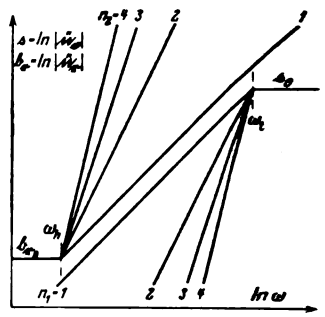


Abb. 5. Frequenzgang der Verstärkungs- und Dämpfungskurven.

Verstärkungskurve liegen und wird im einzelnen durch die Phasenbeziehung bestimmt. Der Rückkopplungsfaktor $|r| = |\ddot{u}_v| \cdot \ddot{u}_r$ muß unterhalb eines durch die zulässige Rückkopplungsverzerrung bestimmten Wertes bleiben (z. B. $< 0{,}2$). In der in Abb. 4 gezeigten Schaltung besteht ein gefährlicher Rückkopplungsweg von der Anode der letzten Röhre (*E*) auf das Gitter der *II.* Röhre.

Der Verstärkungsfaktor $|\ddot{u}_{IIE}$ vom Gitter der *II.* Röhre bis zur EMK der Röhre *E* ist bekannt oder läßt sich leicht berechnen. Wenn man den Widerstand des Gitterkondensators klein und den Gitterwiderstand selbst groß genug annimmt, so tritt eine Spannungsteilung an den ohmschen Widerständen R_{aI} und R_{iI} ein. Es ist dann

$$\ddot{u}_{B\,II} \approx \frac{R_{iI}}{R_{aI} + R_{iI}} \cdot \qquad (8)$$

Der Dämpfungsfaktor $|\ddot{u}_r|$ berechnet sich folgendermaßen: Eine Wechsel-EMK *e* im Anodenkreis der letzten Röhre wird an den Widerständen $R_{iE} + R_{aE}$ und R_B geteilt, so daß am inneren Widerstand der Batterie (R_B) eine Spannung

$$e \frac{R_B}{R_{iE} + R_{aE} + R_B} \qquad (9)$$

auftritt. Dabei ist stillschweigend angenommen, daß die zu R_B parallel geschalteten Widerstände $(R_{aI} + R_{iI})$, $(R_{aII} + R_{iII})$, ... groß gegen R_B sind. — Demnach ist

$$|\ddot{u}_{EB} = \frac{R_B}{R_{iE} + R_{aE} + R_B} \cdot \qquad (10)$$

Der Rückkopplungsfaktor ist dann

$$r = \ddot{u}_{IIE} \cdot \ddot{u}_{EB} \cdot \ddot{u}_{B\,II}$$

$$r = |\ddot{u}_{IIE} \cdot \frac{R_{iI}}{R_{aI} + R_{iI}} \cdot \frac{R_B}{R_{iE} + R_{aE} + R_B} \cdot \qquad (11)$$

Daraus ergibt sich, daß die Rückkopplungsgefahr bei gleicher Verstärkung $\ddot{u}_{IIE}$ um so geringer ist, je kleiner einerseits der innere Widerstand R_B der Batterie ist, anderseits aber auch je größer der Anodenwiderstand R_{aE} der letzten Röhre und je größer R_{aI} im Verhältnis zu R_{iI} ist. Man kann bei einer derartigen Kaskade ohne besondere Entkopplungen für die Verstärkung $\ddot{u}_{IIE}$ höchstens den Grenzwert

$$\ddot{u}_{IIE} \leq \frac{|r|}{\ddot{u}_{EB} \cdot \ddot{u}_{B\,II}} \cdot \qquad (12)$$

Die erreichbare Verstärkung wird mit dem Rückkopplungsfaktor $|r = 0{,}1$ nach Gl. (12)

$$\ddot{u}_{IIE} < 100 \qquad \ddot{u}_{IIE} < 550 ,$$

d. h. im ersten Fall darf die Verstärkung vom Gitter der zweiten Röhre bis zur EMK der letzten höchstens 100, im zweiten Fall höchstens 550 betragen. Die Pfeifgrenze, bei der $r = 1$ wird, würde bei einer Verstärkung von 1000 bzw. 5500 erreicht. Wird die Vorröhre aus irgendeinem Grund außer Betrieb gesetzt, so setzt die Selbsterregung bereits bei einer 200- bzw. 1100fachen Verstärkung ein.

3. Rückkopplung über eine Anodenspannungsquelle mit frequenzabhängigem inneren Widerstand.

I. Reine CW-Schaltungen.

Die Gefahr der Rückkopplung über den inneren Widerstand der Anodenspannungsquelle besteht vor allem auch da, wo der Scheinwiderstand der Anodenspannungsquelle im wesentlichen der eines Kondensators ist, z. B. in Netzanschlußgeräten und bei sonstiger „gesiebter" Gleichspannung. Bei solchen Geräten ist für niedrige Frequenzen der innere Widerstand der Spannungsquelle (bzw. des Siebes) nur mit großem Aufwand an Kondensatoren klein zu halten und eine genaue Berechnung des zulässigen Höchstwertes ist deshalb aus wirtschaftlichen Gründen besonders erwünscht.

Aufsuchen der kritischen Frequenz. Die Pfeifgrenze $r = 1$ darf selbstverständlich für keine Frequenz zwischen 0 und ∞ überschritten werden. Innerhalb des übertragenen Frequenzbandes darf der Rückkopplungsfaktor r mit Rücksicht auf den Verzerrungsfaktor Θ sogar nur wenige Zehntel betragen. Jeder Verstärker hat eine bestimmte Frequenzbandbreite, innerhalb der alle Frequenzen praktisch im gleichen Maße verstärkt werden. Innerhalb dieses Frequenzbandes ist selbstverständlich die niedrigste Frequenz die gefährlichste, da hier bei gleichem Übertragungsfaktor $\ddot{u}_v$ des Verstärkers der Übertragungsfaktor $\ddot{u}_r$ des Rückkopplungsweges am größten ist. Frequenzen oberhalb des übertragenen Frequenzbandes sind ungefährlich, da hier beide Übertragungsfaktoren klein werden.

Es bleibt noch zu untersuchen, ob bei ganz tiefen Frequenzen störende Rückkopplungen auftreten können. Um dies entscheiden zu können, ist in Abb. 5 der Frequenzgang beider Übertragungsfaktoren schematisch aufgetragen, u. zw. sind nicht die Spannungsübersetzungsfaktoren selbst, sondern ihre Logarithmen (*s* und b_r) auf-

Digitized by Google

getragen. Dadurch ergeben sich einfachere Kurven und übersichtlichere Verhältnisse. Es ist

$$|\ddot{u}_v| = e^{s} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

$$|\ddot{u}_r| = e^{-b_r} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

Damit wird der Rückkopplungsfaktor

$$r| = \ddot{u}_v| \cdot \ddot{u}_r| = e^{s-b_r} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

In Abb. 5 ist der einfachste Fall gewählt, daß alle Siebglieder im Verstärkungsweg (n_1) und ebenso die im Dämpfungsweg (n_2) die gleiche Grenzfrequenz haben. Der untere Abfall der Verstärkungskurve (s) ist durch die Gitterkondensatoren[2] bedingt (vgl. Abb. 6). Es ist dann

$$\frac{\mathfrak{B}_2}{\mathfrak{B}_1} = \frac{R_g}{R_g + \frac{1}{j\omega C_g}} \quad \ldots \quad (16)$$

$$\left|\frac{\mathfrak{B}_2}{\mathfrak{B}_1}\right| = \frac{\omega C_g R_g}{\sqrt{1+\omega^2 C_g^2 R_g^2}} \quad (17)$$

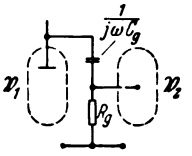


Abb. 6. Spannungsteilung im Gitterkreis.

Die Kurve wird im logarithmischen Maßstab für unsere Zwecke genügend genau durch den gebrochenen Linienzug der Asymptoten wiedergegeben (Abb. 7). (Man rechnet mit den Asymptoten etwas zu günstig.) Bezeichnet man die Frequenz, bei der sich beide Asymptoten schneiden, als „untere Grenzfrequenz" mit ω_t, so ist

$$\omega_t = \frac{1}{C_g R_g} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

Es gilt dann für

$$\left.\begin{aligned} \omega > \omega_t: \quad & \left|\frac{\mathfrak{B}_2}{\mathfrak{B}_1}\right| = 1 \\ \omega < \omega_t: \quad & \left|\frac{\mathfrak{B}_2}{\mathfrak{B}_1}\right| = \omega C_g R_g \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (19)$$

Sind mehrere (n_1) gleichartige frequenzbandbegrenzende Elemente vorhanden, so erhält man die in Abb. 5 eingetragenen Verstärkungskurven. Es ist dann für $\omega < \omega_t$:

$$\frac{\mathfrak{B}_2}{\mathfrak{B}_1} = (\omega C_g R_g)^{n_1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

$$|\ddot{u}_v| = |\ddot{u}_{v_0}| \cdot (\omega C_g R_g)^{n_1}, \quad \ldots\ldots \quad (21)$$

d. h. im doppelt logarithmischen Maßstab ist die Steigung der Geraden bei gleichem Ordinaten- und Abszissenmaßstab gleich tg n_1.

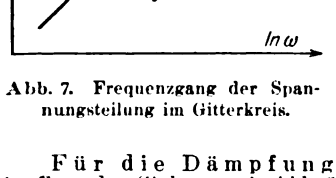


Abb. 7. Frequenzgang der Spannungsteilung im Gitterkreis.

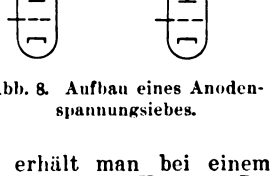


Abb. 8. Aufbau eines Anodenspannungssiebes.

Für die Dämpfung b_r erhält man bei einem Aufbau des Siebes nach Abb. 8 ganz ähnliche Kurven. Da die einzelnen Siebglieder im Gegensatz zu den durch Röhren getrennten Kopplungsgliedern unmittelbar miteinander verbunden sind, unterscheiden sich die b_r-Kurven von den s-Kurven allerdings im wesentlichen nur durch die Krümmung, die wir vernachlässigen wollen (für eine genaue Durchrechnung muß man selbstverständlich auf die genauen Formeln zurückgreifen). Die Steigung beträgt tg n_2. Hier sei die obere Grenzfrequenz

$$\omega_h = \frac{1}{R C_B}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (22)$$

dann ist für $\omega > \omega_h$:

$$\ddot{u}_r| = |\ddot{u}_{r_0}| \cdot \frac{1}{\omega R C_B}; \quad \ldots\ldots \quad (23)$$

für n_2 gleichartige Glieder erhält man für $\omega > \omega_h$:

$$|\ddot{u}_r| = |\ddot{u}_{r_0}| \cdot \frac{1}{(\omega R C_B)^{n_2}}. \quad \ldots\ldots \quad (24)$$

[2] A. Forstmann, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 28, S. 156 (1926). — H. F. Mayer, ETZ 1927, S. 10.

Der innere Widerstand der Gleichspannungsquelle und alle Querwiderstände für $\omega = 0$ der an das Sieb angeschlossenen Röhren sind als ∞ angenommen. Trifft dies nicht zu, so werden die Verhältnisse günstiger, $|\ddot{u}_{r_0}|$ ist dann nicht 1, sondern kleiner als 1.

Der Ordinatenunterschied der beiden Kurven s und b_r in Abb. 9 beträgt nach Gl. (15)

$$s - b_r = \ln|r|, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

gibt also direkt ein Maß für die Rückkopplungsneigung. In den gezeichneten Fällen ist ln $r|$ für alle Frequenzen negativ, d. h. $|r| < 1$. Die Rückkopplungsbedingung $|r| \geq 1$ ist erfüllt, wenn sich die Kurven schneiden, d. h. $s - b_r > 0$ wird. Man sieht daraus, daß eine Rückkopplung bei Frequenzen unterhalb ω_t nur dann berücksichtigt werden muß, wenn die Zahl der Siebglieder im Dämpfungszug (n_2) größer ist als die im Zuge der Verstärkung (n_1). Die Kurve der Dämpfung b_r verläuft dann steiler als die Kurve der Verstärkung s. Obwohl bei ω_t der ln $|r|$ noch negativ ist, können sich die Kurven bei tieferen Frequenzen schneiden (Abb. 10). In dem schraffierten Gebiet ist bei geeigneter Phasenlage Rückkopplung möglich.

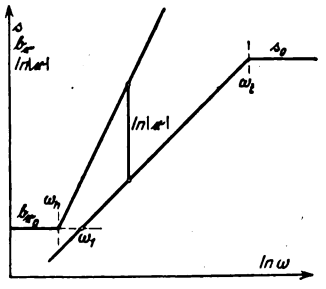


Abb. 9. Verstärkungs- und Dämpfungskurven für $n_2 > n_1$.

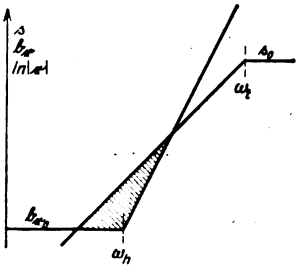


Abb. 10. Gebiet der möglichen Rückkopplung für $\omega < \omega_t$ bei $n_2 > n_1$.

Bei der Berechnung geht man derart vor, daß man die Zahl der frequenzbandbegrenzenden Elemente im Zug der Verstärkung (n_1) feststellt. Desgleichen zählt man die Widerstands-Kondensatorsiebglieder im Rückkopplungsweg des Anodenspannungskreises (n_2) ab.

Ist $n_1 > n_2$, so bestimmt man die untere Grenzfrequenz $\omega_t = 1/C_g R_g$ (sie ist meistens für alle Elemente nahezu gleich, u. zw. liegt sie mit Rücksicht auf Rückkopplungen und eventuell auch mit Rücksicht auf den Preis sehr nahe an der Grenze des gewünschten Frequenzbandes). Für diese Frequenz ω_t rechnet man noch mit der vollen Verstärkung s_0 und bestimmt daraus und aus dem zulässigen Wert für $|r|$ die notwendige Rückkopplungsdämpfung

$$e^{-b_r} = \frac{|r|}{e^{s}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (26)$$

Ist $n_1 < n_2$, so bestimmt man die Frequenz ω_1, für die der Verstärkungsfaktor $|\ddot{u}_v| = 1$ wird, d. h. keine Verstärkung mehr stattfindet. Da $|\ddot{u}_r|$ nie größer als 1 werden kann, ist für $|\ddot{u}_v| < 1$ eine Selbsterregung unmöglich, der Rückkopplungsfaktor $|\ddot{u}_v| \cdot |\ddot{u}_r|$ ist dann stets kleiner als 1. Die Bestimmungsgleichung für ω_1 lautet:

$$1 = e^{s_0} (\omega_1 R_g C_g)^{n_1}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

Die obere Grenzfrequenz ω_h muß dann kleiner als ω_1 sein.

Sind die unteren bzw. oberen Grenzfrequenzen (ω_t bzw. ω_h) unter sich nicht gleich, so konstruiert man angenähert die Verstärkungs- bzw. Dämpfungskurve.

a) Konstruktion des umhüllenden Linienzuges der Verstärkungskurve (Abb. 11). — Man berechnet die unteren Grenzfrequenzen für die einzelnen Kopplungsglieder und ordnet sie nach ihrer Größe. Es sei dann $\omega_{t_1} > \omega_{t_2} > \omega_{t_3} > \ldots\ldots$. Diese errechneten Werte trägt man als senkrechte Gerade in das Koordinatensystem s, ln ω ein. Dann zeichnet man die Verstärkungskurve als gebrochenen Linienzug: für $\omega > \omega_{t_1}$ ist $s = s_0$ eine Gerade parallel zur Abszisse. Im Schnittpunkt mit der ω_{t_1}-Linie hat die s-Linie einen Knick und verläuft bei gleichem Abszissen- und Ordinatenmaßstab unter 45° (Tangens = 1) weiter bis zum Schnittpunkt

Digitized by Google

mit der ω_{t_2}-Linie, von hier ab verläuft sie mit Tangens = 2 weiter usw. (Tangens = 3, 4, ...).

b) Konstruktion des umhüllenden Linienzuges der Dämpfungskurve (Abb. 12). Man bestimmt die Folge der $\omega_{h_1} < \omega_{h_2} < \omega_{h_3} < \ldots$, trägt diese als senkrechte Gerade ein und zeichnet den Linienzug $\omega < \omega_{h_1}$, $\mathfrak{b}_r = 0$. Vom Schnittpunkt mit der ω_{h_1}-Linie

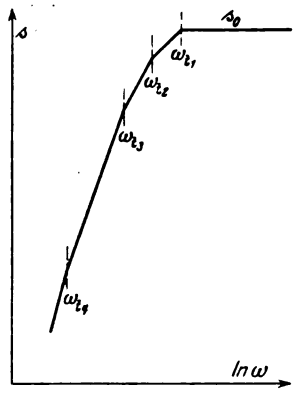


Abb. 11. Konstruktion der Verteilungskurve.

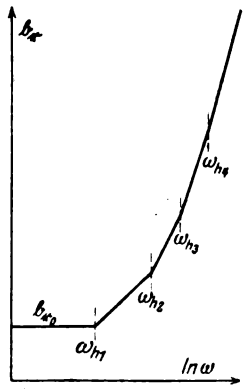


Abb. 12. Konstruktion der Dämpfungskurve.

ab verläuft er mit Tangens = 1 bis zur ω_{h_2}-Linie usw. (Tangens = 2, 3, ...).

Ist der Querwiderstand des Siebes für $\omega = 0$ (innerer Widerstand der Stromquelle und Belastungswiderstand) nicht unendlich groß, so ist $\mathfrak{b}_r$ für $\omega < \omega_{h_1}$ nicht Null, sondern hat einen Wert größer als Null. Dieser Wert läßt sich in jedem Fall einfach berechnen. Der weitaus häufigste Fall ist der, daß die Anzahl n_1 der frequenzbegrenzenden Elemente im Verstärker größer als die Anzahl n_2 der frequenzbegrenzenden Elemente im Sieb ist. Von dem höchsten Wert $\omega_{h n_2}$ der Folge der Grenzfrequenzen des Siebes ab steigt die Dämpfungskurve mit der Neigung tg n_2 (in Abb. 13 ist $n_2 = 3$). Es braucht nun die Folge der Grenzfrequenzen des Verstärkers nicht bis zum letzten der n_1 Glieder berechnet zu werden, sondern kann am n_2-ten Gliede abgebrochen werden. Von diesem Glied ab wird die s-Kurve nach unten stärker abfallen, als die $\mathfrak{b}_r$-Kurve im ganzen Frequenzgebiet ansteigt. Beide Kurven müssen dann noch oberhalb dieser Frequenz oder aber bei dieser Frequenz den kleinsten Abstand in der Ordinatenrichtung haben. Es genügt also, diesen Teil des Kurvenzuges für die Verstärkung zu berechnen.

Gefährliche Rückkopplungswege. In jeder längeren Verstärkerkette gibt es eine große Zahl von Rückkopplungswegen, da der Anodenkreis jeder einzelnen Röhre auf das Gitter jeder vorhergehenden und auf das eigene Gitter zurückwirken kann. Bei der Betrachtung scheidet ein Teil dieser Rückkopplungswege von vornherein als „ungefährlich" aus, da ihr Rückkopplungsfaktor größenordnungsmäßig unter dem der anderen Rückkopplungswege liegt. Für das Aufsuchen der „gefährlichen" Rückkopplungswege sollen keine allgemeinen Regeln angegeben werden, die Überlegungen sollen vielmehr an folgendem Beispiel erläutert werden (vgl. Abb. 14). Es gibt hier drei gefährliche Rückkopplungswege:

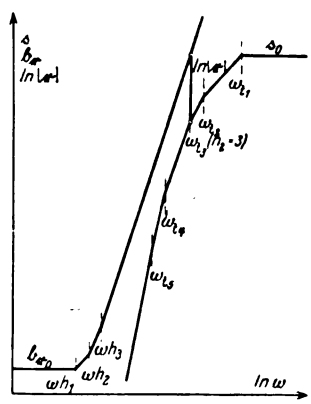


Abb. 13. Verstärkungs- und Dämpfungskurve für $n_1 > n_2$.

1. Vom Anodenkreis der *III.* Röhre auf das Gitter der *II.* (Eine Rückwirkung vom Anodenkreis der dritten Röhre auf das Gitter der dritten Röhre braucht bei einem normal dimensionierten Verstärker nicht berücksichtigt zu werden, da dieser Einfluß größenordnungsmäßig unter dem der Rückwirkung von der Anode der *III.* Röhre auf das Gitter der *II.* Röhre liegt. Eine Selbsterregung über diesen Rückkopplungsweg kann nicht eintreten, da die Phasenbedingung nicht erfüllt werden kann.) In diesem Fall der Rückwirkung von der Anode der *III.* Röhre auf das Gitter der *II.* ist

$$n_1 = 2, \quad n_2 = 1; \qquad n_1 > n_2.$$

Die unteren Grenzfrequenzen bestimmen sich aus den Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{\omega_{t\,II}\, C_{g\,II}} &= R_{g\,II} \\ \frac{1}{\omega_{t\,III}\, C_{g\,III}} &= R_{g\,III} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

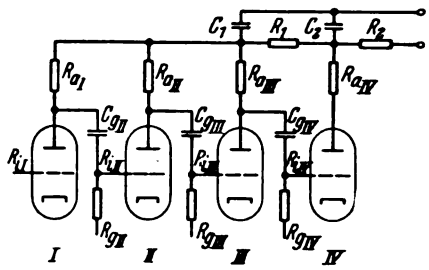


Abb. 14. Beispiel eines CW-Verstärkers mit Anodenspannungssiebung.

Nur die größere der beiden Frequenzen $\omega_{t\,II}$ und $\omega_{t\,III}$ braucht untersucht zu werden. Hier ist

$$|\ddot{u}_{III\,B}| \approx \frac{1}{\omega_t (R_{a\,III} + R_{i\,III})\, C_1} \quad \ldots\ldots \quad (29)$$

$$|\ddot{u}_{B\,II}| \approx \frac{R_{i\,I}}{R_{a\,I} + R_{i\,I}} \quad \ldots\ldots \quad (30)$$

$|\ddot{u}_{II\,III}|$ ist bekannt.

$$|r| = |\ddot{u}_{III\,B}| \cdot |\ddot{u}_{B\,II}| \cdot |\ddot{u}_{II\,B}| \quad \ldots\ldots \quad (31)$$

Daraus berechnet man bei gegebenen inneren und äußeren Widerständen und gegebenem Rückkopplungsfaktor $|r|$ die notwendige Größe von C_1.

2. Von der Anode der *IV.* Röhre zum Gitter der *II.*

$$n_1 = 3, \quad n_2 = 2; \qquad n_1 > n_2.$$

Man bestimmt $\omega_{t\,II}$, $\omega_{t\,III}$ und $\omega_{t\,IV}$ und kontrolliert für die beiden größten Werte, ob eine störende Rückkopplung vermieden wird.

3. Von der Anode der *IV.* Röhre zum Gitter der *IV.*

$$n_1 = 1, \quad n_2 = 2; \qquad n_1 < n_2,$$

Der Rückkopplungsfaktor $|r|$ bleibt an der unteren Frequenzbandgrenze größenordnungsmäßig hinter dem des Rückkopplungskreises von der Anode der *IV.* Röhre zum Gitter der *II.* zurück. Eine Selbsterregung kann auch bei tieferen Frequenzen nicht eintreten, da wie sich leicht einsehen läßt, in diesem Kreis die Phasenbedingung nicht erfüllt werden kann.

II. Übertragerkopplung.

Bei Übertrager- und Drosselkopplung der Verstärkerketten und bei Drossel-Kondensator-Siebung der Anodenspannung würden die Verhältnisse in einer allgemeinen Darstellung ziemlich kompliziert erscheinen. Es empfiehlt sich, in diesem Fall die Verstärkungskurve angenähert zu konstruieren, etwa durch den umhüllenden Linienzug. Es genügt auch hier, das Gebiet von der unteren Frequenzbandgrenze herab bis zu der Frequenz, für die der Verstärkungsfaktor $|\ddot{u}_0| = 1$ wird, zu untersuchen. Die Anodenspannungssiebung ist so zu bemessen, daß die $\mathfrak{b}_r$-Kurven für jeden möglichen Rückkopplungsweg in ihrem ganzen Verlauf oberhalb der s-Kurven liegen, im übertragenen Frequenzband müssen die s- und $\mathfrak{b}_r$-Kurven mindestens den Ordinatenabstand ln $|r|$ voneinander haben.

In weitaus den meisten Fällen genügt es, die Rückkopplungsbedingungen für die untere Frequenzbandgrenze zu untersuchen. Eine einfache Überschlagsrechnung zeigt sofort, ob dies zutrifft. Ein häufiger Fall ist der, daß die ganze Verstärkerkette mit CW-Kopplung versehen, nur die Endröhre mit Hilfe eines Übertragers an den Lautsprecher angeschlossen ist. In diesen Fällen genügt es meistens, den äußeren Widerstand der Endröhre mit Null anzusetzen. Man rechnet damit etwas zu günstig.

Digitized by Google

Elektrischer Kleinstmotor mit Nebenschluß-Charakteristik.

Von Dr.-Ing. M. E. Bergmann, Breslau.

Übersicht. Es wird die Stellung gekennzeichnet, welche der in Verbindung mit einer Fliehkraftbremse arbeitende Reihenschlußmotor unter den Kleinstmotoren einnimmt.

In vielen Fällen, wo zum Antrieb kleiner Maschinen ein elektrischer Motor verwendet werden soll, wählt man hierzu einen Reihenschlußmotor und bewirkt eine etwa notwendige Drehzahlregelung durch eine an den Motor angebaute Fliehkraftbremse. Diese Anordnung besitzt eine Reihe von technischen Vorzügen, die in ihrer Gesamtheit zu erkennen nicht leicht ist und die durch die folgenden Ausführungen zusammengestellt werden sollen.

Elektrische Motoren mit einem Läufer von annähernd 50 mm Dmr. nehmen im Vergleich mit den größeren elektrischen Maschinen eine Sonderstellung ein, die durch ihre konstruktiven Bedingungen gegeben ist und in der Bezeichnung „Kleinst"motoren zum Ausdruck kommt. Die Forderungen, die an sie gestellt werden, lauten kurz zusammengefaßt: einfacher Aufbau, großes spezifisches Drehmoment, leichter Anlauf. Die Kleinstmotoren werden für Gleichstrom und für Einphasen-Wechselstrom gebaut. Die Bauart als Drehstrommotor ist wegen der schwierigen Herstellung des kleinen Ständers mit verteilter Wicklung und wegen des durch den Luftspalt verursachten kleinen Leistungsfaktors nicht sehr wirtschaftlich. Am besten hat sich die einfache Gleichstrombauart bewährt: ein Ständer mit zwei ausgeprägten Polen und ein Läufer mit Stromwender. Man wickelt diesen Aufbau als Gleichstrom-Reihenschluß-, Gleichstrom-Nebenschluß- oder als Wechselstrom-Reihenschlußmotor. Die Ausführung als Wechselstrom-Nebenschlußmotor wird durch den großen Phasenunterschied zwischen Drehmomentfluß und Drehmomentstrom unmöglich gemacht.

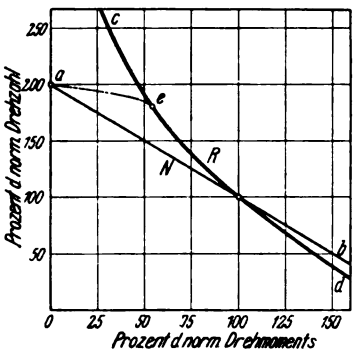


Abb. 1. Abhängigkeit der Drehzahl vom Drehmoment bei Kleinstmotoren.

Von diesen Motoren besitzt der Gleichstrom-Nebenschlußmotor einige Eigenschaften, die seine Anwendung erschweren. Die Herstellung der Feldspulen macht den Preis des Nebenschlußmotors höher als den des Reihenschlußmotors. Es muß sehr feiner Draht verwendet werden, der teuer ist, und dieser Draht ist vorsichtig in Spulen zu mehreren tausend Windungen aufzuwickeln. Legt man den Nebenschlußmotor ebenso wie den Reihenschlußmotor unmittelbar an das Netz, so läuft er im Gegensatz zu letzterem nicht immer an, sondern bleibt infolge der verhältnismäßig groben Läufernutung und der starken Ankerrückwirkung im Augenblick des Einschaltens zuweilen im magnetischen Felde hängen. Er wird daher mit Hilfe eines besonderen Schalters angelassen. Dieser Schalter übt auf den Preis des Nebenschlußmotors ebenfalls eine nachteilige Wirkung aus.

Man unterscheidet also im wesentlichen Nebenschlußmotoren und Reihenschlußmotoren. Bei den kleinen, mittleren und großen Maschinen sagt man auch, die Nebenschlußmotoren besitzen eine harte, die Reihenschlußmotoren eine weiche Charakteristik. Diese Kennzeichnung beruht auf dem für die Anwendung der Motoren maßgebenden Verhalten der Drehzahl in Abhängigkeit von dem Drehmoment.

Vergleicht man die Drehzahlcharakteristik des Nebenschluß-Kleinstmotors mit der des Reihenschluß-Kleinstmotors (*N* mit *R* in Abb. 1), so fällt ein großer Unterschied gegenüber den Charakteristiken der größeren Maschinen auf. Während bei diesen der Drehzahlabfall des Nebenschlußmotors unbedeutend ist, sinkt die Drehzahl des Nebenschluß-Kleinstmotors von Leerlauf bis Vollast beträchtlich. Erklärt wird diese Erscheinung durch den großen Spannungsabfall in der Wicklung, der durch die Kleinheit der Maschine, die verhältnismäßig hohe Spannung und die niedrige Drehzahl bedingt ist und bis 50 % der Klemmenspannung und mehr beträgt. Man kann also die Nebenschluß-Charakteristik des Kleinstmotors nicht hart nennen. Als einziger wesentlicher Unterschied gegenüber der Reihenschluß-Charakteristik bleibt das Verhalten der Maschinen bei Leerlauf bestehen. Die Nebenschluß-Charakteristik schneidet die Ordinate, während die Reihenschluß-Charakteristik annähernd asymptotisch zur Ordinate verläuft.

Es taucht nun die Frage auf: Ist es möglich, den Kleinstmotor mit der vorteilhaften Reihenschlußwicklung so zu bauen, daß seine Drehzahlcharakteristik die Ordinate an einer bestimmten Stelle schneidet? Dies ist auf mechanischem Wege, u. zw. mit Hilfe einer Fliehkraftbremse leicht möglich. Abb. 2 soll von dieser

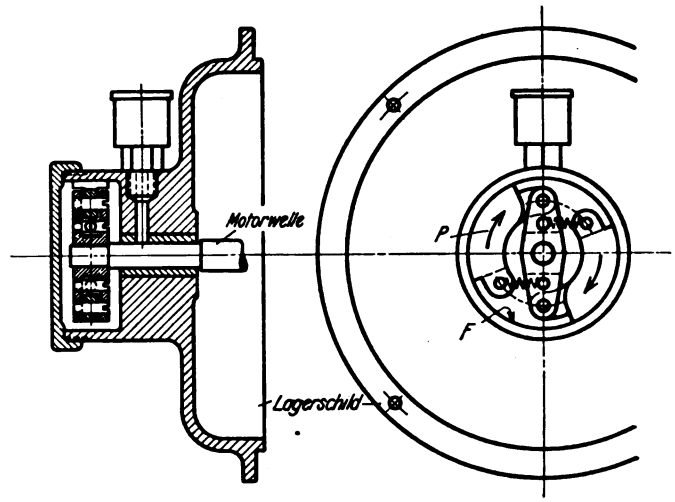


Abb. 2. Fliehkraftbremse des Kleinstmotors mit Nebenschluß-Charakteristik.

Einrichtung eine Vorstellung geben. Die Fliehkraftbremse ist dort an das eine Lagerschild des Motors angesetzt. Bei einer bestimmten Grenzdrehzahl, die der Leerlaufdrehzahl des Nebenschlußmotors entspricht, werden durch die Fliehkraft einige von Federn gehaltene Bremsklötze *P* so an eine mit dem Motorgehäuse fest verbundene Bremsfläche *F* gepreßt, daß ein weiteres Steigen der Drehzahl nicht mehr stattfindet. In Abb. 1 stellt das Kurvenstück *ae* den Einfluß der Bremsvorrichtung auf die Drehzahl-Charakteristik dar. Das von der Vorrichtung aufgenommene Drehmoment ist gleich der horizontalen Entfernung des jeweiligen Punktes auf dem Kurvenstück *ae* von dem Kurvenstück *ec*. Die Abbremsung erfolgt sehr rasch, da sie durch die dem Quadrat der Drehzahl proportionale Fliehkraft bewirkt wird. Dies ist eine willkommene Eigenschaft der Fliehkraftbremse. Der Motor erleidet durch sie bei normalem Lauf keinen zusätzlichen Verlust. Die Klötze treten erst kurz vor Erreichen der Grenzdrehzahl mit der Gehäusewandung in Berührung, um das noch verbliebene Drehmoment abzubremsen.

Man erhält also bei dem in Verbindung mit einer Fliehkraftbremse arbeitenden Reihenschlußmotor eine Charakteristik *aed*, die der Charakteristik des Nebenschlußmotors (*ab*) so nahe liegt, daß sie als Ersatz derselben verwendet werden kann. Da dieser Motor keine Nebenschluß-, sondern eine Reihenschlußwicklung besitzt, kann er „Kleinstmotor mit Nebenschluß-Charakteristik" genannt werden. Der Motor vermeidet die dünn- und vieldrähtige Nebenschlußwicklung, er läuft vermöge seiner Reihenschlußwicklung ohne besonderen Anlaßschalter leicht an und ist für Gleichstrom und für Wechselstrom geeignet. Er besitzt also gegenüber dem Gleichstrom-Nebenschluß-Kleinstmotor wesentliche Vorteile und kann als guter Wechselstrom-Kleinstmotor mit Nebenschluß-Charakteristik angesprochen werden. Mit ihm steht schließlich ein Universalmotor mit Nebenschluß-Charakteristik zur Verfügung, das heißt ein Kleinstmotor, der so gewickelt ist, daß er an Gleich- oder Wechselstromquellen gelegt werden kann, und der eine Nebenschluß-Charakteristik besitzt. Unter Umständen kann der Motor auch die Lagerhaltung vereinfachen, da er die guten Eigenschaften des Reihenschlußmotors mit denen des Nebenschlußmotors verbindet.

Digitized by Google

Die gleichmäßige Verteilung einer Einphasenlast auf ein Dreiphasennetz bei derselben Frequenz in beiden Kreisen*.

Von Dipl.-Ing. **Hans Th. Berg**, Wiesbaden.

(*Schluß von S. 605.*)

Umformung der Hauptgleichungen.

a) Für die Sekundärspannung U_{u_2} des Phasenumformers.

Bei dem Beispiel, an dem später die Verhältnisse des Umformers untersucht werden, sind die Spannung auf der Motorseite und der Belastungstrom auf der Generatorseite des Umformers gegeben. Da demnach I_{u_1} unbekannt ist, muß in der Gleichung für I_{u_2} der Strom I_{u_1} aus der Gleichung für U_{u_1} eingesetzt werden:

$$-U_{u_2}=\left[A_2+jB_2+\frac{\left(\frac{1}{2}X_{12}\right)^2(D-2jbC)}{A_1+jB_1}\right]I_{u_2}+\frac{U_{u_1}\cdot\frac{1}{2}X_{12}(C-jb)}{A_1+jB_1}, \quad . . \quad (10)$$

wenn

$$R_1-\frac{1}{2}X_{11}b=A_1,\quad X_{1\sigma}+\frac{1}{2}X_{11}(1+a)=B_1,$$

$$R_2-\frac{1}{2}X_{22}b=A_2,\quad X_{2\sigma}+\frac{1}{2}X_{22}(1+a)=B_2,$$

$$1-a=C,\quad (1-a)^2-b^2=D,\quad \varrho=a+jb$$

gesetzt wird.

Bei dieser Umformung ist jedoch noch nicht berücksichtigt, daß die Gleichung drei Vektoren ganz verschiedener Richtung enthält. Da diese Vektoren in der Rechnung als komplexe Ausdrücke erscheinen, müssen sie auf eine Achse bezogen werden. Hier wurde als Bezugsachse die positive X-Achse gewählt. I_{u_2} ist, da es um den $\sphericalangle\varphi_{Tr}$ gegen die Bezugsachse nacheilt, mit $(\cos\varphi_{Tr}-j\sin\varphi_{Tr})$ und U_{u_1}, das um 90° gegen die Bezugsachse voreilt, mit $+j$ zu vervielfachen. Zu beachten ist aber bei U_{u_1}, daß U_{u_1} als Spannung negativ eingeführt werden muß, demnach also mit $-j$ zu vervielfachen ist (Abb. 17). Man erhält U_{u_2}, wenn die Auflösung der Gl. (10) so erfolgt, daß zunächst der komplexe Ausdruck im Nenner beseitigt wird und die reellen und imaginären Glieder getrennt werden, zerlegt in eine reelle Komponente $U_{u_2}\cos\alpha$ und eine imaginäre Komponente $U_{u_2}\sin\alpha$:

$$-U_{u_2}=\left\{\begin{aligned}&I_{u_2}\left[A_2\cos\varphi_{Tr}+B_2\sin\varphi_{Tr}+\frac{\left(\frac{1}{2}X_{12}\right)^2}{A_1^2+B_1^2}\left\{\cos\varphi_{Tr}(DA_1-2bCB_1)-\sin\varphi_{Tr}(2bCA_1+DB_1)\right\}\right]\\&\qquad-U_{u_1}\frac{\frac{1}{2}X_{12}}{A_1^2+B_1^2}(bA_1+B_1C)\\&+jI_{u_2}\left[B_2\cos\varphi_{Tr}-A_2\sin\varphi_{Tr}-\frac{\left(\frac{1}{2}X_{12}\right)^2}{A_1^2+B_1^2}\left\{\sin\varphi_{Tr}(DA_1-2bCB_1)+\cos\varphi_{Tr}(2bCA_1+DB_1)\right\}\right]\\&\qquad-jU_{u_1}\frac{\frac{1}{2}X_{12}}{A_1^2+B_1^2}(CA_1-bB_1)\end{aligned}\right\}. \quad . . \quad (11)$$

b) Für den Primärstrom I_{u_1} des Phasenumformers.

Auch in Gl. (9) für I_{u_1} muß I_{u_2} mit $(\cos\varphi_{Tr}-j\sin\varphi_{Tr})$ und U_{u_1} mit $(-j)$ multipliziert werden. Wird die Auflösung genau wie bei U_{u_2} vorgenommen, so wird

$$I_{u_1}(A_1^2+B_1^2)=\left\{\begin{aligned}&U_{u_1}B_1-\frac{1}{2}X_{12}I_{u_2}(A_1C\cos\varphi_{Tr}-bA_1\sin\varphi_{Tr}-bB_1\cos\varphi_{Tr}-B_1C\sin\varphi_{Tr})\\&+jU_{u_1}A_1+j\frac{1}{2}X_{12}I_{u_2}(A_1C\sin\varphi_{Tr}+bA_1\cos\varphi_{Tr}-bB_1\sin\varphi_{Tr}+B_1C\cos\varphi_{Tr})\end{aligned}\right\}. \quad . . \quad (12)$$

Mit Hilfe der Gl. (11) und (12) kann man für einen bestimmten Belastungsfall das Diagramm des Reihenumformers aufstellen. Dies soll jetzt für einen besonders berechneten Umformer geschehen.

Die Daten des als Beispiel berechneten Phasenumformers.

Der gestellten Aufgabe gemäß sollte eine Einphasenlast von 2000 kW bei $\cos\varphi_E=1$ durch den Reihenumformer auf ein Dreiphasennetz symmetrisch übertragen werden. Zu diesem Zwecke wurde ein Phasenumformer berechnet, der im wesentlichen ein Zweiphasenmotor ist mit den Windungszahlen $w_1=144$ für die Motor- und $w_2=84$ für die Generatorphase. Das Übersetzungsverhältnis ist demnach $144:84=1{,}715:1$ (Abweichung von $\sqrt{3}:1$ also 1 %, zulässig!). Die Spannung im Dreiphasennetz wurde zu $U_v=6000$ V angenommen. Damit wird die Spannung auf der Motorseite des Umformers $U_{u_1}=\frac{1}{2}\sqrt{3}\cdot 6000=5200$ V und an dem mit dem Umformer in Reihe geschalteten Transformator $U_{Tr}=\frac{1}{2}\cdot 6000=3000$ V (s. Abb. 11 a). Die aus dem Übersetzungsverhältnis sich ergebende Leerlaufspannung der Sekundärseite des Umformers beträgt $5200:1.715=3035$ V $=U_{u_{2o}}$, so daß dann die gesamte Einphasenspannung bei Leerlauf $U_{E_0}=6035$ V ist. Es wurde angenommen, daß die sekundär erzeugte Spannung des Umformers um 7 % kleiner als $U_{u_{2o}}$ sein soll. Da jedoch U_{Tr} ungefähr konstant gleich 3000 V bleibt, ist die Spannung im Einphasenkreis nur 3.5 % kleiner (der tatsächliche Spannungsabfall wurde zu 3.9 % gefunden, s. Abb. 19, Diagr. II). Die bei der Berechnung des Umformers zugrunde zu legende Leistung beträgt also $2000:0.965=2070$ kVA, der Strom $2\,070\,000:6035=343$ A $=I_{u_2}$.

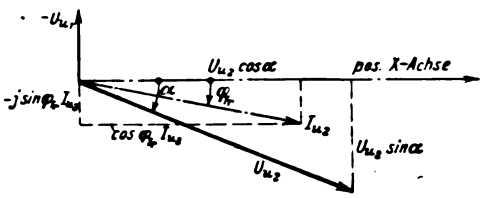


Abb. 17. Festlegung der Bezugsachse in Richtung der positiven X-Achse.

Die Nutzreaktanz einer Windung ergab sich zu $X=0.0072\ \Omega$, damit wird ($f_{w_1}=f_{w_2}=0{,}9$):

$$X_{11}=X w_1^2 f_{w_1}^2=0{,}0072\cdot 144^2\cdot 0{,}9^2=121{,}0\ \Omega$$

$$X_{22}=X w_2^2 f_{w_2}^2=0{,}0072\cdot 84^2\cdot 0{,}9^2=41{,}2\ \text{„}$$

$$X_{12}=X w_1 w_2 f_{w_1} f_{w_2}=0{,}0072\cdot 144\cdot 84\cdot 0{,}9^2=70{,}5\ \Omega.$$

Weiter ergab sich aus den Maschinendaten

für die Motorphase:

$R_1=0{,}22$, $X_{1\sigma}=3{,}58$, damit $A_1=0{,}259$, $B_1=65{,}46$;

für die Generatorphase:

$R_2=0{,}07$, $X_{2\sigma}=1{,}29$, damit $A_2=0{,}083$, $B_2=22{,}36$;

* Auszug aus der Diplomarbeit (T. H. Darmstadt) von S. Holzgrefe und dem Verfasser.

Digitized by Google

für den Rotor:

$R'_{rot} = 0{,}163$, $X'_{rot} = 2{,}82$ (auf die Motorseite bezogen).

Der Dämpfungsfaktor für das inverse Feld ist nach Brüderlin[16]:

$$\varrho = \frac{R'_{rot} + j\,s\,X'_{rot}}{R'_{rot} + j\,s\,X'_{rot} - j\,s\,\frac{1}{2}\,m\,X\,w_1^2\,f^2 w_1}$$

Schlupf $s = 2$ (f. d. inverse Feld)
Phasenzahl $m = 2$

$$\varrho = \underset{a}{0{,}0228} - j\,\underset{b}{0{,}000\,64} \quad (\varrho = a + j\,b)$$

$$\varrho = 0{,}0228, \qquad \operatorname{tg}\alpha_\varrho = 6{,}4 : 228 = 0{,}0281, \qquad \alpha_\varrho = 1°\,37'$$

(s. Abb. 16).

Mit diesen Zahlen vereinfachen sich die beiden Gleichungen für U_{u_2} und I_{u_1} zu:

$$U_{u_2} = -4{,}26\,I_{u_2}\left[\cos(87°\,36' - \varphi_{Tr}) - \frac{643}{I_{u_2}} + j\sin(87°\,36' - \varphi_{Tr}) - j\,\frac{2{,}96}{I_{u_2}}\right] \quad \ldots \quad (13)$$

$$I_{u_1} = 0{,}526\,I_{u_2}\left[\frac{151}{I_{u_2}} - \cos(89°\,45' + \varphi_{Tr}) + j\,\frac{0{,}60}{I_{u_2}} + j\sin(89°\,45' + \varphi_{Tr})\right] \quad \ldots \quad (14)$$

eilenden Strom belastet wird, dessen Voreilung mit größer werdender Belastung wächst. Der $\sphericalangle\,\varphi_{Tr}$ in Gl. (13) für U_{u_2} ist demnach unbekannt[17]. φ_{Tr} kann jedoch auf folgende

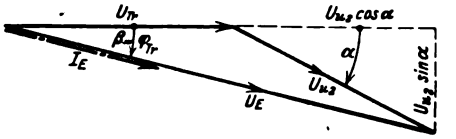


Abb. 18. Abhängigkeit des $\sphericalangle\,\varphi_{Tr}$ von α und U_{u_2}.

Weise gefunden werden (Abb. 18): Man nimmt einen $\sphericalangle\,\alpha$ an und setzt $U_{Tr} = U_{u_2}$; dann wird $\varphi_{Tr} = 1/2\,\alpha$. Diese Annahme ist nötig, um U_{u_2} und damit α und φ_{Tr} überhaupt bestimmen zu können. Aus Gl. (13) ergibt sich α als Quotient der reellen und imaginären Glieder. Stimmt der so gefundene $\sphericalangle\,\alpha$ mit dem oben geschätzten überein, so erhält man mit Hilfe von α den $\sphericalangle\,\varphi_{Tr}$ auf Grund folgender Abhängigkeiten:

$$U_E^2 = (U_{Tr} + U_{u_2}\cos\alpha)^2 + U_{u_2}^2\sin^2\alpha$$

und $$U_E = \frac{U_{u_2}\sin\alpha}{\sin\beta}.$$

Daraus folgt:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{k\sin\alpha}{1 + k\cos\alpha} = \operatorname{tg}\varphi_{Tr}, \qquad (15)$$

wenn $k \gtrless 1 = \frac{U_{u_2}}{U_{Tr}}$ gesetzt wird.

$U_{Tr} = 3000$ V = konst.!

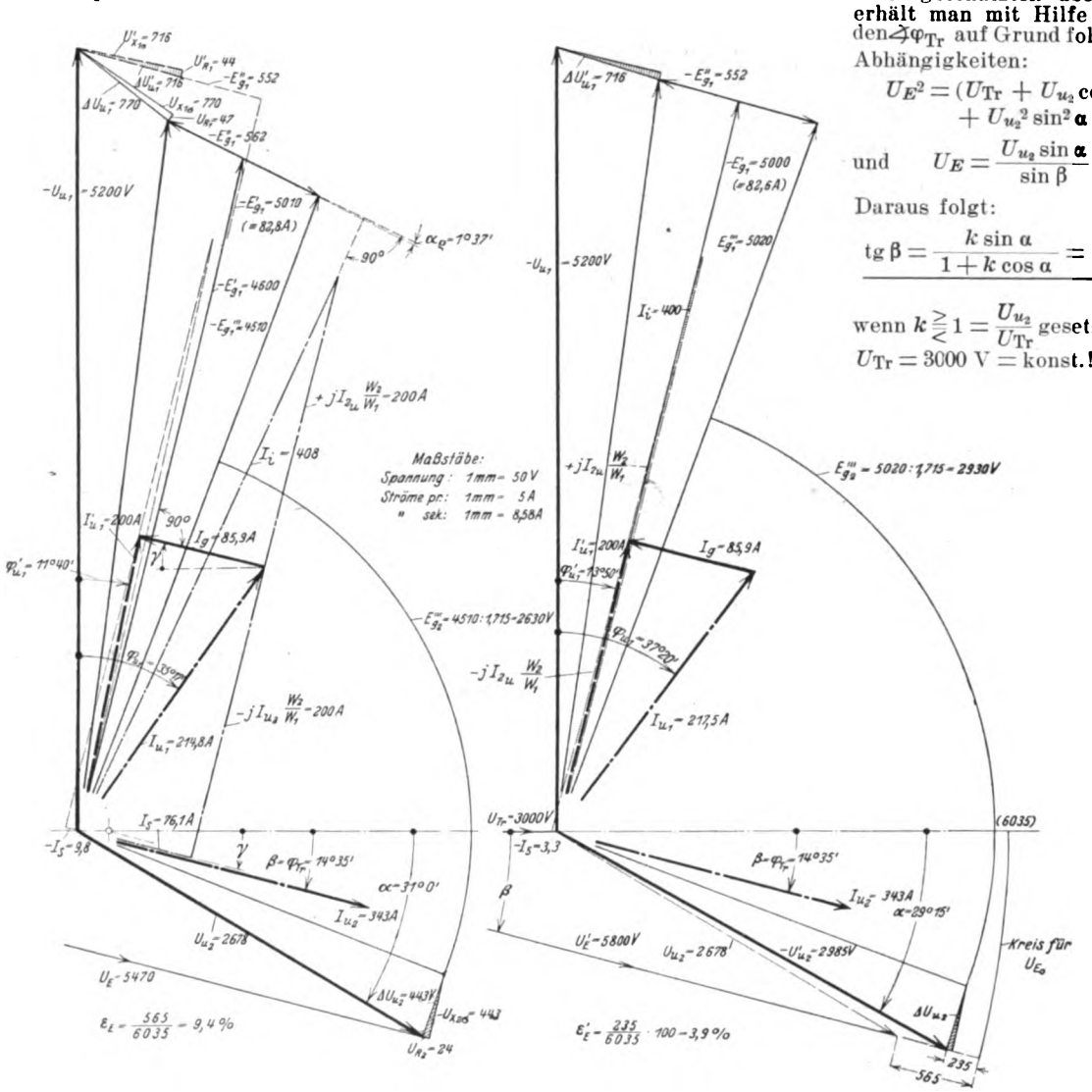


Diagramm I
——— ohne Fremderregung

Diagramm II
– – – mit Fremderregung

Abb. 19. Vollastdiagramm des Reihenumformers, cos $\varphi_E = 1$.

Diagramm des eigenerregten Reihenumformers.

Die Aufstellung des Vollastdiagramms für den eigenerregten Reihenumformer geht nun folgendermaßen vor sich (vgl. Zahlentafel 1 u. Abb. 19, Diagr. I): Aus Abb. 11 b ist bekannt, daß selbst bei einem mit cos $\varphi_E = 1$ belasteten Einphasenkreis der Umformer mit einem vor-

Mit dem neuen $\sphericalangle\,\varphi_{Tr}$ werden jetzt nochmals U_{u_2} und dann I_{u_1} nach Gl. (14) bestimmt. Da nun I_{u_1} und I_{u_2} der Größe und Richtung nach bekannt sind, ist es möglich, das Diagramm des eigenerregten Umformers aufzustellen.

[16] Wie Fußnote 12; S. 19.

[17] Bei einem mit cos $\varphi_E = 1$ belasteten Einphasenkreis tritt der vereinfachte Fall ein, daß $\varphi_{Tr} = \beta$ ist, dem Winkel, um den die Einphasenspannung gegen die Spannung U_{Tr} am Transformator verschoben ist.

Digitized by Google

Hierzu werden die Gl. (5) und (6) durch Einsetzen von

$$X_{12} = \frac{X_{11}}{w_1^2 f_{w_1}^2} w_1 w_2 f_{w_1} f_{w_2} = X_{11} \frac{w_2}{w_1} \quad \text{bzw.} \quad X_{12} = X_{22} \frac{w_1}{w_2}$$

(da die Wickelfaktoren für beide Statorspulen gleich sind) umgeformt in:

$$U_{u_1} = -I_{u_1}(R_1 + j X_{1\sigma}) - j \frac{1}{2} X_{11}\left(I_{u_1} - j I_{u_2} \frac{w_2}{w_1}\right) - j\varrho \frac{1}{2} X_{11}\left(I_{u_1} + j I_{u_2} \frac{w_2}{w_1}\right) \quad (5a)$$

$$U_{u_2} = -I_{u_2}(R_2 + j X_{2\sigma}) - j \frac{1}{2} X_{22}\left(I_{u_2} + j I_{u_1} \frac{w_1}{w_2}\right) - j\varrho \frac{1}{2} X_{11}\left(I_{u_2} - j I_{u_1} \frac{w_1}{w_2}\right). \quad (6a)$$

Für die Aufstellung der Diagramme interessiert von der Gleichung für U_{u_2} nur die Größe des ohmschen und induktiven Spannungsabfalles, da das synchrone und inverse Feld sich von den Feldern der Primärseite durch das Übersetzungsverhältnis 1,715 : 1 unterscheidet. Nach Einsetzen der Zahlenwerte gehen die beiden Gleichungen über in

$$\underline{U_{u_1} = -0{,}22\, I_{u_1} - j\,.\,3{,}58\, I_{u_1} - j\,.\,60{,}5\, I_s - j\,.\,1{,}38\, I_i} \quad (5b)$$

$$\underline{U_{u_2} = -0{,}07\, I_{u_2} - j\,.\,1{,}29\, I_{u_1}}. \quad (6b)$$

$$(1{,}38 = 60{,}5\,.\,\overset{\varrho}{0{,}0228})$$

Das so gefundene Diagramm I in Abb. 19 stellt eine gute Kontrolle der rechnerisch ermittelten Werte dar (Zahlentafel 1).

gen werden graphisch durchgeführt, da die rechnerische Behandlung zu umständlich ist. Die Fremderregung stellt ein zusätzliches synchrones Kreisdrehfeld dar, das keine Dämpfung erfahren kann, da es in bezug auf den Rotor stillsteht. Es ersetzt das durch die Magnetisierungskomponente I_s der Statorströme gebildete synchrone Feld je nach Höhe der Fremderregung im Rotor. Die Phasenlage des durch Fremderregung geschaffenen Feldes fällt mit der Phasenlage des durch I_s erzeugten synchronen Drehfeldes zusammen, da bei dem Umformer als leerlaufender Synchronmaschine zwischen Anker und Magnetfeld keine Phasenverschiebung besteht. Der auf die Statorwindungszahl umgerechnete Gleichstrom I_ϱ muß also unter dem $\sphericalangle\,\gamma$ in Abb. 19, Diagr. I, angetragen werden. Daraus geht schon hervor, daß es möglich ist, jede beliebige Phasenverschiebung des Primärstromes I_{u_1} des Umformers einzustellen.

Bei Fremderregung ist in Gl. (7) noch das Glied $-j \frac{1}{2} X_{11} I_\varrho$ hinzuzufügen ($-j$, da die erzeugte Spannung nacheilt):

$$U_{u_1} = -I_{u_1}\left[R_1 + j\left\{X_{1\sigma} + \frac{1}{2} X_{11}(1+\varrho)\right\}\right] - I_{u_2} \frac{1}{2} X_{12}(1-\varrho) - j I_\varrho \frac{1}{2} X_{11}. \quad (16)$$

Bei Leerlauf wird $I_{u_2} = 0$, I_{u_1} soll bei Fremderregung ebenfalls Null werden. Es ist dann

$$\underline{I_\varrho = -j \frac{2 U_{u_2}}{X_{11}} = \frac{5200}{60{,}5} \doteq 85{,}9 \text{ A}}.$$

Dieser vom Rotor aus wirkende Magnetisierungsstrom (85,9 A) ersetzt denjenigen des Stators (79,5 A); er ist

Zahlentafel 1. Reihenumformer eigenerregt.

Belastung	I_{u_2}	φ_{Tr}	tg a	a	U_{u_2}	$k = \frac{U_{Tr}}{U_{u_2}}$	$\beta = \varphi_{Tr}$	tg φ_{u_1}	φ_{u_1}	cos φ_{u_1}	I_{u_1}
Leerlauf	0	0	−0,0046	0° 15′	2740	—	—	—	—	—	—
½ Last	171,5	7° 6′	0,2708	15° 8′	2712	0,904	7° 10′	1,005	45° 9′	0,704	127,4
¾ Last	257,25	10° 56′	0,423	22° 55′	2700	0,900	10° 50′	0,776	37° 50′	0,790	169,0
Vollast	343,0	14° 35′	0,601	31° 0′	2678	0,893	14° 37′	0,707	35° 17′	0,818	214,8
5/4 Last	429,0	18° 21′	0,810	39° 0′	2696	0,899	18° 25′	0,698	34° 55′	0,820	261,5

Zahlentafel 2. Spannungen, Ströme, φ und cos φ bei fremderregtem Reihenumformer.

Belastung	im Einphasenkreis					im Zweiphasenkreis				im Dreiphasenkreis								
	U'_{u_2}	a	U'_E	$\Delta U'_E$	ε'%	I_{Tr}	I_{u_1}	φ_{Tr}	φ'_{u_1}	I_1	I_2	I_3	φ_1	φ_2	φ_3	cos φ_1	cos φ_2	cos φ_3
Leerlauf	3035	0°	6035	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
½ Last	3010	14° 0′	5965	70	1,16	85,75	100	7° 6′	6° 35′	100	99,6	99,4	6° 35′	6° 25′	7° 10′	0,9934	0,9937	0,9922
¾ Last	2998	21° 35′	5880	155	2,57	128,6	150	10° 50′	10° 20′	150	149,5	rd. 150	10° 20′	10° 0′	11° 0′	0,9838	0,9848	0,9816
Vollast	2985	29° 15′	5800	235	3,90	171,5	200	14° 35′	13° 50′	200	198,0	rd. 200	13° 50′	13° 40′	15° 0′	0,9710	0,9717	0,9659
5/4 Last	2970	36° 40′	5670	365	6,05	214,5	250	18° 16′	17° 25′	250	245,5	249,5	17° 25′	17° 10′	18° 5′	0,9541	0,9555	0,9506

Sehr wichtig ist, daß das synchrone Kreisdrehfeld $E'_{\varrho_1} = 4600$ V einmal nach Richtung und Größe durch die primären ohmschen, induktiven und inversen Spannungsabfälle, das andere Mal durch die synchrone Stromkomponente $I_s = 76{,}1$ A festgelegt ist, da $E'_{\varrho_1} = 60{,}5 \cdot 76{,}1 = 4600$ V sein muß. Außerdem müssen E'_{ϱ_1} und I_s aufeinander senkrecht stehen. Es ist leicht einzusehen, daß diese beiden Bedingungen das Diagramm vollkommen festlegen. Es ist daher möglich, auch ohne Rechnung, lediglich durch Probieren, bis beide Bedingungen erfüllt sind, ein Diagramm für einen bestimmten Belastungsfall aufzustellen, wenn 2 von den 4 Veränderlichen, also hier Primärspannung und Sekundärstrom, bekannt sind.

Wie zu erwarten war, sind die Phasenverschiebungswinkel der Ströme am Transformator und am Phasenumformer nicht gleich (Abb. 19, I); es besteht eine erhebliche Abweichung. Ebenso stehen die Ströme nicht im richtigen Verhältnis ($\sqrt{3} : 2$ bzw. 1,715 : 2). Die dadurch hervorgerufene unsymmetrische Belastung der Dreiphasenseite wurde bereits in Abb. 12 bei der Untersuchung der Übertragungsverhältnisse des Scott-Transformators gezeigt.

Diagramm des fremderregten Reihenumformers.

Es soll daher jetzt untersucht werden, ob durch Fremderregung des Umformers eine symmetrische Übertragung erreicht werden kann[18]. Diese Untersuchungen werden graphisch durchgeführt, da die rechnerische Behandlung zu umständlich ist. Die Fremderregung stellt ein zusätzliches synchrones Kreisdrehfeld dar, das keine Dämpfung erfahren kann, da es in bezug auf den Rotor stillsteht. Es ersetzt das durch die Magnetisierungskomponente I_s der Statorströme gebildete synchrone Feld je nach Höhe der Fremderregung im Rotor. Die Phasenlage des durch Fremderregung geschaffenen Feldes fällt mit der Phasenlage des durch I_s erzeugten synchronen Drehfeldes zusammen, da bei dem Umformer als leerlaufender Synchronmaschine zwischen Anker und Magnetfeld keine Phasenverschiebung besteht. Der auf die Statorwindungszahl umgerechnete Gleichstrom I_ϱ muß also unter dem $\sphericalangle\,\gamma$ in Abb. 19, Diagr. I, angetragen werden. Daraus geht schon hervor, daß es möglich ist, jede beliebige Phasenverschiebung des Primärstromes I_{u_1} des Umformers einzustellen.

[18] Die dazu erforderliche Erregerwicklung wurde in derselben Rotornut untergebracht, in der auch der Dämpferstab liegt, u. zw. wurde dieser unter der Erregerwicklung angeordnet.

diesem gleichwertig. Denn in Wirklichkeit ist I_ϱ nur halb so groß (was bei der Berechnung der Erregerwicklung zu berücksichtigen ist), da er nicht wie der Magnetisierungstrom des Stators zur Hälfte ausgelöscht wird. I_ϱ ist übrigens größer als $I_{u_{10}} = I_{s_0}$ bei Leerlauf; denn früher mußte I_{s_0} dem synchronen Kreisdrehfeld das Gleichgewicht halten, das um die drei verschiedenen Spannungsabfälle kleiner war als U_{u_1}. Da bei Fremderregung $I_{u_1} = 0$ ist, muß I_ϱ der größeren Primärspannung U_{u_1} das Gleichgewicht halten. Dann stehen auch die beiden Spannungen U_{u_1} und U'_{u_2} genau senkrecht aufeinander.

Der in Abb. 19, Vollastdiagramm I, durch Abtragen von I_ϱ gefundene neue Stromvektor I_{u_1} befindet sich jedoch noch nicht in der richtigen Lage. Während beim eigenerregten Umformer Primär- und Sekundärströme eine solche Lage gegeneinander haben mußten, daß die synchrone Stromkomponente I_s senkrecht auf dem synchronen Kreisdrehfeld stand und diesem proportional war, müssen beim fremderregten Umformer die Ströme eine solche Lage besitzen, daß das durch I_ϱ erzeugte zu große synchrone Kreisdrehfeld durch eine negative synchrone Stromkomponente I_s' geschwächt wird, damit die verbleibende synchrone Stromkomponente I_s die beiden Bedingungen erfüllt. In Diagramm I ist $I_s' = -9{,}8$ A, also zu groß, da dies einem I_s von $85{,}9 - 9{,}8 = 76{,}1$ A entspricht, bei Fremderregung jedoch E'_{ϱ_1} und damit I_s größer werden. Es wird nun zunächst mit Hilfe der gestrichelten Konstruktion in Diagramm I die ungefähre Größe des synchronen Feldes bestimmt und daraus I_s ermittelt ($E'_{\varrho_1} = 60{,}5\, I_s$). I_s ergibt sich zu 82,8 A, demnach $I_s' = 85{,}8 - 82{,}8 = -3{,}1$ A. (Der Strom I_{u_2} bleibt in der

Digitized by Google

alten Richtung liegen[19].) U'_{u_2} wird dann graphisch genau wie beim eigenerregten Umformer bestimmt (Vollastdiagramm II).

Auswertung der Diagramme.

Ein Vergleich der Diagramme I und II in Abb. 19 zeigt: U'_{u_2} ist in Diagramm II um über 300 V größer als

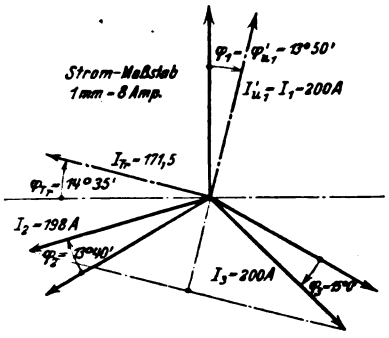


Abb. 20. Graphische Übertragung der Ströme des Reihenumformers ins Dreiphasennetz für Vollast.

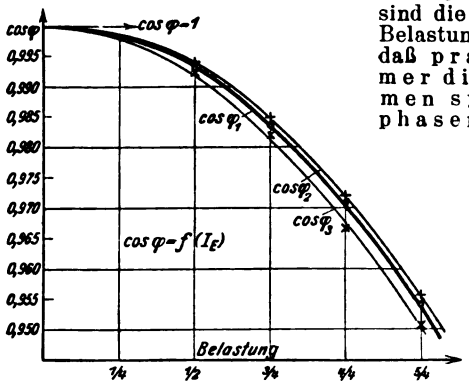


Abb. 21. Die cos φ der einzelnen Ströme des Dreiphasennetzes in Abhängigkeit von der Einphasenbelastung.

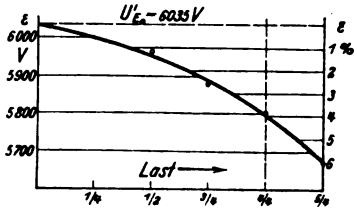


Abb. 22. Spannungsabfall des Reihenumformers in Abhängigkeit von der Einphasenbelastung.

bei eigenerregtem Reihenumformer. α ist dagegen etwas kleiner geworden (29° 15′ gegen 31° 0′). Da jetzt $U'_{u_1} \approx U_{Tr}$ ist, darf man $\varphi_{Tr} = {}^1/_2\,\alpha$ setzen. φ_{Tr} wurde beim eigenerregten Umformer zu 14° 35′ gefunden; dies ist fast ${}^1/_2\,\alpha$ (14° 37′). Es ist daher keine Korrektur des Diagramms mehr nötig, die sonst erforderlich sein würde, wenn $\varphi_{Tr} \neq {}^1/_2\,\alpha$ gewesen wäre!

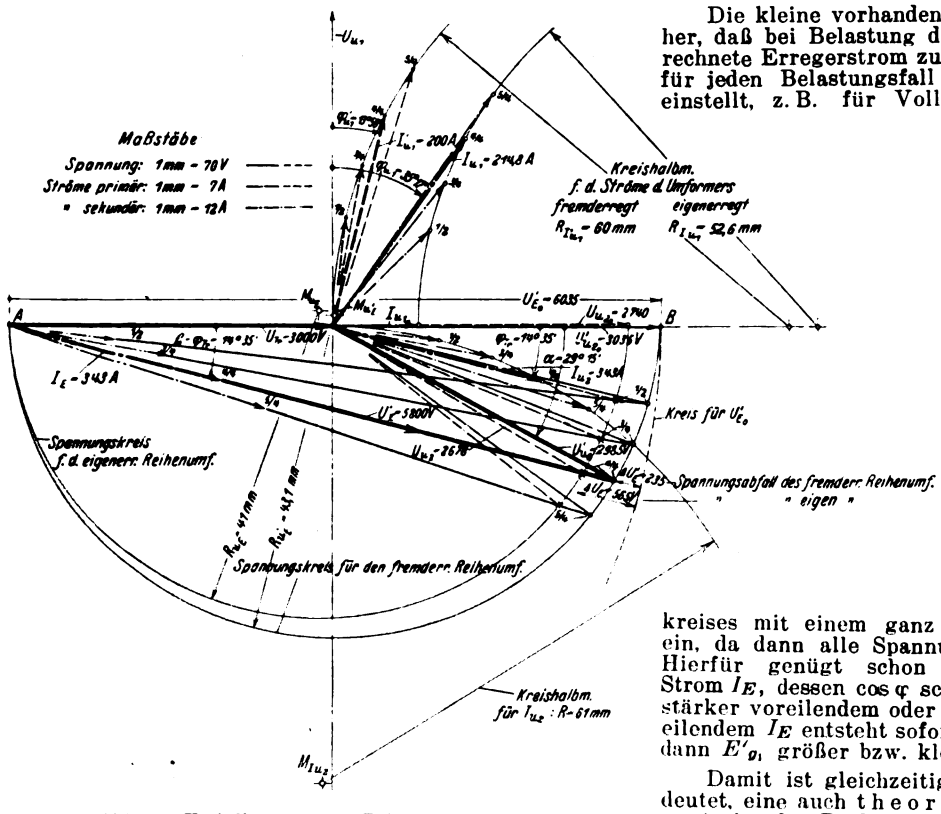


Abb. 23. Kreisdiagramm des Reihenumformers.

Was nun die Belastung des Dreiphasennetzes anbetrifft, so sind nach Diagramm II und Zahlentafel 2 die Phasenverschiebungswinkel der beiden Ströme I'_{u_1} und I_{Tr} nahezu gleich; die beiden Ströme stehen auch fast im richtigen Verhältnis zueinander. Es wird demnach auch eine annähernd symmetrische Belastung der Dreiphasenseite erreicht, wie die graphische Übertragung der Ströme für Vollast (Abb. 20) zeigt; die Unsymmetrie ist auch für alle anderen Belastungsfälle nach Zahlentafel 2 unbedeutend. Dasselbe gilt, ebenfalls nach Zahlentafel 2, für die Phasenwinkel bzw. für die cos φ der einzelnen Ströme des Dreiphasensystems; in Abb. 21 sind die drei cos φ in Abhängigkeit von der Belastung aufgetragen. Man kann also sagen, daß praktisch der Reihenumformer die Einphasenlast vollkommen symmetrisch auf das Dreiphasensystem überträgt. Allerdings wird die Dreiphasenseite auch bei $\cos\varphi_E = 1$ immer nacheilend belastet. Die Nacheilung beträgt bei Vollast 14,5°, d. h. cos $\varphi = 0{,}97$, ein Wert, der noch lange nicht von jedem Dreiphasenmotor erreicht wird. Außerdem hat der Reihenumformer gegenüber einem Motor noch den großen Vorzug, daß der cos φ bei Teillasten nicht kleiner sondern größer wird!

Die kleine vorhandene Unsymmetrie rührt nur davon her, daß bei Belastung der für den Leerlaufzustand berechnete Erregerstrom zu groß ist. Wenn man also den für jeden Belastungsfall sich ergebenden Erregerstrom einstellt, z. B. für Vollast (s. Diagr. II in Abb. 19) 82,6 A, so kann man bei jeder Belastung eine vollkommen symmetrische Übertragung ins Dreiphasennetz erzielen. Zugleich ist aber die Tatsache, daß die kleine Unsymmetrie nur von dem zu großen Erregerstrom herrührt, der Beweis dafür, daß der Reihenumformer bei jeder beliebigen Belastung des Einphasenkreises — sei der Strom nun vor- oder nacheilend — die Ströme für praktische Fälle hinreichend genau symmetrisch überträgt. Die Unsymmetrie verschwindet bei festeingestelltem Erregerstrom jedoch in dem Augenblick, in welchem das synchrone Kreisdrehfeld $E'_{\varphi_1} = U_{u_1}$, der Primärspannung des Phasenumformers, ist. Dieser Fall tritt bei Belastung des Einphasenkreises mit einem ganz bestimmten voreilenden Strom ein, da dann alle Spannungsabfälle nach außen drehen. Hierfür genügt schon ein ganz wenig voreilender Strom I_E, dessen cos φ schätzungsweise 0,98 beträgt. Bei stärker voreilendem oder weniger voreilendem bzw. nacheilendem I_E entsteht sofort wieder diese Unsymmetrie, da dann E'_{φ_1} größer bzw. kleiner als U_{u_1} ist.

Damit ist gleichzeitig eine zweite Möglichkeit angedeutet, eine auch theoretisch vollkommen symmetrische Belastung der Dreiphasenseite zu erzielen. Die damit verknüpfte Bedingung des voreilenden Belastungsstromes ließe sich z. B. bei dem fremderregten Krupp-Motor leicht erfüllen.

Was den Spannungsabfall ε im Einphasenkreis anbetrifft, so zeigen Diagramm II und Abb. 22, daß ε sehr gering ist (bei Vollast nur 3,9 %). Dieser Spannungsabfall wird hauptsächlich durch die Verdrehung von U'_{u_2} hervorgerufen, denn $U'_{u_2} = 2985$ V ist nur um 50 V kleiner als $U'_{u_{20}} = 3035$ V. Man erkennt in Diagramm II auch gut

[19] Durch die Schwenkung des Stromes nach rechts wird E'_{φ_1} wieder etwas kleiner und damit I_s wieder etwas größer!

Digitized by Google

den Einfluß der Fremderregung. Wenn auch das Diagramm des Phasenumformers bzw. Reihenumformers große Ähnlichkeit mit dem des statischen Transformators hat — mit dem Hauptunterschiede, daß die Primärspannungen und -ströme gegenüber den Sekundärspannungen und -strömen um 90° versetzt sind, worauf schon Brüderlin in seiner Arbeit aufmerksam machte — so wäre es jedoch ganz verkehrt, wenn man den Spannungsabfall im Einphasenkreis durch Verkleinerung des Übersetzungsverhältnisses des Phasenumformers vermindern wollte. Beim gewöhnlichen Transformator ist das ohne weiteres zulässig. Wird dagegen beim Reihenumformer das oben abgeleitete Übersetzungsverhältnis von $\sqrt{3}:1$ für den Phasenumformer nicht eingehalten, so wird diese Abweichung eine Unsymmetrie der Ströme im Zwei- bzw. Dreiphasenkreis bewirken[20]. Der geringe Spannungsabfall ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß bei $\cos\varphi_E = 1$ der Phasenumformer selbst wegen der Verdrehung von U'_{u_2} um den $\sphericalangle\alpha$ kapazitiv belastet wird. Bei der Verteilung einer Einphasenlast auf ein Dreiphasennetz wird also erst durch die Verdrehung der Umformerspannung die Möglichkeit einer günstigen Übertragung der Einphasenlast ins Dreiphasennetz geschaffen. Bei der Speisung von Zwei- bzw. Mehrphasenmotoren aus einem Einphasennetz durch einen Phasenumformer (Arno und Ferraris) ist dagegen diese Verdrehung der Umformerspannung sehr störend, da durch die Unsymmetrie der Spannungen eine Leistungsverminderung der angeschlossenen Motoren eintritt. Oder anders ausgedrückt: Bei dem ersten Problem kommt es auf die Symmetrie der Ströme an, die durch Fremderregung des Phasenumformers erreicht werden kann, bei dem zweiten Problem auf die Symmetrie der Spannungen. Wie die Symmetrie der Spannungen erzielt werden kann, wird in einem späteren Aufsatz behandelt.

[20] Bei dem angeführten Beispiel bringt die Abweichung von 1% vom verlangten Übersetzungsverhältnis noch keine merkliche Unsymmetrie hervor!

Das Kreisdiagramm des Reihenumformers.

Trägt man die Spannungen und Ströme des Reihenumformers für die vier untersuchten Belastungsfälle ohne und mit Fremderregung auf, so bewegen sich die Endpunkte der Strom- und Spannungsvektoren auf Kreisen (Abb. 23). Die Spannung am Phasenumformer und damit auch die Spannung im Einphasenkreis laufen auf Kreisen, deren Mittelpunkte fast in der Mitte von AB liegen. Dasselbe ist beim gewöhnlichen Zweiphasenumformer der Fall, wie Brüderlin schon feststellte[21]. Nur die Lage des Kreismittelpunktes hat sich durch die Reihenschaltung von U_T und U'_{u_2} gegenüber der Lage im Diagramm des gewöhnlichen Phasenumformers verschoben.

Schlußbemerkung.

Es ist noch auf einige Ungenauigkeiten und Vernachlässigungen bei der Untersuchung des Reihenumformers hinzuweisen. Nicht berücksichtigt wurden die Eisenverluste des Phasenumformers und der Drossel sowie der Magnetisierungsstrom der Drossel. Da hierdurch einseitige Belastungen der Dreiphasenseite hervorgerufen werden, ist schon bei der Konstruktion des Phasenumformers und der Drossel auf die Kleinhaltung dieser Größen zu achten; eine nennenswerte unsymmetrische Belastung der Dreiphasenseite kann jedoch dadurch nicht entstehen.

Das Anlassen des Umformers geschieht durch einen Anwurfmotor. Dieser könnte, wenn erforderlich, auch dazu verwandt werden, die Wind- und Reibungsverluste des Umformers dauernd zu decken, um die hierdurch bedingte Einphasenlast zu vermeiden. Er könnte gegebenenfalls gleichzeitig als Phasenschieber im Drehstromnetz benutzt werden, wenn der Reihenumformer induktiv belastet wird.

Der für die Fremderregung des Umformers notwendige Gleichstrom wird am zweckmäßigsten von einem mit dem Anwurfmotor oder mit dem Phasenumformer gekuppelten Gleichstromgenerator geliefert.

[21] Brüderlin, wie Fußnote 12; S. 34.

Über die Baadersche Bestimmung der Alterungsneigung von Isolierölen.

Von Dr. **v. d. Heyden** und Dr. **Typke**, Berlin.

Übersicht. **Bei Versuchen mit dem Baaderschen Ölprüfapparat wurde eine große Streuung der Ergebnisse beobachtet; die Schwankung der Raumtemperatur beeinflußte die Versuchstemperatur nicht über die zugelassene Toleranz hinaus, die verschiedene Abmessung der Versuchsgläser hatte keinen Einfluß. Bei heißem Wetter wurden hohe, bei kaltem niedrige Baader-Werte gefunden; die Bestimmung der Verseifungszahl an sich ergab aber bei heißem Wetter keine höheren Werte als bei kaltem.**

Baader hat ein neues Verfahren für die Bestimmung der Altersneigung von Isolier- und Dampfturbinenölen vorgeschlagen[1]. Im chemischen Laboratorium der AEG-Transformatorenfabrik wurden Versuche mit dem Baaderschen Apparat gemacht. Der Apparat wurde, wie vorgeschrieben, angeschlossen; es zeigte sich, daß die von Baader vorgeschriebene Ölbadtemperatur von 95° nicht eingehalten wurde, sie betrug vielmehr 97° und ließ sich weder durch stärkeres Aufdrehen der Kühlung, wie es Baader angibt, noch durch geringere Füllung des Wasserbades, noch durch Änderung der Heizung herabsetzen. Doch ist dies ein Fehler, der wohl die erhaltenen Zahlen im ganzen heraufsetzen, aber nicht zu einer Streuung der Ergebnisse führen kann, wie sie bei unseren Messungen beobachtet wurde.

Die Ölbadtemperatur schwankte etwas mit der Raumtemperatur; sie stieg bei 5° Erhöhung der Raumtemperatur um 0,3 ... 0,4°. Stärkere Schwankungen der Raumtemperatur als 5° waren während der gesamten Versuchsperiode nicht eingetreten. Baader gibt selbst eine Toleranz von ± 0,5° an, so daß also diese geringe Abhängigkeit der Versuchstemperatur von der Raumtemperatur keine Bedenken hat.

Die mitgelieferten Probegläser waren in ihren Abmessungen wesentlich verschieden. Es wurde deshalb je ein Öl in einem engen und in einem weiten Glas mit Glas- und Kupferrührer geprüft. — Es sind in der vorliegenden Arbeit die direkt mit Glas- und Kupferrührer erhaltenen Verseifungszahlen angegeben, nicht die Temperatur- und Kupferempfindlichkeit nach Baader, die die Differenz der Verseifungszahlen des mit Glasrührer erhitzten Öles und des unerhitzten Öles bzw. die Differenz der Verseifungszahlen des mit Kupfer- und Glasrührer erhitzten Öles sind. Das Ergebnis des Versuches mit den verschieden weiten Kolben war:

Zahlentafel 1.

Weite des Probeglases	Höhe der 60 cm³ Öl	Verseifungszahl	
42,1 mm	62 mm	mit Glasrührer	0,66
45,2 „	52 „	„ „	0,64
43,2 „	60 „	„ Kupferrührer	0,87
44,8 „	52 „	„ „	0,90

Trotz der beträchtlichen Unterschiede in der Weite der Probegläser wurden also keine Differenzen festgestellt.

Trotzdem also die Untersuchung der zuerst auffallenden Fehlermöglichkeiten keinerlei positive Ergebnisse hatte, wurden bei den eigentlichen Versuchen teilweise sehr große Differenzen der Versuchsergebnisse untereinander erhalten. Eine Ursache dafür war nicht erkennbar. Die ersten Versuche wurden noch in der kühleren Jahreszeit gemacht, die späteren im Sommer. In der folgenden Zusammenstellung der Ergebnisse (Zahlentafel 2) sind die Zahlen, die an heißen Tagen erhalten wurden, fett gedruckt. Es sind übrigens nur die Verseifungszahlen angegeben, da die Säurezahlen großenteils so niedrig waren, daß ihre Bestimmung keinerlei Wert hatte.

Baader gibt an, daß beim Arbeiten über 20° Raumtemperatur bei der Verseifungszahl unangenehme Streuungen erhalten werden. Nun ist es natürlich in den meisten Laboratorien im Hochsommer gar nicht möglich, die Räume auf dieser Temperatur zu halten. Baader empfiehlt nun wenigstens für solche Laboratorien, die häufig Verseifungszahl-Bestimmungen ausführen, die Lösungen in einem mit Kühlwasser durchflossenen Behälter aufzubewahren. Dadurch würde aber nur eine neue Fehlermöglichkeit gegeben sein, weil man in diesem Falle mit einer ungleichmäßigen Erwärmung der Lösungen in den Büretten unbedingt zu rechnen hätte. Es wurde deshalb mit bei Raumtemperatur aufbewahrten Lösungen gearbeitet. — Sämtliche in Zahlentafel 2 aufgeführten Öle

[1] Baader, ETZ 1929, S. 1422.

Digitized by Google

entsprachen den deutschen Bedingungen und hatten eine Verteerungszahl unter 0,07.

Zahlentafel 2.

Öl	1. Versuch Rührer: Glas	1. Versuch Rührer: Kupfer	2. Versuch Rührer: Glas	2. Versuch Rührer: Kupfer	3. Versuch Rührer: Glas	3. Versuch Rührer: Kupfer
russisch	0,06+	0,08+	0,06+	0,08+		—
„	**0,6**	**0,8**		—		—
„	0,15	0,21		—		—
„	0,07	0,32		—		—
„	**0,64+**	**0,89+**	**0,58+**	**0,73+**		—
„	0,12+	0,13	0,14+	0,21+	0,13+	0,46+
„	**0,66+**	**0,75+**		—		—
amerikanisch .	0,0 +	0,21+	0,16+	0,21+	0,28+	0,34+
„ .	**0,64+**	**0,89+**	0,21	0,51		—
„ .	**0,57**	**0,93+**	0,07	0,31		—
„ .	**0,66+**	**0,85+**	**0,59**	**0,77**		—
„ .	0,08+	0,22+	0,09+	0,22+		—
„ .	**0,65+**	**1,0 +**		—		—

Die mit + bezeichneten Zahlen waren mindestens zweimal bestimmt worden. Fett gedruckte Zahlen: an heißen Tagen erhalten.

Man sieht also, daß immer, wenn heißes Wetter war, hohe Werte erhalten wurden, und wenn kaltes war, niedrige. Um zu sehen, ob der Fehler an der Verseifungszahl selbst liegt, wurden an einer Reihe von Ölen die Verseifungszahlen bei verschiedener Temperatur bestimmt (Zahlentafel 3). Dies war dadurch möglich, daß für die Titration und Aufbewahrung der Lösungen zwei Räume zur Verfügung standen, von denen der eine durch elektrische Trockenschränke, Thermostaten usw. eine wesentlich höhere Temperatur als der andere hatte.

Zahlentafel 3.

Öl	Raumtemperatur	Vsz. unerhitzt	Vsz. Glasrührer	Vsz. Kupferrührer
russisch	24°	0,15	0,08	0,26
	32°	0	0	0,25
südamerikanisch . . .	21°	—	—	0,86
	24°	0,07	0,10	0,49
	32°	0,05	0	0,27
Texas	21°	0,28	0,29	3,3
	32°	0,17	0,19	2,2
Midcontinent (Weißöl).	21°	0,16	1,47	2,5
	31,5°	0,07	1,53	2,1

Man sieht also, daß die Werte bei den verschiedenen Temperaturen teils gut übereinstimmten, teils sogar bei niedriger Temperatur höher waren, so daß die höhere Temperatur, soweit die Verseifungszahl selbst in Frage kommt, nicht die Ursache der hohen Werte sein kann.

Da von Baader inzwischen die Verseifungszahl — ausgenommen für wissenschaftliche Zwecke — erfreulicherweise fallen gelassen worden ist[2], bestand an der Fortsetzung der vorstehend beschriebenen Versuche kein Interesse. Sie sollen lediglich der Öffentlichkeit bekanntgegeben werden, um zu zeigen, daß auch bei wissenschaftlichen Versuchen der Methode gegenüber große Vorsicht geboten ist. — Darüber, ob etwa schon bei der Oxydation der Öle im Baader-Apparat Unregelmäßigkeiten auftreten, wird gegebenenfalls noch berichtet werden.

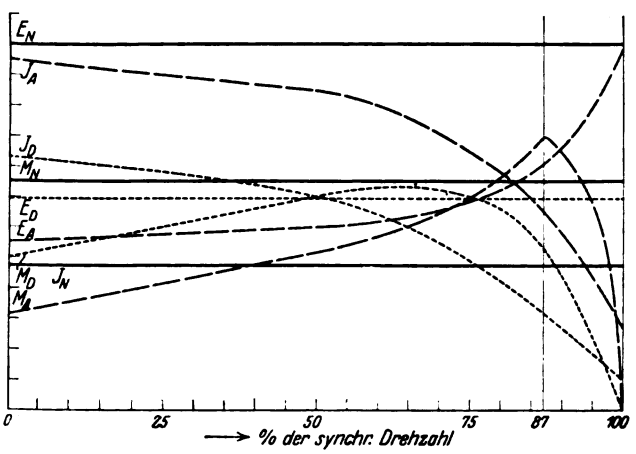
[2] Baader, Erdöl u. Teer 1929, S. 440.

Selbstanlasser für Drehstrom- und Einphasen-Kurzschlußmotoren.

Von Ing. **Paul Boros**, Budapest.

Übersicht. Es wird ein mit einem spannungsabhängigen Relais ausgerüsteter selbsttätiger Ständeranlasser beschrieben, der den Anlaufstrom unbedingt begrenzt und ein Anlauf-Drehmoment von etwa 40 % gestattet. Ferner wird eine Anlaßvorrichtung für Einphasen-Kurzschlußmotoren angegeben, die sich eines elektromagnetischen Selbstschalters zur Abtrennung der Hilfsphase bedient.

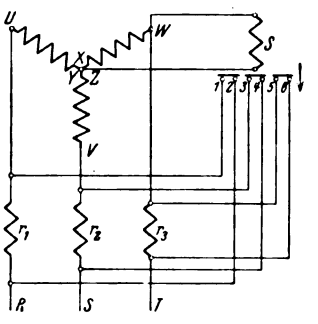
Abb. 1 zeigt die Anlaufverhältnisse (Strom, Spannung und Drehmoment in Abhängigkeit von der Drehzahl) eines 1,5 kW-Käfigankermotors, welcher für 120 V,



E Klemmenspannung — Index *N* Nennbetrieb
J Stromstärke — „ *D* Anlassen mit Stern-Dreieck-Schalter
M Drehmoment — „ *A* Anlassen mit Ständeranlasser

Abb. 1. Anlaufverhältnisse eines 4poligen 1,5 kW-Käfigmotors.

50 Hz in vierpoliger Ausführung gebaut, einen Nennstrom von 9,5 A, Kurzschlußstrom von 50 A und Anlauf-Drehmoment von 3 kW besitzt. Bei Anlauf mit Stern-Dreieck-Schalter beträgt der Anlaufstrom 16,6 A, das Drehmoment 1 kW, mit Vorschaltwiderständen im Ständer 23 A und 630 W. Der weitere Anlauf zeigt selbst bei Ausführung des Ständeranlassers mit einer einzigen Widerstandsstufe in jeder Phase, daß bis ungefähr zwei Drittel der synchronen Drehzahl das Drehmoment beider Anlaßarten zunimmt; von diesem Punkte an verringert es sich bei Stern-Dreieck-Schaltung und steigt weiter beim Ständeranlasser. Bei 13prozentigem Schlupf ist das Drehmoment für letzteren um 70 % höher als bei Stern-Dreieck-Schaltung und um 20 % höher als das Nenndrehmoment, wobei die Klemmenspannung des Motors erst ⅔ der Nennspannung erreicht hat und im weiteren Ansteigen begriffen ist. Wird nun der Anlaßwiderstand in diesem Moment überbrückt, so wird die Stromstärke auf jenen Betrag anwachsen, welcher der 13prozentigen Schlüpfung bei Nennspannung entspricht, d. h. auf 20 A, also weniger, als der zulässige[1] Spitzenstrom beträgt; der Motor wird weiter beschleunigt und läuft in den normalen Betrieb ein. Wenn daher das Anlaufmoment im Werte von rd. 40 % des Nenndrehmomentes und dessen stetiges Anwachsen auf den 1.2fachen Betrag in der Anlaufperiode der Nutzlast des Motors entspricht, so kann die Maschine mit Ständeranlasser in Betrieb gesetzt werden, ohne daß weitere Einrichtungen (Fliehkraftriemenscheibe usw.) notwendig wären. Die Überbrückung der Vorschaltwiderstände im richtigen Augenblick läßt sich nun beim Ständeranlasser in einfacher Weise zwangläufig durchführen.



R S T Netz
U X V Y W Z Motor
r_1 r_2 r_3 Stator-Vorschaltwiderstände
S Betätigungspule } des Relais
1 ... 6 Kontakte }

Abb. 2. Schaltung des Selbstanlassers für Drehstrom.

Abb. 2 zeigt die Schaltung einer von den Vereinigten Maschinen- und Metallwarenfabriken AG., Budapest, gewählten und zum Patent angemeldeten Anordnung. Parallel zu einer Phase der Ständerwicklung liegt die Betätigungspule eines Relais, welches so eingestellt wird, daß es bei ⅔ der Phasen-Nennspannung anspricht und die Vorschaltwiderstände des Ständers in allen Phasen überbrückt. Es könnte auch ein etwas höherer Wert für die Ansprechspannung gewählt werden, doch erfolgt bei diesem bereits kein unzulässiger Stromstoß bei der Umschaltung und infolge des niedrig gewählten Wer-

[1] Für Drehzahlen von 3000 und 1500 U/min gemäß Normalbedingungen für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke.

Digitized by Google

tes arbeitet der Apparat auch dann noch richtig, wenn sich im Netz ein Spannungsrückgang von 20 % zeigt, was normalerweise nicht vorkommen kann. In allen jenen Fällen, wo der aus Abb. 1 ersichtliche Drehmomentverlauf der tatsächlichen Belastung mit genügender Kraftreserve entspricht, ist die Anwendung eines Käfigmotors mit Ständer-Selbstanlasser möglich und empfehlenswert, auch vom Standpunkt des Elektrizitätswerkes, welches wohl den 2,4fachen Anlaufstrom, also höher als mit Stern-Dreieck-Schalter in Kauf nehmen muß, jedoch anderseits die Sicherheit hat, daß dieser Wert niemals überschritten wird, was bei einem zu früh betätigten Stern-Dreieck-Schalter oder sogar bei einem zu rasch angelassenen Schleifringmotor vorkommen kann; bei letzterem besteht außerdem noch die Möglichkeit, daß nach der Abschaltung des Ständers der Läuferanlasser oder der Kurzschließer in Betriebstellung gelassen werden, was beim Wiederanlassen der Maschine zu schweren Stromstößen führt. Der beschriebene Selbstanlasser geht beim Ausbleiben der Spannung in die Anlaufstellung zurück und die Maschine läuft bei Rückkehr der Spannung wieder normal an.

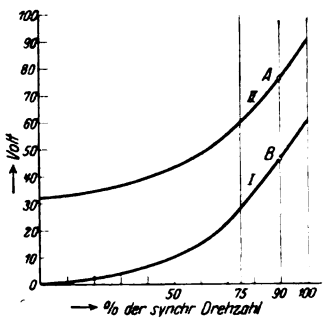


Abb. 3. Induzierte EMK (*I*) und Klemmenspannung der Hilfsphase (*II*) eines Einphasenmotors im Anlauf.

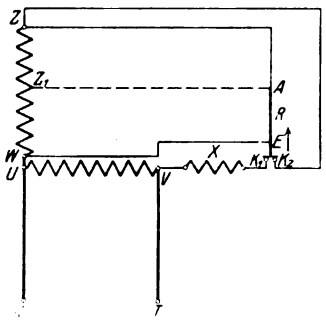
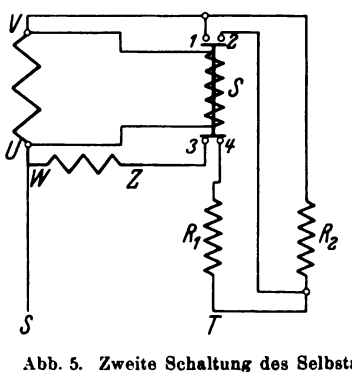


Abb. 4. Erste Schaltung des Selbstanlassers für Einphasenstrom.

Bisher erfolgte bei Einphasen-Kurzschlußmotoren für selbsttätigen Anlauf die Abschaltung des Hilfsphasenstromes durch Zeitrelais, Bimetallstreifen und dgl. oder aber durch Fliehkraftschalter, welche mit der Motorwelle in Verbindung waren. Die erste Lösung führt zu komplizierten Einrichtungen, weil der Hilfsphasen-Stromkreis nicht nur unterbrochen werden muß, sondern auch geöffnet bleiben soll, solange der Motor läuft, und geschlossen werden muß, wenn die Maschine stehen bleibt, damit diese sofort betriebsbereit ist. Außerdem besitzen die Unterbrecher mit verzögerter Auslösung den Nachteil, daß die Unterbrechung des Hilfsphasenstromes in einem bestimmten Zeitpunkte nach der Einschaltung des Hauptstromes erfolgt, unabhängig davon, ob der Motor in Phase ist oder wenigstens eine Drehzahl erreicht hat, bei welcher das Hochkommen der Drehzahl gesichert ist. Bleibt nun die Hilfsphase zu lange eingeschaltet, so wird im Motor und vorgeschalteten Schutzschalter überflüssigerweise Wärme entwickelt, welche bei häufigem Anlauf, wie er z. B. bei Pumpen für Wohnhäuser öfter vorzukommen pflegt, zum Beschädigen der Wicklung oder Ansprechen des Schalters und Abschalten der Maschine führt. Wird hingegen der Hilfsphasenstrom unterbrochen, bevor der Motor die notwendige Drehzahl erreicht hat, so kommt die Maschine nicht in Phase. Die Fliehkraftschalter gewährleisten zwar bei richtiger Einstellung das rechtzeitige Abschalten, doch tritt an ihnen immer Funkenbildung auf, die schließlich zum Verbrennen der Kontaktflächen und Versagen der Einrichtung führt. Nachstehend wird eine in Ungarn zum Patent angemeldete Schaltung beschrieben, die sich zum Anlassen der Motoren von Turbinenpumpen, Ventilatoren, selbsttätigen Kältemaschinen usw. eignet. Die Spannung der Hilfsphase wirkt auf die Betätigungspule eines elektromagnetischen Ausschalters, durch welchen bei einem gewissen Wert der induzierten Spannung der Hilfsphasenstromkreis unterbrochen, bei Stillstand des Motors und Verschwinden der induzierten Spannung dagegen wieder selbsttätig geschlossen wird. An den Klemmen der Hilfsphase besteht beim Anlauf bereits eine Spannung: die durch eine Impedanz abgedrosselte und phasenverschobene Netzspannung. Hinzu kommt bei Drehung des Läufers eine induzierte EMK. In Abb. 3 zeigt die Kurve *I* den Verlauf der induzierten EMK, Kurve *II* die Klemmenspannung während des Anlaufes. Wie aus der letzteren ersichtlich, nimmt die Klemmenspannung der Hilfswicklung zuerst langsam, später aber rasch zu. Bei 75 % der synchronen Drehzahl beträgt sie 60 V, bei 90 % 77 V, bei 100 % 90 V. Wird nun ein elektromagnetischer Ausschalter verwendet und derart eingestellt, daß er den Stromkreis der Hilfswicklung, an deren Klemmen seine Betätigungsspule liegt, bei 77 V öffnet, so wird dieser Schalter bei Erreichung von 90 % der synchronen Drehzahl die Hilfswicklung abschalten (Punkt *A* der Kurve *II*). In diesem Moment geht die Spannung der Betätigungspule auf 45 V zurück (Punkt *B* der Kurve *I*) und steigt dann weiter nach Kurve *I* an, wie sich der Motor auf die normale Drehzahl beschleunigt, doch kann sie höchstens 60 V bei synchronem Lauf erreichen. Die Wiedereinschaltung der Hilfsphase durch den Ausschalter bei dieser Verminderung der Spannung seiner Betätigungspule ist nicht zu befürchten aus folgendem Grunde: Elektromagnetische Ausschalter besitzen im allgemeinen einen durch Luftspalt unterbrochenen Eisenkreis. Der Luftspalt verschwindet beim Ansprechen des Schalters oder wird wenigstens bedeutend verringert. Infolgedessen genügt zum Festhalten in der Ausschaltstellung eine bedeutend geringere Spannung als zur Ausschaltung. Ein derartiger Schalter sprach bei langsamer Steigerung der Betätigungspannung bei 50 V an, bei nachträglicher Verminderung der Spannung verblieb er bis 25 V, d. h. 50 % der Ausschaltspannung geöffnet, erst dann erfolgte die Wiedereinschaltung des unterbrochenen Stromkreises.

Das Schaltbild der gesamten Einrichtung zeigt Abb. 4. Aus praktischen Gründen wird es manchmal vorteilhaft sein, die Betätigungspule des Ausschalters nicht an die volle Spannung der Hilfsphase, sondern an eine Teilspannung zu legen. Zu diesem Zweck wird die Hilfswicklung an einem Punkte Z_1 angezapft und an Stelle der Verbindung AZ tritt die gestrichelt gezeichnete AZ_1. Man wird natürlicherweise bestrebt sein, mit einer einzigen Art von Ausschaltern auszukommen, unabhängig davon, für welche Spannungen die verschiedenen Motoren gebaut werden. Dies könnte allerdings auch dadurch erreicht werden, daß die Hilfsphasen aller Motoren so gewickelt werden, daß sie dieselbe induzierte EMK bei normaler Drehzahl ergeben, doch ist es vorteilhafter, die oben angeführte Anzapfung der Hilfsphase vorzunehmen, um gleiche Betätigungspannung der Ausschalter bei allen Motoren zu erhalten.



S T Netz
U V Hauptwicklung
W Z Hilfswicklung
R_1 Drosselspule
R_2 Widerstand bzw. Drosselspule
S Relais-Betätigungspule
1, 2 Kontaktpaar, beim Anlauf offen, im Betrieb überbrückt
3, 4 Kontaktpaar, im Betrieb offen, beim Anlauf überbrückt

Abb. 5. Zweite Schaltung des Selbstanlassers für Einphasenstrom.

Natürlich eignet sich die beschriebene Einrichtung nur zum selbsttätigen Anlassen einphasiger Kurzschlußmotoren, die gegen geringes Drehmoment anzulaufen haben, bei Ausführung mit Schleifringanker ist noch ein Läufer-Selbstanlasser vorzusehen. U. U. kann die Schleifringausführung wegbleiben, wenn dem Motor mit Kurzschlußanker eine Einrichtung gegeben wird, welche den Stromstoß beim Einschalten mildert. Dies kann entweder durch Doppelkäfige erfolgen oder aber durch Vorschalten von Induktion vor die Hauptwicklung. In diesem Falle ist der elektromagnetische Schalter in zweipoliger Ausführung notwendig; der eine Pol unterbricht den Hilfsphasen-Stromkreis, der andere überbrückt die beim Anlauf der Hauptwicklung vorgeschaltete Drosselspule. Allerdings wird durch diese Einrichtung das Anlauf-Drehmoment verringert. In Verbindung mit Fliehkraft-Riemenscheibe kann der Asynchronmotor auch bei selbsttätigem Anlauf in solchen Fällen verwendet werden, wo bisher mit Rücksicht auf das Drehmoment nur der Kommutatormotor möglich war. Abb. 5 stellt eine Schaltung dar, bei welcher die Betätigungspule ähnlich Abb. 2 parallel zur Hauptwicklung liegt.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Strahlungsmessungen mit Hilfe elektrischer Meßgeräte. — Strahlungsmessungen wurden bisher rein subjektiv durch Vergleich unter Zuhilfenahme des menschlichen Auges vorgenommen. Die Verwendung einer Photozelle scheiterte jedoch an der erforderlichen hohen Betriebspannung von etwa 200 V, bei der schon eine Glimmerscheinung auftrat, die die Lebensdauer der Zelle und damit die Genauigkeit ihrer Angaben stark herabsetzte. Außerdem gab sie dabei nur Ströme von 10^{-8} ... 10^{-9} A. Erst nachdem es gelang, die Photozelle mit einer Kompensationsschaltung in Verbindung zu bringen, die eine erforderliche Betriebspannung von 4 V bedingte, war sie praktisch für die Meßtechnik brauchbar geworden. Diese Schaltung wurde von dem ungarischen Ingenieur v. Mihály angegeben; den Bau verschiedener Meßgeräte nach diesem Prinzip hat die Firma Gans & Goldschmidt, Berlin N 65, übernommen und damit neue Strahlungsmesser geschaffen, die den verschiedensten Zwecken dienen können. Eine kurze Übersicht der Verwendungsmöglichkeiten mag im folgenden gegeben werden.

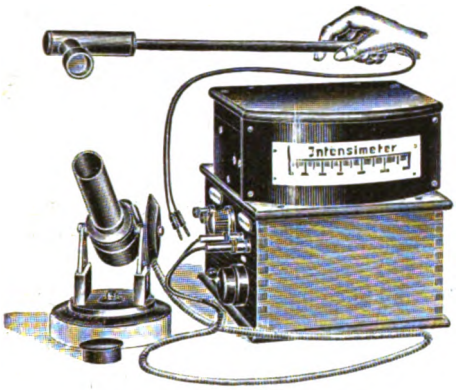


Abb. 1. Strahlungsmesser.

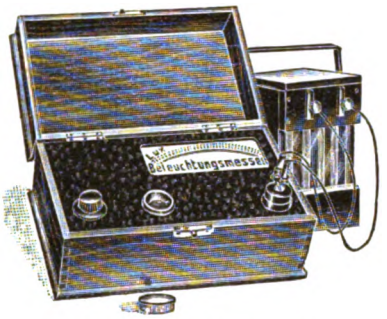


Abb. 2. Beleuchtungsmesser.

Abb. 3. Elektro-Kolorimeter.

Abb. 1 zeigt links ein Rohr, nach allen Richtungen schwenkbar auf einem Stativ befestigt, das die Photozelle enthält, und rechts einen Kasten mit der Potentiometerschaltung und dem elektrischen Meßgerät. Die bei Bestrahlung der Zelle auftretende Ionisierung bedingt Ausschläge des eingebauten elektrischen Meßgerätes. In dieser Form ist das Gerät als Strahlungsmesser, Photometer und als Beleuchtungsmesser (Abb. 2) zu benutzen. Der große Vorteil bei der Benutzung dieses Gerätes besteht darin, daß es ganz objektiv, ohne Vergleich, also unter Ausschaltung der Sehfehler des Auges arbeitet. Eicht man das Galvanometer in Lux, so kann man direkt die vorhandene Flächenhelligkeit ablesen. Das Gerät ist in dieser Form auch z. B. für den Kameramann von Nutzen, der damit, da es auch die Menge des reflektierten Lichtes anzeigt, das Aufnahmeobjekt Punkt für Punkt abtasten kann. Die hohe Empfindlichkeit des Gerätes läßt auch geringe Unterschiede in der Beleuchtungstärke oder in den Schatten deutlich am elektrischen Meßinstrument erkennen. Der geübte Kameramann wird jedoch hierauf nicht den größten Wert legen, vielmehr darauf, ob die zur Beleuchtung der Szene verwandten Lichtquellen auch die nötige Menge wirksamer Strahlen enthalten. Gerade diese Frage ist heute im Zeitalter des aufstrebenden Tonfilms höchst aktuell, denn jetzt macht sich das „Singen" der Bogenlampen höchst störend bemerkbar, ist auch oft bei Benutzung von Drosseln nicht ganz zu beseitigen. Das Licht der hier meist benutzten Nitraphot-Lampen ist aber photographisch nicht so aktiv, so daß der Operateur wohl im Zweifel sein kann, ob er nicht doch zur Erzielung einer einwandfreien Photographie einige Bogenlampen verwenden soll. Hier wird das Gerät als Intensitätsmesser ausgezeichnete Dienste leisten. (Ist die Bogenlampe nicht zu vermeiden, und singt sie trotz aller Sorgfalt bei ihrer Wartung, dann müssen eben diese Stellen noch einmal gedreht werden.) — Die Verwendung des Gerätes in dieser Form als optisches Pyrometer liegt wohl auf der Hand.

Verschließt man die Öffnung des Rohres gegen das auftretende Licht durch eine Aluminiumplatte, so erweitert sich der Anwendungsbereich nach einer anderen Richtung. Nur kurzwellige Strahlen können jetzt noch die Photozelle erreichen, das Gerät kann somit zur Prüfung von Röntgenröhren, bei entsprechender Eichung auch dazu gebraucht werden, die Intensität der Strahlung zu dosieren, sowohl bei Röntgenröhren als auch bei den jetzt weit verbreiteten Höhensonnen. Auch die Kontrolle von Hg-Dampf-Lampen kann damit durchgeführt werden. Um den Arzt beim Arbeiten mit dem Gerät vor schädlichen Einwirkungen der Röntgenstrahlen zu schützen, ist es für diesen Zweck mit einem langen Handgriff versehen (Abb. 1 oben, anstöpselbares Rohr mit Handgriff).

Abb. 3 zeigt eine andere Form des Gerätes. Die Photozelle ist ebenfalls in dem Kasten eingebaut und wird von einer kleinen Lampe beleuchtet, die sich jedoch in einem gewissen Abstand von der Zelle befindet, so daß man zwischen Lampe und Zelle die zu untersuchenden Gegenstände einfügen kann. In dieser Form dient das Gerät als Kolorimeter. Bringt man z. B. zwischen die eingebaute 2 V-Lampe und die Photozelle eine Flüssigkeit, so kann man an dem Ausschlag des Galvanometers sofort die Lichtdurchlässigkeit des Flüssigkeit feststellen. Die Skala kann also in Farbwerten direkt geeicht werden. Verwendung findet das Gerät in dieser Form z. B. in der Zuckerindustrie, um die Färbung und damit die Qualität des Zuckersaftes festzustellen, der je heller in der Farbe von desto besserer Beschaffenheit ist.

Da die Photozelle vor der Selenzelle z. B. neben hoher Empfindlichkeit noch den Vorteil großer Reaktionsgeschwindigkeit hat, kann eine derartige Prüfung auf Färbung, Trübung oder Lichtdurchlässigkeit auch fortlaufend vorgenommen werden derart, daß z. B. zwischen Lampe und Photozelle ein Rohr geschaltet wird, durch welches dauernd die zu prüfende Flüssigkeit läuft. Treten durch irgendwelche chemischen Vorgänge oder auch durch Verdünnen bzw. durch Zufügen von Farbstoff Änderungen in der Färbung auf, so werden diese sofort angezeigt. So können z. B. Wasserwerke auf ganz einfache Art und Weise die Beschaffenheit ihres Wassers hinter den Filtern feststellen. Auch ganz geringe Eintrübungen durch Spuren von Schlamm werden von dem Gerät sofort durch merkbare Zeigerausschläge des Galvanometers angezeigt. Kraftwerke, Kesselhäuser, die mit Rückkühlung des Kondenswassers arbeiten, leiden in der Nähe von Eisenbahnen oder staubigen Landstraßen oft stark unter der Verschmutzung ihrer Kühltürme, besonders im Ruhrgebiet, wo die ganze Luft durch den Rauch der Zechen mit Kohlenstaub in feinster Verteilung durchsetzt ist. Alle diese Betriebe werden gern an Stelle umständlicher chemischer Analysen des zur Kesselspeisung benutzten Wassers dieses Gerät benutzen.

Eine weitere Anwendung des Kolorimeters dürfte besonders in der chemischen Industrie Beachtung erfahren, nämlich beim Arbeiten mit Indikatoren. Zur Feststellung, ob in einer gegebenen Flüssigkeit ein bestimmter Stoff vorhanden ist und in welcher Konzentration, werden dieser Flüssigkeit Ingredienzien zugesetzt, die Indika-

Digitized by Google

toren, die je nach der Konzentration oder Art des vorhandenen gesuchten Stoffes eine ganz bestimmte Färbung der Flüssigkeit im durchfallenden oder auffallenden Lichte hervorrufen. Diese Farben werden, um sie stets zum Vergleich heranziehen zu können, in Farbentafeln zusammengestellt, die vom Kunstmaler, so gut es mit dem menschlichen Auge und dem Farbkasten möglich ist, erstmalig nach der Natur aufgenommen werden. Die Vergleiche werden nachher von anderen Personen nach gedruckten Kopien vorgenommen. Es erübrigt sich, auf die große Zahl der Fehlerquellen dieser Methode näher einzugehen. Das Kolorimeter gibt, einmal geeicht, ganz objektiv stets genau die Färbung bzw. die kleinere oder größere Abweichung von der gewünschten Färbung an und kann auch von Farbenblinden mit Sicherheit am Galvanometer abgelesen werden. Ein Beispiel für viele: Bei der Saturation des Zuckers ist es wichtig, daß stets ein gewisser p_H-Wert[1] vorhanden ist, da sonst leicht ein „Umkippen" des Saftes, also saure Reaktion, eintreten kann. Die Kontrolle erfolgt durch Zusetzen eines Indikators zu einer entnommenen Probe und Prüfen der Färbung durch Vergleich mit einer Farbentafel. Hierbei ist noch fraglich, ob jeder Kontrollvergleich von derselben Person vorgenommen wird. Bei Verwendung des Elektro-Kolorimeters scheiden jedoch alle subjektiven Sehfehler sowie Ungenauigkeiten infolge der verschiedenen Farbempfindlichkeit der vergleichenden Augen aus. *fi*

Leitungen.

Prüfungen an Papier-Bleikabeln. — Eine Veröffentlichung von R. D. Sherman über eigene Erfahrungen bei Abnahmeprüfungen von Hoch- und Niederspannungskabeln kann als Fortsetzung der Veröffentlichung von Farmer[1] aus den Jahren 1923/25 angesehen werden, da sie wiederum Prüfergebnisse an Kabeln verschiedener Herkunft, u. zw. die erzielten Durchschlagfestigkeiten aus dem Jahr 1928, gegeneinanderstellt. Der Verfasser beschreibt eingehend den Gang der Abnahmeprüfungen und erläutert das System der Musterentnahme ohne Vorwissen des Herstellers sowie die Vorbereitung der Muster für die sog. Heiß- und Kaltprüfung. Diese Prüfungen, die reichlich rigoros sind und von denen die erste inzwischen fallengelassen wurde, sind Durchschlagprüfungen bei 85° und −10°, wobei der letzteren eine Biegeprobe (Biegung um 180° um den 12fachen Kabeldurchmesser, u. zw. je zweimal in zwei entgegengesetzten Richtungen) vorangeht. Die Durchschlagprüfung selbst erfolgt mit einer Anfangspannung, die 180 % der jeweils für die Kabeltype vorgeschriebenen normalen Prüfspannung beträgt. Diese Anfangspannung wird in Stufen von 15 % der vorangegangenen Spannung alle 5 min bis zum Durchschlag erhöht. Bei der Prüfung von Dreileiterkabeln mit Einphasenprüfspannung werden nach jeder zweiten Stufe die Verbindungen am Kabel gewechselt, um alle Leiter zu erfassen. Die ermittelten Durchschlagwerte sind, wie bei Farmer, als Maximalbeanspruchung in Volt/mil (Volt/0,0254 mm) angegeben. Von den für jeden Hersteller besonders aufgestellten Zahlentafeln sei hier nur die Zusammenstellung der Mittelwerte mitgeteilt (Zahlentafel 1) und erwähnt, daß bei den einzelnen Herstellern starke Schwankungen in den Werten festzustellen sind.

Zahlentafel 1.

Hersteller	Mittlere Durchschlagfestigkeit bei Kabeln				Gesamt-Mittelwert jedes Herstellers
	Betriebspannung unter 7,5 kV		über 7,5 kV		
	Zahl der Proben	Volt/mil	Zahl der Proben	Volt/mil	Volt/mil
A	8	706	1	404	673
B	2	443	9	499	489
C	2	600	3	414	488
D	0	0	9	426	426
E	0	0	4	417	417
F	0	0	6	414	414
G	2	543	0	0	543
H	10	314	11	439	373

Gesamt-Mittelwert aller Hersteller: 459

Zieht man die von Farmer für das Jahr 1925 ermittelte Durchschlagfestigkeit von 355 V/mil zum Vergleich heran, so läßt sich erkennen, daß mit Ausnahme eines Wertes alle Mittelwerte höher liegen und der Gesamtmittelwert für 1928 den Wert für 1925 um 30 % übersteigt. Man könnte hieraus auf eine weitere laufende Verbesserung der amerikanischen Kabelfabrikation schließen. Sherman sieht dagegen eine qualitative Verschlechterung gegenüber dem Jahr 1926, für das leider Vergleichszahlen nicht veröffentlicht sind, und benutzt seine Feststellungen, um den verantwortlichen Betriebsleitern ein Ausruhen auf erworbenen Lorbeeren vorzuwerfen. Auftretende Fehler, die unsauber aufgesponnene Papiere und gequetschte Leiterseile als Ursache hatten, führt er auf nachlassende Fabrikationskontrolle zurück. (R. D. Sherman, El. World Bd. 94, S. 277.) *Wn.*

Elektromaschinenbau.

Der Hysteresisanlauf von Asynchronmotoren. — Kassjanoff erläutert die Wirkungsweise und Theorie des Hysteresisanlassers, der zum Selbstanlauf von asynchronen Drehstrommotoren dient. Der Hysteresisanlasser stellt eine schwach gesättigte Eisendrossel dar. Die drei ringförmigen Kerne bestehen aus harten Stahldrähten. In den Kernen pulsieren zu Beginn des Anlaufs Magnetflüsse mit Netzfrequenz; die dadurch bewirkten Hysteresis- und Wirbelstromverluste (bis zu 40 ... 60 W auf 1 kg Kerngewicht) bedingen das nötige Anlaßmoment des Motors. Im normalen Betriebe (Schlupffrequenz 2 ... 3 Hz) sind die Kernverluste bis auf einen unbedeutenden Betrag gesunken. Den Ausgang der theoretischen Betrachtungen bildet das Ersatzschema für Motor und Hysteresisanlasser (Abb. 4). Es bezeichnen

$r_1 + j x_1$ den Widerstand der Ständerwicklung,

$\frac{r_2 + r_3 S}{S} + j(x_2 + x_3)$ den auf die Netzfrequenz bezogenen Widerstand der Läuferwicklung (Index 2) und des Anlassers (Index 3).

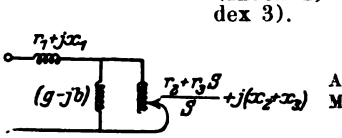


Abb. 4. Ersatzschaltung des Motors mit Hysteresisanlasser.

Für einen Asynchronmotor von 10 PS, 220 V, 26 A, 1440 U/min wird das Kreisdiagramm gezeichnet (Abb. 5). Infolge des Anlaßwiderstandes r_3 wird das Anlaufmoment (Schlupf $S = 1$) vergrößert und erreicht fast die Größe des Kippmoments. Dem Drehmoment entspricht im Diagramm die Ordinate zwischen der Linie AB und dem Kreise, ferner, z. B. bei $S = 0{,}25$, $\overline{e\,a}$ der aufgenommenen Leistung, $\overline{e\,d}$ den Ständerverlusten, $\overline{d\,c}$ den Verlusten in der Läuferwicklung, $\overline{c\,b}$ den Verlusten im Anlasser und $\overline{b\,a}$ der mechanischen Leistung. Außerdem beträgt der Schlupf $S = \overline{b\,d}/\overline{a\,d}$ und der Wirkungsgrad $\eta = \overline{a\,b}/\overline{a\,e}$.

Der Hysteresisanlasser hat natürlich keinen Einfluß auf die Arbeitskennlinien des Motors, wenn er nach beendetem Anlauf kurzgeschlossen wird. Bleibt er aber z. B. in Aufzügen dauernd mit den Schleifringen verbunden, so erhält der Motor die Eigenschaften eines Bucherot-Motors: der Hysteresisanlasser verschlechtert den Leistungsfaktor und Wirkungsgrad, vermindert das Kippmoment, vergrößert den Schlupf und gibt dem Motor eine weichere Geschwindigkeitscharakteristik im Anlauf. Hinsichtlich des Moments und Stromes im Anlauf nimmt der Asynchronmotor mit Hysteresisanlasser eine Mittelstellung zwischen Schleifring- und Käfigmotor ein. Eine zu große Induktivität des Anlassers setzt das Anzugsmoment und Kippmoment stark herab. Zur Behebung dieses Übelstandes schlägt der Verfasser vor, die Induktivität des Anlassers durch parallel geschaltete Ohmsche Widerstände und Kondensatoren auszugleichen. Durch die Wahl des Verhältnisses von Kapazität zu Induktivität hat man es in der Hand, das Optimum der Kompensation (Remanenz) auf einen gewünschten Schlupf einzustellen, um so entweder eine hohe Überlastbarkeit oder ein großes Anlaufmoment des Motors zu erhalten.

Die Wirkungsweise des Parallelwiderstandes ist in den folgenden 3 Kreisdiagrammen veranschaulicht (Abb. 6 ... 8). Abb. 6 gilt für eine Impedanz des Anlassers $Z_3 = 0{,}8 + j\,0{,}6 = 1\,\Omega$ und einen Parallelwiderstand $r_4 = 1\,\Omega$; das Anfangs- und Lastmoment des Motors wird vermindert. Der kleine Kreis entspricht dem Betriebe mit, der große dem Betriebe ohne Hysteresisanlasser. Um das Höchstdrehmoment beim Anlauf zu erhalten, wurde $Z_3 = 1{,}49 + j\,1{,}12 = 1{,}86\,\Omega$ und $r_4 = 2{,}37\,\Omega$ ausgeführt. Die hierdurch erzielte Wirkung zeigt Diagramm Abb. 7: bedeutend herabgesetzten Anlaufstrom, vergrößertes Anfangsmoment auf Kosten der Maximal-

[1] Der p_H Wert (Wasserstoffionenkonzentration) ist ein Maß direkt proportional der Potentialdifferenz zwischen Elektrode und Lösung. Diese Potentialdifferenz ist durch den H-Ionen-Gehalt der Lösung bestimmt. Der Umrechnungsfaktor ist 0,58.

[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1203.

Digitized by Google

leistung des Motors; der Bereich des unstabilen Betriebes (Kippens) ist verschwunden. Das Diagramm zeigt große Ähnlichkeit mit dem eines Boucherot-Motors. Wird zu dem

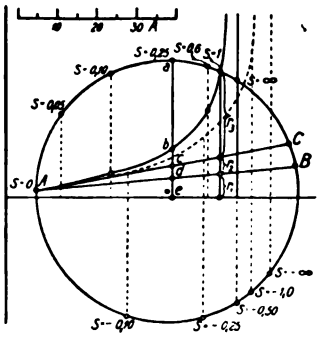


Abb. 5. Kreisdiagramm für einen 10 PS-Asynchronmotor.

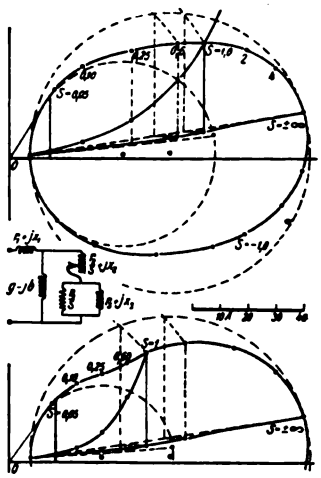


Abb. 6.

Abb. 7.

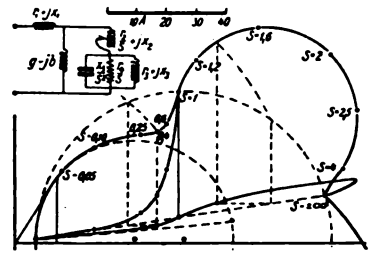


Abb. 8.

Abb. 6...8. Kreisdiagramme zur Kenntlichmachung der Wirkungsweise des Parallelwiderstandes.

Anlasser von $Z_3 = 0{,}8 + j\,0{,}6 = 1\,\Omega$ und dem Ohmschen Widerstand $r_4 = 2\,\Omega$ noch ein Kondensator von $x_5 = 1{,}67\,\Omega$ parallel geschaltet, so ergibt sich als Anlaufmoment das größte mögliche Drehmoment des Motors ohne Anlasser bei etwa 3-fachem Wert des Anlaufstromes (Abb. 8). Die Induktivität des Anlassers ist also vollkommen ausgeglichen. Kassjanoff zeigt weiter an Hand von Beispielen, wie sowohl der Hysteresisanlasser als auch die Kondensatoren zu berechnen und zu bemessen sind.

Die beschriebene Anordnung hat gegenüber Spezial-Kurzschlußmotoren, wie Doppelnut- und Wirbelstromläufer, unverkennbar ernste Nachteile. Die Nebenapparate (Anlasser und Kondensator) und außerdem die Ausführung des Läufers mit Phasenwicklung und Schleifringen komplizieren und verteuern. Die erzielte Verbesserung, Anlaufstrom und -drehmoment den Betriebsbedürfnissen leicht anpassen zu können, sowie die Möglichkeit, den Hysteresisanlasser an jeden normalen Asynchron-Schleifringmotor anzubauen, gleichen die Nachteile nicht aus. (W. T. Kassjanoff, El. u. Maschinenb. Bd. 47 S. 865 u. 890.) *Zrn.*

Beleuchtung.

Beleuchtung von Tankstellen. — Abb. 9 zeigt die Nachtaufnahme einer Groß-Tankstelle in Berlin, Teltower Straße. Bemerkenswert ist die gut verteilte Be-

Abb. 9. Beleuchtung einer Groß-Tankstelle durch großflächiges Oberlicht.

leuchtung der gesamten praktisch ausnutzbaren Grundfläche durch großflächige, unter dem Dache angeordnete Leuchten. Die untere Dachfläche ist weiß gehalten, so daß sie im Bilde als gleichmäßig leuchtende Fläche erscheint. Die über den Tankapparaten angebrachten Kugelleuchten dienen hauptsächlich als Lichtreklame; sie zeigen dem Autofahrer schon auf einige Entfernung an, daß er eine Tankstelle vor sich hat. *osa*

Installation.

Einbau eines Temperaturreglers in elektrische Bügeleisen. — Der Einbau eines Temperaturreglers in elektrische Bügeleisen kann nach Abb. 10 in der Weise erfolgen, daß die eine Deckplatte b_1 des Heizelementes a als Träger benutzt wird. Diese Platte wird dabei zweckmäßig aus Glimmer hergestellt, der mechanisch haltbarer ist als das sonst verwendete Mikanit. Die Befestigung des Temperaturreglers c erfolgt mittels der Schraube d. Die Anschlußklemmen e_1 und e_2 des Reglers kann man durch das Element hindurchtreten lassen, so daß sie über der oberen Deckplatte b_2 zu liegen kommen. Um zu vermeiden, daß die Anschlußenden des Heizdrahtes eine Überhitzung erfahren, erfolgt der Anschluß des Heizdrahtes an die Klemmen nicht unmittelbar, sondern mittels der Fahnen f_1 und f_2, die zwischen die Deckplatten greifen und dort mit dem Heizdraht verbunden werden. (Bergmann Mitt. Bd. 7, S. 151.) *Ka.*

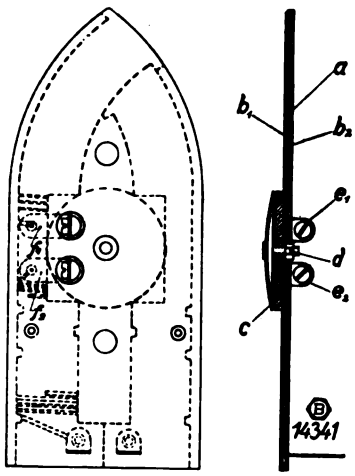


Abb. 10. Temperaturregler, in Bügeleisen eingebaut.

Bahnen und Fahrzeuge.

Ausbau der Berliner Hoch- und Untergrundbahn. — Am 22. XII. v. J. sind auf drei Ausläufern des Berliner Schnellbahnnetzes Bahnverlängerungen im Gesamtumfange von 4,8 km in Betrieb genommen worden, so daß das Netz der Hoch- und Untergrundbahn am Jahresende 1929 64,4 km mit 76 Bahnhöfen betrug. Die eröffneten Strecken sind aus dem Übersichtsplan (Abb. 11) ersichtlich. Die Dahlemer Strecke ist über den Bahnhof Thielplatz hinaus um rd. 3,3 km nach Zehlendorf-West zu mit den Bahnhöfen Oskar-Helene-Heim, Onkel-Toms-Hütte und Krumme Lanke, die Nord-Süd-Bahn um 854 m bis zum Bahnhof Tempelhof (Südring) und die Weststrecke über den Bahnhof Stadion um 1046 m bis zum Bahnhof Ruhleben verlängert worden. Das Schnellbahnnetz hat damit verkehrstechnisch eine weitere Abrundung erfahren, indem es mit den beiden zuletzt angeführten Verlängerungen in engere Verbindung mit den anderen öffentlichen Verkehrsmitteln gekommen ist und die von vornherein mit 2,8 km zu kurz bemessene Dahlemer Bahn den Charakter eines Torsos verliert.

Die auf einem Damm liegende Verlängerung Bhf. Stadion—Bhf. Ruhleben ist das erste Bahnstück zu einer lange

Digitized by Google

angestrebten Verbindung Spandaus mit dem Berliner Schnellbahnnetz. Die Bestrebungen hierzu reichen bis in das Jahr 1905 zurück, und neuerdings flauten sie mit der wesentlichen Verbesserung der Spandauer Vorortbahn im Anschluß an die Stadt- und Ringbahn ab[1]. Für die Schnellbahn blieb aber der Bhf. Stadion kein befriedigender Abschluß der Westlinie. So liegt denn der Hauptvorteil dieser Verlängerung in der Heranführung der Westlinie an die Charlottenburger Chaussee, auf der die Straßenbahn von Spandau nach Charlottenburg läuft. Die Spandauer Fahrgäste können bereits in Ruhleben auf die Schnellbahn übergehen, was bisher erst auf den Bahnhöfen Reichskanzlerplatz oder Wilhelmplatz möglich war. Die Straßenbahn wird damit entlastet und Spandau dem Berliner Zentrum zeitlich nähergebracht. Der Bahnkörper liegt auf einem Damm, der sich vom Bhf. Stadion zum Bhf. Ruhleben um 6 m senkt. Beim Bhf. Ruhleben ist in den Damm ein Eisenbetonbauwerk eingebaut, das den Fahrgästen eine geräumige rd. 17 × 18 m große Vorhalle bietet, von der rechts und links zwei breite Treppen zum Bahnsteig führen, der mit seiner Mitte über der Halle liegt. Der Bahnsteig ist 110 m lang, in der Mitte 11,30 m, an den Enden rd. 8 m breit und von einer offenen Halle überdeckt. Der Bahnhof Stadion ist noch im Umbau begriffen, der sich infolge der Bahnverlängerung wie auch des sich steigernden Sportverkehrs auf der Rennbahn Grunewald und im Stadion erforderlich macht.

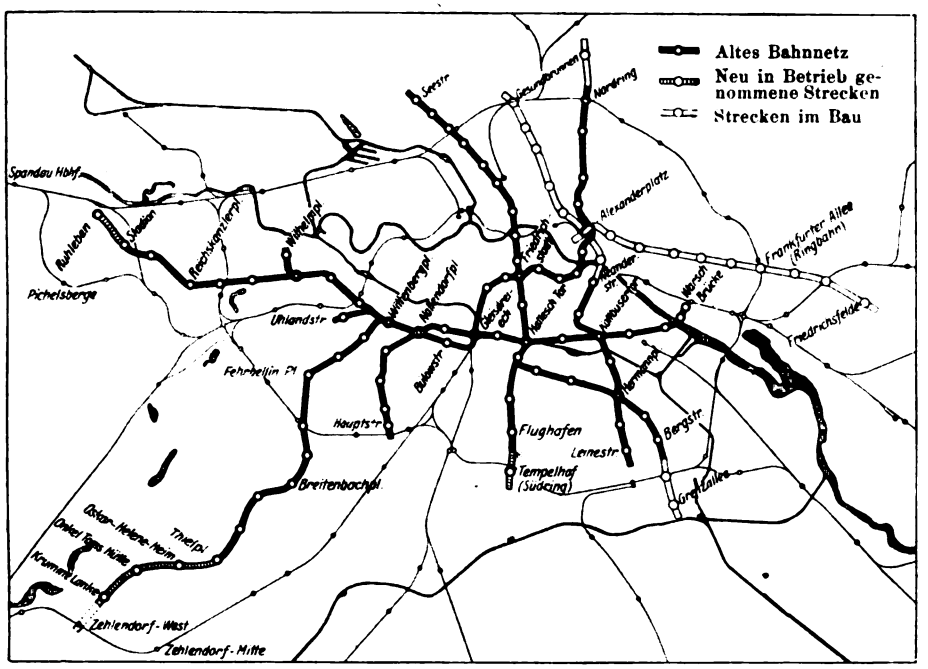


Abb. 11. Übersichtsplan der Berliner Hoch- und Untergrundbahnen Ende 1929.

Mit der Verlängerung der Flughafenlinie (Nord-Süd-Bahn) bis zum Bhf. Tempelhof (Südring) ist ein weiterer Anschluß der Schnellbahnen an die Stadt- und Ringbahn hergestellt und Tempelhof selbst dem Berliner Verkehr nähergebracht so daß auch zugunsten des Flughafenverkehrs eine Entlastung des Bhf. Flughafen eintritt. Die Strecke ist als Untergrundbahn ausgeführt. Der neue Bahnhof liegt südlich der Ringbahn. Am nördlichen Ende ist ein unmittelbarer straßenfreier Übergang zur Ringbahn. Zur Unterführung der Untergrundbahn unter die Ringbahn mußte die Ringbahnbrücke vollständig umgebaut werden, da auch gleichzeitig die unter der Brücke durchgehende Straße verbreitert wurde. Der Bahnsteig hat eine Länge von 120 m und eine Breite von 9 m. Eine weitere Verlängerung der Bahn um etwa 1,7 km bis über den Teltowkanal mit den Bahnhöfen „Rathaus Tempelhof" und „Ullsteinstraße" ist vorgesehen.

Die als Einschnittbahn ausgeführte Verlängerung der Dahlemer Bahn zum Bhf. Krumme Lanke in der jetzt vorliegenden Linienführung hat viele Vorverhandlungen erforderlich gemacht. Sie ist aber schließlich gewählt worden, weil durch sie ein für den Ausflugsverkehr bedeutungsvolles Waldgebiet erschlossen und die vielleicht in späterer Zukunft erwünschte Verlängerung in das südlich der Berlin-Potsdamer Bahn gelegene städtische Düppeler Gelände ermöglicht wird. Auch erfuhr die Stadt Berlin durch die Beteiligung der Siedlungsgesellschaften in dem von der Bahn durchzogenen Gebiet an den Baukosten eine wesentliche Entlastung beim Bahnbau. Die neue Strecke schließt am Bhf. Thielplatz an und liegt auf 1300 m Länge in noch unbebautem Gelände der Domäne Dahlem. Dieses Bauland wird durch den etwa in der Mitte liegenden Bahnhof „Oskar-Helene-Heim" aufgeschlossen. Von hier bis Bhf. Krumme Lanke liegt die Bahn auf 1700 m Länge im wesentlichen auf Geländestreifen, die von dem Sommerfeldkonzern zur Verfügung gestellt wurden. Die Bahn liegt als Einschnittbahn auf Hinterland im Innern der Baublöcke. Der Aufschließung des durchfahrenen Geländes dienen die Bahnhöfe „Onkel-Toms-Hütte" und „Krumme Lanke". Für den Ausflugsverkehr wird besonders der erstere von erheblicher Bedeutung sein, der dementsprechend bereits an jedem Ende einen Zugang erhalten hat. In Hinblick auf diesen Verkehr ist auch der früher am Thielplatz gelegene Wagenschuppen zwischen die Bahnhöfe Onkel-Toms-Hütte und Krumme Lange verlegt worden. Dieser bietet mit einer Grundfläche von rd. 20 × 110 m² für die Aufstellung von vier 8-Wagen-Zügen Platz; angegliedert ist eine Werkstatt mit den erforderlichen Nebenräumen. Neben dem Wagenschuppen liegt das Umformerwerk für die Stromversorgung der Bahn. Mit zunächst zwei Quecksilberdampfgleichrichtern von je 1100 kW wird der von dem an der Birkbuschstraße in Steglitz gelegenen Umspannwerk der BEWAG kommende Drehstrom von 6000 V Spannung in Gleichstrom von 780 V umgewandelt. Platz für zwei weitere Gleichrichter ist vorgesehen. Nach einmaligem Einlegen der Ölschalter arbeitet das Unterwerk selbsttätig. Im Bedarfsfall wird der Dienst vom Personal des Wagenschuppens versehen. Für Betriebsangestellte ist eine Hausgruppe mit Dienstwohnungen errichtet worden. Die Bahnsteige der drei Bahnhöfe haben die auf der Stammbahn übliche Länge von 110 m und eine Breite von 8 m, nur beim Bhf. Onkel-Toms-Hütte ist die Breite 10 m. Für den Ortsverkehr der neuen Bahn kommen nach vollem Ausbau der Siedlungen 35 500 Bewohner in Frage. Hiervon sind 12 000 Einwohner bereits vorhanden. Ein ständiger Verkehr ist damit der Bahn neben dem Ausflugsverkehr gesichert, der bei der späteren Verlängerung zum Bahnhof Zehlendorf-West durch den Übergangsverkehr von der Wannseebahn noch eine Steigerung erfahren wird.

Am 22. XII. v. J. sind auch die auf 110 m verlängerten Bahnsteige der Bahnhöfe Bülowstraße und Nollendorfplatz mit den neuen Zugängen am Ostende der Bahnhöfe dem Betrieb übergeben worden. Die Verlängerung beträgt am Bahnhof Bülowstraße 33 m, am Bahnhof Nollendorfplatz 22 m. *Pge.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Selbsttätige Feuerungsregelung bei Treppenrostfeuerungen für Rohbraunkohle. — Der oft vertretene Standpunkt, daß es bei dem Einbau von selbsttätigen Feuerungsreglern genügt, den Generalschieber im Hauptfuchs zu regeln, um mehreren oder allen Kesseln der Anlage die richtige Luftmenge zuzuteilen, beruht auf einem Trugschluß, da es durch Regelung des Generalschiebers nicht gelingt, die Luftzufuhr gleichmäßig für alle Kessel einzustellen. Die den einzelnen Kesseln zugeführten Luftmengen stellen sich bei dieser Regelung nach den Widerständen in den Rauchgaszügen und im Feuerbett ein. Ein Rost mit größerer Brennstoffschicht, also größerem Widerstand des Feuerbettes, erhält weniger Luft als ein Rost mit geringerer Brennstoffschicht, so daß auf keinem der Roste eine günstige Verbrennung erreicht wird. Eine gleichmäßige Belastung der Kessel ist mit

[1] Umbau der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen, ETZ 1929, S. 866.

Digitized by Google

dieser Art der Regelung nicht zu erzielen; es muß die Luftzufuhr für jeden Kessel einzeln geregelt werden.

Bei feststehenden Treppenrostfeuerungen ohne mechanische Beschickungsvorrichtung, bei denen nur die Rauchgasklappe und damit nur die Luftzufuhr zum Kessel geregelt werden, muß das Feuerbett auf dem Rost bei starken Belastungsänderungen vom Heizer beeinflußt werden. Zu diesem Zweck muß ein Dampf-Luft-Messer angeordnet

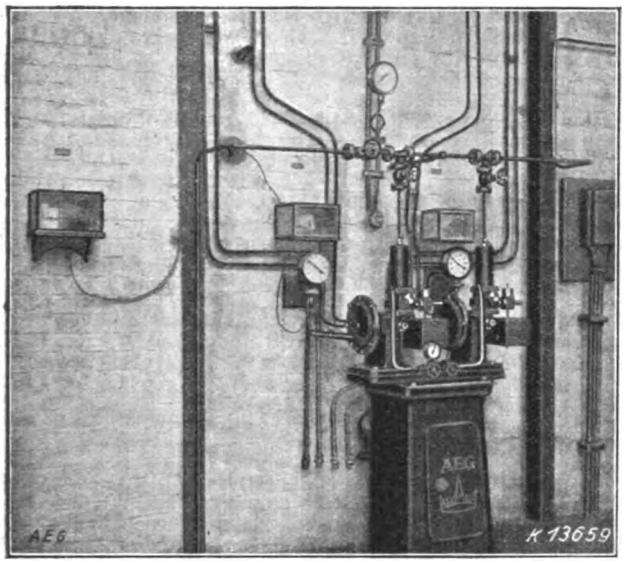


Abb. 12. Hochdruckkessel-Regler.

werden, der so geeicht ist, daß die beiden Zeiger bei günstiger Verbrennung übereinander stehen; der Heizer hat dann durch zweckmäßige Bearbeitung des Feuerbettes dafür zu sorgen, daß Dampf- und Luftzeiger immer die gleichen Werte angeben. Bei einer von der AEG eingebauten Regelanlage Bauart AEG-Askania[1] für zwei Kessel mit feststehender Treppenrostfeuerung und einem Betriebsdruck von 26 atü wurde für jeden Kessel ein vom Dampfdruck beeinflußter Rauchgas-Klappenregler (Abb. 12)

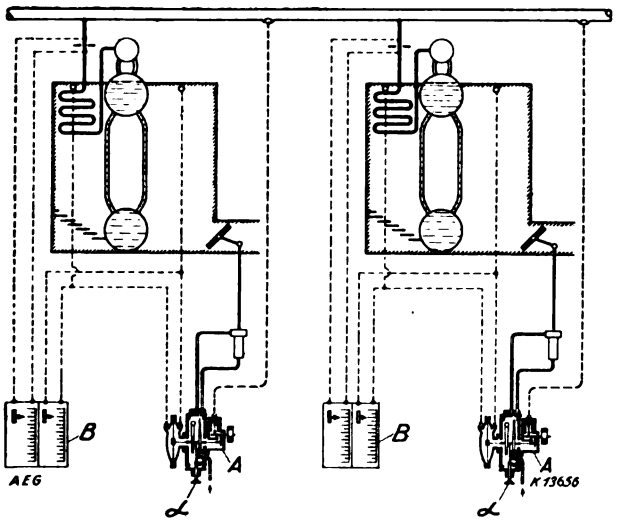


Abb. 13. Feuerungsregelung Bauart AEG-Askania für zwei Treppenrostkessel.

angeordnet. Aus der schematischen Darstellung Abb. 13 erkennt man, daß ein Verstellschieber α vorhanden ist, durch dessen Einstellung eine gleichmäßige Dampferzeugung der Kessel möglich ist. Die Kessel, die den Dampf für eine Fördermaschine erzeugen, haben schnell aufeinanderfolgende Belastungschwankungen zwischen 2000 und 3000 kg/h aufzunehmen. Bei ungeregeltem Betrieb traten Druckänderungen zwischen 23 und 25 atü vor der Maschine auf, die durch den Einbau der Regler vollständig beseitigt wurden. Die Kohlenersparnisse bei geregelten Kesseln gegenüber ungeregeltem Betrieb wurden zu 2,5 % festgestellt; die Anlagekosten konnten durch diese Ersparnisse in etwa 14 Monaten getilgt werden. *fi*

[1] Vgl. a. ETZ 19.9, S. 579.

Werkstatt und Baustoffe.

Neue Erkenntnisse über die Betriebsicherheit von Hartpapier- und Preßmaterialien[1]. — Die chemisch-technologischen Untersuchungen von Phenolharz-Zellstoff-Materialien wurden vorgenommen, weil diese Nichtleiter in elektrischen Hochspannungsanlagen eine immer größere Bedeutung erlangen. Sie werden hergestellt, indem mit Bakelite lackierte Papiere oder bakelitegetränkte Fasern in der Hitze durch Wickeln oder Druck zusammengepreßt werden. Aus den Ergebnissen der chemischen Analysen und elektrischen Prüfungen an verschiedenen im Handel vorkommenden Hartpapierfabrikaten sind bereits Vermutungen über das Verhalten dieser Stoffe im Betrieb möglich. Aber erst die hinzukommende technologische Untersuchung führt zu einer sicheren Beurteilung des Dielektrikums. Bisher ist der Bindung von Faser und Bakelite nicht genügende Beachtung geschenkt worden, denn es gibt auf dem Markt sehr viel Fabrikate, deren dielektrischer Verlustfaktor die Verwendung in Hochspannungsnetzen ausschließt.

Solche Isolierstoffe können gute mechanische und chemische Eigenschaften besitzen, ihr dielektrisch ungünstiges Verhalten besteht in zu hohen Gaseinschlüssen. Die Untersuchung auf Gase wird derart vorgenommen, daß die Hartpapierkörper bei Raumtemperatur in einer luftleer gemachten Glasglocke durch einen Fräser in feine Teilchen zerlegt werden, welche, zwischen den Fingern gerieben, zu Staub zerfallen. Die aus diesem Hartpapierstaub austretenden Gase werden gesammelt. Diese Analysenmethode wird als Glockenverfahren bezeichnet. Ferner wurden zur Orientierung nach Größen normalisierte Hartpapierkörper in besonders geeignetes Transformatoröl bestimmter Beschaffenheit gelegt. Bei Erhitzung des Öles auf 103 °, 130 ° und 150 ° entweichen Gase, deren Mengen von der Höhe der Temperatur und der Verklebung der Faser mit Bakelite abhängig sind.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß in Hartpapierrohren und -platten große Gasmengen vorhanden sind. Praktisch handelt es sich meistens um Lufteinschlüsse. Die Bindung von Isolierstoff und Gas ist verschieden stark, man hat daher Gase unterschiedlicher Ablösbarkeit. Es ist dies auch erklärlich im Hinblick auf die Art des Faserstoffes und dessen Kapillarsysteme, das Verhältnis von Faser zum Bindemittel, die Aufbereitung von Faser und Bindemittel, den Fabrikationsdruck, den Preßvorgang u. dgl. Aus in Lagen gepreßten Hartpapierkörpern wurden nach dem Glockenverfahren bei 20 ° 33 ... 104 Volumprozent Luft losgelöst. Es ist dies nur ein Teil der eingeschlossenen Gase, denn trotz eines vielstündigen Aufenthaltes bei konstant gehaltener Luftleere sind in den Kapillarsystemen der staubförmigen Hartpapierspäne oft mehrere tausend Volumenprozent Luft eingeschlossen. Der Stickstoffgehalt läßt sich z. B. durch Verbrennung des Hartpapierkörpers in Sauerstoff ermitteln. Die Rohstoffe enthalten ebenfalls große Gasmengen. Der Entgasungsvorgang verläuft teilweise reversibel.

Schlecht verklebte Stellen, d. h. solche, in denen Gas enthalten ist, lassen sich in einem Normalapparat ermitteln. Auf der einen Seite von dünnen Hartpapierproben ist ein konstanter Unterdruck vorhanden, auf der anderen Seite befindet sich ein geschlossener Raum mit Steigerohr. Dieser Prüfapparat ist auch anwendbar, um den Wert von Überzügen, z. B. Lackierungen, festzustellen.

Es wurden in einem für die Untersuchung von Preßkörpern eingerichteten Sonderlaboratorium nichtgeschichtete Isolierstoffe aus Zellstoffasern und Bakelite angefertigt. Nur wenn solche unter Druck und Hitze entstandenen Stücke längere Zeit, u. zw. bei 180 ° nachbehandelt werden, kommt ein Verlustfaktor heraus, welcher für Hochspannung genügt. Die Gasbestimmung in derartig nachbehandelten Platten, ausgeführt nach dem Glockenverfahren, ergibt Mengen von 105 ... 127 Volumprozent. Bei nicht in Wärme nachbehandelten Preßlingen sind es nur 21 ... 26 Volumprozent. Infolge der hohen Erwärmung auf 180 ° ist der Zellstoff durch den eingeschlossenen Luftsauerstoff oxydiert, die Faser ist weitgehend zerstört, Blasen und Risse sind aufgetreten. Durch die Beschädigung der Kapillarsysteme sind große Mengen Gas leichter ablösbar. In elektrischer Beziehung be-

[1] Mitt. aus dem Dresdner Dielektrischen Institut.

Digitized by Google

sitzt der nachbehandelte Preßling im Gegensatz zu dem nicht nachbehandelten Preßling ($\operatorname{tg}\delta = 0{,}28$ bei 20 ° und 20 kV_{eff}/cm) einen Verlustfaktor $\operatorname{tg}\delta = 0{,}012$ bei 20 ° und 53 ... 80 kV_{eff}/cm. Während bei den nicht nachbehandelten Preßlingen das eingeschlossene Gas Luft ist, bestehen bei den nachbehandelten Zellstoff-Bakelite-Körpern die Gaseinschlüsse aus Stickstoff und Kohlensäure. Die Verdrängung des Luftsauerstoffes durch das reaktionsträge Kohlensäuregas verbessert die dielektrischen Eigenschaften.

Da durch die lang andauernde Erwärmung der Zellstoff-Bakelite-Preßlinge das Gefüge derselben stark leidet, wurden nunmehr Nichtleiter hergestellt, welchen bei der Aufbereitung der Luftsauerstoff entzogen und durch ein reaktionsträges Gas, hier Stickstoff, ersetzt wird. Eine Nachbehandlung durch Wärme findet nicht statt. Nach der Glockenmethode lösen sich bei 20 ° 69 ... 82 Volumprozent Stickstoff ab. Der Verlustfaktor $\operatorname{tg}\delta$ zeigt den günstigen Wert von 0,014 bei 19 ° und 25 kV_{eff}/cm. Die Dielektrizitätskonstante ist $\varepsilon = 5$.

Werden Preßlinge genau wie vorher hergestellt, jedoch die entfeuchtete und entlüftete Aufbereitungsmasse mit entfeuchteter Luft, also nicht mit einem inerten Gas behandelt, so ergeben sich nach dem Glockenverfahren bei 20 ° 70 Volumprozent Luft. Der ungenügende Verlustfaktor $\operatorname{tg}\delta$ ist dann 0,20 bei 19 ° und 62,5 kV_{eff}/cm. Die Dielektrizitätskonstante ε ist auf 7,5 angewachsen.

Aus der Gesamtheit der Untersuchungen geht hervor, 1. daß die Trennflächen der Papiere die schwächsten Teile lagengepreßter Dielektrika sind, 2. daß Zellstoff-Phenolharz-Isolierstoffe große Luftmengen eingeschlossen enthalten, 3. daß die eingeschlossenen Gase verschiedenartig an das Material gebunden sind, 4. daß die ablösbaren Gasmengen eine starke Temperaturabhängigkeit besitzen, 5. daß Luft als erheblicher Bestandteil der Hartpapierkörper beim Studium des Durchganges der Elektrizität durch diese technischen Nichtleiter nicht übersehen werden darf, 6. daß im Gegensatz zu Porzellan, welches bis 100 ° einen niedrigen und konstanten Verlustfaktor besitzt, viele Hartpapierfabrikate Gasmengen einschließen, die untereinander und mit der Außenluft Verbindung besitzen. Durch das elektrische Feld und durch Erwärmung entstehen Bewegungen in den Gasen und dauernd zunehmende dielektrische Verluste. Durch Imprägnierung hergestellte Isolierstoffe sind daher oft völlig betriebsunsicher. 7. Der Gasgehalt in den faserigen Isolierstoffen ist herabzusetzen. 8. Atmosphärische Luft ist als Bestandteil der Dielektrika zu vermeiden, denn der Sauerstoff bildet unter starken elektrischen Feldern, welche in Zukunft immer größer werden, Ozon und Stickoxyde, die gute Leiter sind und außerdem ihre Umgebung zerstören. Luft ist schon bei der Aufbereitung durch reaktionsträge Gase zu ersetzen. 9. In Lieferungsvorschriften für Phenolharz-Zellstoff-Material, welches in Hochspannungsanlagen Verwendung finden soll, sind Art und Mengen der eingeschlossenen Gase mit zu berücksichtigen. (A. Bültemann, 2. Forschungsheft d. Studienges. f. Höchstspannungsanlagen[1], Febr. 1930.) *Sb.*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

XIII. Kongreß für Heizung und Lüftung. — Nach dreijähriger Pause wird der XIII. Kongreß für Heizung und Lüftung vom 4. bis 7. VI. in Dortmund abgehalten. Anmeldungen sind möglichst vor dem 10. V. an die Geschäftstelle (Dortmund, Hansastr. 11, Zimmer 503) zu richten. Aus dem Programm für die wissenschaftliche Tagung seien Vorträge über „Meßtechnische Überwachung von Städteheizungen" (Dr.-Ing. M. Moeller), „Betriebs- und Wirtschaftsergebnisse von Städteheizungen" (Dipl.-Ing. Schulz) und über „Wärmespeicherung für Städteheizungen" (Dipl.-Ing. Margolis) genannt.

Öffentliche Kundgebung des Reichsverbandes der Handelsvertreter für Elektrotechnik. — Gelegentlich des in Leipzig abgehaltenen 3. Fachverbandstages des Reichsverbandes (Berlin NW 7, Georgenstr. 47) ist beschlossen worden, am Dienstag der Frühjahrsmesse 1931 eine öffentliche Kundgebung in Leipzig zu veranstalten, zu der auch die Berufsverbände der Industrie und des Großhandels geladen werden sollen.

Das Leipziger Meßamt über seine Exportpropaganda. — Das Leipziger Meßamt hat vor kurzem eine Denkschrift „Aus der Praxis der Exportpropaganda" herausgegeben, die, mit reichem Zahlenmaterial ausgestattet, einen guten Einblick in die vom Meßamt für die Ausfuhr deutscher Waren geleistete Arbeit gewährt.

Grundlagen für die Beurteilung von Messen und deren Auswertung. — Wir machen auf einen von Dr.-Ing. H. J. Ströer, Leipzig, in Techn. u. Wirtsch. Bd. 23. 1930. S. 57, veröffentlichten Aufsatz über obigen Gegenstand aufmerksam, in dem Vertriebsingenieuren Anhaltspunkte für die Bewertung einer Messe, die Vorbereitungsmaßnahmen und die Besucherwerbung gegeben werden.

Internationale Werkbund-Ausstellung „Die neue Zeit" 1933. — Mit Rücksicht auf die gegenwärtige Wirtschafts- und Finanzlage ist eine Verlegung der zunächst für 1932 projektierten Kölner Ausstellung in das Jahr 1933 empfohlen worden. Sie soll dann mit der für letztgenannte Zeit geplanten Weltausstellung in Chicago in solche Beziehungen gebracht werden, daß beide Unternehmungen dadurch gewinnen.

Ausfall des Breslauer landwirtschaftlichen Maschinenmarkts 1930. — Wegen der weiteren katastrophalen Verschlechterung der Lage unserer Landwirtschaft hat man sich entschlossen, den Maschinenmarkt für dieses Jahr ausfallen zu lassen.

Ausstellungen und Messen, deren Beschickung der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie nicht empfiehlt. — Die Ausstellungs- und Messekommission des ZV hat beschlossen, den Mitgliedern eine Beschickung der Internationalen Lederschau, Berlin (18. bis 21. IX.) und der Landwirtschaftlichen Ausstellung Saarlouis (September) nicht zu empfehlen.

Elektrizitätsausstellung Dordrecht 1930. — Die Ausstellung ist auf den Monat September verschoben worden.

Litauische Landwirtschafts- und Industrie-Jubiläumsausstellung Kowno 1930. — Die Ausstellung, an der ausländische Firmen teilnehmen können, findet vom 18. bis 22. VI. statt und umfaßt auch eine Abteilung „Elektrotechnik, Radio". Anmeldungen werden bis zum 5. VI. angenommen. Die Ausstellungsleitung hat folgende Adresse: Parados Komitetas, Zemés Ukio Rumai, Kaunas, Vasario 16 d. g-vė Nr. 2. Die Bestimmungen sind beim Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amt, Berlin W 10, Königin-Augusta-Str. 28, erhältlich.

[1] Verlag der Vereinigung der Elektrizitätswerke, Berlin W 62, Maaßenstr. 9.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

Einladung

zur außerordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 6. Mai 1930, abends 7½ Uhr, in der Technischen Hochschule, E.-B., Hörsaal 301.

Tagesordnung:

Vorträge über Fernmeldetechnik in Amerika.

1. Herr Ministerialrat Höpfner: Neuere Entwicklung von Betrieb und Technik im amerikanischen Fernsprech-Weitverkehr.
   (Betrieb des Fernverkehrs und techn. Einrichtungen — Die Übertragungsgüte — Grundsätze der Netzgestaltung — Benutzung der Leitungen — Verstärker).
2. Herr Oberpostrat Mentz: Der Fernsprechbau in den Vereinigten Staaten von Amerika.
   (Fernleitungen — Linienführung — Freileitungen — Kabel — Kanäle — Bauarbeiten — Ortsfernsprechnetz).
3. Herr Direktor Storch: Der Fernschreiber als modernes Verkehrsmittel.
   (Leitungsnetz — Apparate — Vermittlungseinrichtungen — Wirtschaftlicher Überblick — Anwendungsmöglichkeiten).

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten am Eingange des Saales vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste sind in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118a II, erhältlich.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:
Dr. Feyerabend.

Digitized by Google

Rückblick auf die wichtigsten Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrotechnik im Jahre 1929*.

A. Starkstromtechnik.

I. Elektrizitätswirtschaft.

Der Elektrizitätsabsatz im Jahre 1929 hat infolge der seit längerer Zeit ungünstigen Lage der deutschen Wirtschaft nicht im gleichen Maße zugenommen wie in den Vorjahren. Wohl ist eine vermehrte Stromabgabe an Haushaltungen erreicht worden, doch konnte diese den durch die schlechte Beschäftigung der Industrie bedingten Stromausfall nicht ausgleichen.

Als erfreuliche Tatsache ist zu verzeichnen, daß die im vorjährigen Rückblick angekündigten Erweiterungen unserer bedeutendsten Elektrizitätswerke größtenteils fertiggestellt werden konnten. So haben sich die Elektrowerke um etwa 300 000 kVA vergrößert, wobei 2 Turbogeneratoren von je 100 000 kVA aufgestellt wurden. Dies sind die ersten Turbogeneratoren, die für derartig hohe Leistungen aufgestellt worden sind. Das Goldenbergwerk des RWE hat eine Erweiterung um 100 000 kVA erfahren; bei den Vereinigten Elektrizitätswerken Westfalen wurden etwa 70 000 kVA neu eingebaut. Außer in diesen großen Konzernen sind in anderen deutschen Kraftwerken eine erhebliche Zahl großer Turbogeneratoren in Betrieb genommen worden, deren Leistung im Einzelfalle mindestens 25 000 kVA beträgt. Der Bau eines neuen Großkraftwerkes mit einer Leistung von etwa 240 000 kVA, das die Berliner Städt. Elektrizitätswerke AG. (Bewag) im Westen Berlins errichten läßt, ist im Berichtsjahr soweit gefördert worden, daß mit der Inbetriebnahme im Herbst 1930 gerechnet werden kann.

Bei den Wasserkraftwerken ist die Inbetriebnahme des Kraftwerkes Pfromberg der Mittleren Isar AG. mit einer Höchstleistung von 32 000 PS an der Turbinenwelle zu erwähnen. Im Berichtsjahre ist auch das Shannonkraftwerk, das für die gesamte Stromversorgung des Freistaates Irland bestimmt ist, fertiggestellt worden. Der Bau dieser großartigen Anlage, die im ersten Ausbau über eine Leistung von 90 000 kVA verfügt, ist in all ihren Bestandteilen eine rein deutsche Angelegenheit gewesen.

Die allgemein auftretende Zunahme der Spitzenleistung zwingt die größeren Unternehmungen zur Errichtung von Speicheranlagen, besonders von Pumpspeicherwerken. Die ersten Maschinen des Speicherwerkes Herdecke, das von dem REW Essen für eine Gesamtmaschinenleistung von etwa 140 000 kW errichtet wird, sind im Dezember 1929 in Betrieb genommen worden. Von der Preuß. Elektrizitäts AG. wurde die Errichtung eines Pumpspeicherwerks bei Bringhausen für 115 000 kW in Angriff genommen; das Werk Niederwartha bei Dresden mit einer Leistung von 60 000 kW steht vor der Inbetriebsetzung. Bemerkenswert ist das im Bau befindliche Speicherkraftwerk der Hessen-Nassauischen Überlandzentrale bei Merkenbach, das, mit zwei Asynchrongeneratoren von je 1400 kVA ausgerüstet, vollkommen selbständig arbeiten wird.

Die Großdieselanlage des MEW auf ihrer Schaltstelle in Hennigsdorf b. Berlin ist in Betrieb genommen worden. Sie besteht aus 2 Dieselmotoren von je 7500 kVA, die zu vollkommener Zufriedenheit arbeiten.

Auch im vergangenen Jahre sind die vorhandenen Heizkraftwerke erweitert und eine Reihe ähnlicher Anlagen neu angelegt worden. So ist die Rohrleitungslänge des Fernheizwerkes der Hamburgischen Elektrizitätswerke von 8,5 auf 14 km angewachsen; diese Anlage ist demnach das größte Fernheizunternehmen Europas. In Bremen ist ein Fernheizwerk mit 500 m² Kesselheizfläche und 38 atü Dampfspannung mit einer Gegendruckanzapfturbine von 1800 kW errichtet worden; in dem Werke der Firma Carl Zeiß, Jena, wurde eine neue Kondensationsturbine von 3850 kW aufgestellt, die im ersten Ausbau als reine Gegendruckturbine 2400 kW leistet. In dem Städt. Elektrizitätswerk Zeitz hat eine Anzapfturbine von 2500 kW Aufstellung gefunden.

Entsprechend der wachsenden Bedeutung der Fernversorgung ist das deutsche Höchstspannungsnetz erheblich ausgebaut worden. Die große Nord-Süd-Leitung des RWE wird jetzt von Wesel bis Hoheneck bei Stuttgart mit 220 kV betrieben. Die dazu gehörige Höchstspannungsverteilungsanlage in Brauweiler bei Köln ist in ihren Hauptteilen fertiggestellt. Eine weitere 220 kV-Leitung wird gemeinsam von der Preuß. Elektrizitäts AG. und der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen G. m. b. H. zur Verbindung des Großkraftwerkes Hannover über Bielefeld mit dem Gersteinwerk der VEW gebaut und zunächst mit 100 kV in Betrieb genommen werden. Die 100 kV-Leitung der Elektrowerke, die von Trattendorf aus nach Schlesien führt, ist bis zur Stadt Kosel verlängert worden.

Die Umstellung von Gleichstrom- auf Drehstromversorgung ist auch im vergangenen Jahre bei zahlreichen Werken weiter gefördert worden. Zur Zeit gelangen etwa 85 % der in Deutschland von öffentlichen Elektrizitätswerken gelieferten Elektrizität in Form von Drehstrom zur Anwendung.

II. Elektromaschinenbau.

Im Jahre 1929 sind die ersten großen Turbogeneratoren für 100 000 kVA in Deutschland aufgestellt worden. Bemerkenswert ist an diesen Maschinen außer ihrer Leistung die erstmalige Anwendung verhältnismäßig hoher Nenn- und Prüfspannungen. Es hat sich gezeigt, daß die Anwendung hoher Nennspannungen, die mit weiteren Vergrößerungen der Leistungen noch steigen werden, auf keine technischen Schwierigkeiten stößt. Die erwähnten 100 000 kVA-Generatoren sind mit 30 000 V Spannung geprüft worden. Es wurden auch Turbogeneratoren geliefert, die sogar bei einer Prüfspannung von 40 000 V kein Auftreten von Glimmerscheinungen zeigten. Im Berichtsjahr kam der bisher größte Netzkupplungsumformer für eine Generatorleistung von 20 000 kVA zur Aufstellung.

Die großen Fortschritte auf dem Gebiete des Gleichrichterbaues während der letzten Jahre haben die Anwendung dieser Umformerart sehr gehoben, besonders im Bereich der Straßen- und Stadtbahnen. Die Berliner Stadtbahn, die im Berichtsjahre vollständig elektrifiziert worden ist, bedient sich dieses Umformersystems ausschließlich. Sie hat in den zwei Jahren sehr günstige Erfahrungen mit ihm gemacht. Im großen Maßstabe ist der Beweis erbracht worden, daß auch unter schwierigen Betriebsverhältnissen die Frage der Rückzündungen selbst für große Einheiten als praktisch gelöst anzusehen ist. Gleichrichter für 6400 A wurden mehrfach in Betrieb genommen.

III. Akkumulatoren.

Auf dem Gebiete der ortsfesten Akkumulatoren haben besonders die Batterien für Notbeleuchtung und Notreserve in solchen Betrieben an Bedeutung gewonnen, die auch vor kurzzeitigen Störungen in der Stromversorgung geschützt werden müssen. Der Ausbau der Fernsprechämter auf automatischen Betrieb und die damit verbundene Stromlieferung durch Maschinen hat das Anwendungsgebiet der gleichzeitig in Pufferschaltung arbeitenden Batterien erweitert. Die Benutzung von Batterien steigerte sich ferner durch den Bau von Privattelephonanlagen und durch Einführung automatischer Sicherungen bei Bahnen und Wegen.

Eine bemerkenswerte Erweiterung erfuhr die Anwendung des Akkumulators als Stromquelle für Schienenfahrzeuge. Erwähnt seien besonders die in letzter Zeit eingeführten elektrisch angetriebenen Bahnmeister-Fahrzeuge zur Beförderung von Baumaterialien, ferner die Lokomotiven, die auf größeren Verschiebebahnhöfen als Beidrück-Lokomotiven verwandt werden und sich technisch und wirtschaftlich gut bewähren. Auf elektrisierten Bahnstrecken werden ebenfalls Akkumulatorenfahrzeuge benutzt, um auch da den Betrieb aufrechtzuerhalten, wenn aus irgendwelchen Gründen die Zuleitung ausfällt. Derartige Lokomotiven sind mit Gleichrichtern und Batterie ausgerüstet, so daß sie von jeder Gleisstelle aus aufgeladen werden können und entweder mit gleichgerichtetem Strom aus der Wechselstromleitung oder mit Batteriestrom zu fahren vermögen.

Auch für Grubenlokomotiven wurde der Akkumulator im Berichtsjahre in steigendem Umfange verwandt und in mannigfachen Formen seinen speziellen Aufgaben angepaßt, insbesondere wurden auch große Akkumulator-Lokomotiven an Stelle von Oberleitungslokomotiven für Hauptstrecken eingeführt, und zwar deswegen, weil die Bergbehörden gegen Funkenbildung bei Oberleitungslokomotiven Bedenken haben. Bei diesen Lokomotiven sind Motoren und Fahrschalter vollkommen schlagwettergeschützt gekapselt, während die Batteriebehälter mit Plattenschutzpaketen ausgerüstet sind. In

* Vgl. den Bericht über die Jahresversammlung, ETZ 1930, S. 408.

Digitized by Google

neuerer Zeit wurden als Akkumulatoren für Grubenlokomotiven vielfach alkalische Nickel-Kadmium-Batterien oder Panzerplatten-Batterien angewandt, die eine so große Kapazität besitzen, daß Batteriewechsel während einer Schicht nicht erforderlich ist.

Die Schaffung handlicher, bequem zu bedienender Ladegeräte und eine im letzten Jahre erfolgte Preisherabsetzung haben die Verbreitung kleiner, ortsbeweglicher Akkumulatoren als Stromquelle für Rundfunk, Tonfilm, Bildfunk und Fernsehen wesentlich gefördert. Akkumulatoren-Ladeeinrichtungen werden als einheitliche geschlossene Geräte geliefert, die in gleicher Weise wie die Netzanschlußgeräte durch einfache Stöpselung bedient werden können; die Ladung des Akkumulators erfolgt vollkommen selbständig dauernd vom Netze aus. In ähnlicher Weise wurden Notbeleuchtungsanlagen eingerichtet, bei denen jede Notlampe von einer kleinen Akkumulatorenbatterie, die auch wieder unter Dauerladung steht, gespeist wird. Die bekannten Batterien zum Anlassen und Beleuchten von Automobilen und Motorrädern fanden gemäß der steigenden Benutzung des Automobils wachsende Anwendung.

Vollautomatische Ladeeinrichtungen mit mechanisch hergestellten Glühkathoden-Gleichrichterröhren wurden bis zu einer Leistung von 60 A für die Ladung von 40- bis 80zelligen Akkumulatorenbatterien gebaut; sie haben steigenden Absatz gefunden. Für die Stromversorgung von Ladestationen wurden besondere Gleichrichter mit dazugehörigen Ladetafeln durchgebildet.

IV. Elektrotechnische Meßtechnik.

Auf dem Gebiete der elektrischen Meßinstrumente sind vor allem Großinstrumente in Form von Lichtpunkt- oder Lichtband-Instrumenten mit mehreren Metern Skalenlänge entwickelt worden. Sie finden insbesondere Anwendung zur Fernanzeige der Betriebsgrößen, z. B. der Summenleistung in großen Wärmewarten, die neuerdings zur Betriebsüberwachung gebaut werden.

Die elektrische Fernmessung hat die erwartete schnelle Entwicklung weiterhin genommen. Für kleine Entfernungen hat das System mit einem kleinen Motorumformer weitere Verbreitung gefunden, während für kompliziertere Aufgaben, wie Vielfachsummierung, Rückmeldung, Übertragung auf langen Fernsprechleitungen und mittels leitungsgerichteter Hochfrequenz das System mit langsamen Impulsen (Impulsfrequenz-Fernmessung) in einer Reihe von Anlagen in Betrieb genommen worden ist. Die bestehenden Einrichtungen sind bereits so weit entwickelt, daß auf der gleichen Leitung während der Übertragung ein Ferngespräch geführt werden kann. Auch die Aufgabe, auf einem einzigen Kabel mehrere Meßgrößen dauernd gleichzeitig zu übertragen, ist bereits erfolgreich gelöst worden.

Gleichzeitig mit der elektrischen Fernmessung entwickelt sich auch die elektrische Fernsteuerung von unbemannten Unterstationen; es hat den Anschein, daß durch dieses System die automatische Unterstation an Bedeutung verlieren wird. Hierfür liegen von verschiedenen Stellen Lösungen vor; alle zielen darauf hin, die hier noch viel mehr als bei der Fernmessung nötige 100prozentige Betriebsicherheit zu erreichen, weil bei einem Versagen der Fernsteuerung schweres Unheil angerichtet werden kann. Die Wege sind sehr verschieden, sie lehnen sich aber im allgemeinen an die Elemente der Vielfach-Fernsprechtechnik an. Auch hierin ist die Entwicklung schon so weit, daß an die sichere Übertragung mit leitungsgerichteter Hochfrequenz gedacht werden kann. Die größte Anlage mit elektrischer Fernsteuerung ist mit der Elektrifizierung der Berliner Stadt- und Ringbahn in Betrieb genommen worden. Hier wurde die Fernsteuerung außer mit der Fernmessung noch mit einem System leuchtender Schaltbilder verbunden, die in außerordentlich sinnfälliger Weise über den Spannungszustand auch komplizierter Leitungsnetze Aufschluß geben, aber vollkommen selbsttätig ohne fremden Eingriff berichtigt werden. Diese leuchtenden Schaltbilder haben sich in Großbetrieben schnell eingebürgert. Selbst für Wärmewarten sind derartige Schalttafeln in großem Umfange gebaut worden.

Auf dem Gebiete der Meßwandler für hohe Spannungen ist die schnelle Entwicklung und Einführung des Kaskaden-Spannungswandlers für Spannungen von 100 kV und darüber zu verzeichnen. Er bietet bei diesen Spannungen gegenüber den alten Typen große wirtschaftliche Vorteile, so daß der Nachteil der geringeren Leistungsabgabe kaum ins Gewicht fällt. Es liegen Ausführungen bis zu 220 kV Nennspannung mit 460 kV Prüfspannung vor. Als Stromwandler für derartig hohe Spannungen ist der sogenannte Stützer-Stromwandler durchgebildet worden, ein Modell, das in den Hohlraum eines dickbauchigen Stützisolators hineingebaut ist, so daß sich ein besonderer Einführungsisolator erübrigt. Die Genauigkeit dieser Modelle, sowohl der Spannungs- als auch der Stromwandler, kann ohne Schwierigkeit auf die der beglaubigungsfähigen Typen, = 0,5 %, gebracht werden. Eine große Anzahl dieser Strom- und Spannungswandler mit 460 kV Prüfspannung ist gegenwärtig in dem 220 kV-Leitungsnetz des RWE eingebaut. Für das Gebiet der Mittelspannungen sind bei den Stromwandlern die Anforderungen an die Kurzschlußfestigkeit ganz bedeutend erhöht worden. Man ist über die seinerzeit als sehr hoch bezeichneten Stufen mit dem 60fachen Sekundärstrom weit hinaus gegangen. Für Eigenbedarfsanlagen von Großkraftwerken werden Stromwandler mit 15 bis 30 A Nennstrom verlangt, die einen Stoßstrom von 100 000 A ohne Schaden aushalten müssen. Durch Verzicht auf hohe Meßgenauigkeit, Beschränkung der Sekundärleistung auf ein Mindestmaß und Verwendung hochwertiger Materialien ist es möglich, auch diesen gesteigerten Ansprüchen gerecht zu werden.

V. Lichttechnik.

Die Lichttechnik beging im vergangenen Jahre den 50jährigen Gedenktag der ersten praktisch verwendbaren Edison-Glühlampe: in Deutschland konnte gleichzeitig der vor 75 Jahren durch unseren Landsmann Goebel ausgebildeten ersten Glühlampe gedacht werden. Bei der im Elektrotechnischen Verein zu Ehren dieser Erinnerungen veranstalteten Sitzung wurden zugleich neue Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Leuchtröhren bekanntgegeben. Durch Anwendung des Glühkathodenprinzips ist es gelungen, Leuchtröhren mit verbesserter Lichtausbeute bei Anwendung der üblichen Gebrauchspannung mit Stromstärken bis zu 100 A auszubilden.

Die Glühlampe hat einen Fortschritt durch die Einführung der innenmatten Lampe zu verzeichnen. Sie ermöglicht bei praktisch gleicher Lichtausbeute besseren Schutz gegen Blendung als die klare Lampe und bessere Reinhaltung als die bisher hergestellten außenmatten Lampen. Die innenmatten Lampen sollen weiterhin die klaren Lampen der gebräuchlichsten Typen vollständig ersetzen.

Bei den verschiedenen Anwendungsgebieten des elektrischen Lichtes schreitet die Einführung lichtstreuender Verglasungen für die Beleuchtung von Innenräumen und für Häuserfronten rasch voran und tritt an die Stelle der bisher gebrauchten Beleuchtungskörper althergebrachter Ausführung.

Die Lichtreklame nimmt einen immer breiteren Raum im nächtlichen Bild der Großstädte ein. Im Berichtsjahre ist besonders eine Zunahme der beleuchteten Firmenschilder zu verzeichnen. Die lichtwirtschaftliche Bewegung hat sich z. Zt. hauptsächlich der Verbesserung der Beleuchtung der Wirtschaftsräume in den Wohnräumen zugewandt, nachdem die Einführung guter Schaufensterbeleuchtung in der Hauptsache schon zum Abschluß gebracht ist. Die Anstrahlung mit Flutlicht wird jetzt nicht nur für dekorative Zwecke bei Bau- und Kunstdenkmälern, sondern auch rein technisch benutzt, so z. B. zur Beleuchtung von Verschiebebahnhöfen. Die Beleuchtung von Flughäfen und die Befeuerung von Flugstrecken hat in ihrer Ausbildung bemerkenswerte Fortschritte gemacht und die weitere Ausbreitung des Nachtflugverkehrs ermöglicht.

VI. Installationstechnik.

Die Installationstechnik ist im Berichtsjahre durch die Neubearbeitung der Vorschriften für die Errichtung von Starkstromanlagen und durch die Trennung dieser Vorschriften in solche für Betriebspannungen unter 1000 V und in solche für 1000 V und darüber wesentlich bereichert worden. Dadurch wurde eine Erleichterung für den Installateur normaler Anlagen geschaffen, der nunmehr nur noch den ersten Teil dieser Vorschriften zu beherrschen braucht. Da bei der Neubearbeitung die in den letzten Jahren gewonnenen Kenntnisse auf dem Gebiete der Installationstechnik verwertet wurden, wird die Beachtung dieser Vorschriften für die Verbesserung des Zustandes elektrischer Installationen von besonderer Bedeutung sein. Im Jahre 1929 sind auch die Vorschriften für Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial, kurz KPI genannt, in Kraft getreten. Ihre Bedeutung und ihre Wirkung erklären sich schon aus dem Umstande, daß viele Fabrikanten bereits zu Um- und Neukonstruktionen im Sinne der KPI schritten, bevor sie gänzlich abgeschlossen waren.

Auf dem Gebiete der Stromsicherungen — sowohl der Schmelzsicherungen wie auch der Selbstschal-

Digitized by Google

ter — wurde weitere Klarheit geschaffen. Das Bedürfnis, die Charakteristik der Abschmelzsicherungen dem zu schützenden Leitungsquerschnitt besser anzupassen, führte zu der Durchbildung träger Sicherungen, von denen die ersten Ausführungen bereits auf dem Markte sind. Da diese Sicherungen hohen Anlaufstrom ertragen, sind sie zum Schutze der Motorzuleitungen und zum bedingten Schutz der Motoren selbst geeigneter als gewöhnliche Schmelzsicherungen. Die Installations-Selbstschalter erschienen mehr als bisher in Gestalt kleiner Porzellansockel mit Handaus- und Handeinschalter. Sie finden Verwendung auf Verteilungs- und Zählertafeln, u. zw. auch als Strombegrenzer.

Die Frage der Erdung, Nullung und Schutzschaltung ist nach wie vor umstritten; sie stellt Installateure und Konstrukteure vor schwierige Aufgaben, insbesondere in bezug auf ortsveränderliche Geräte. Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt wurden weiter ausgebildet. Im Zusammenhang mit dieser Aufgabe standen auch Forderungen nach Steckvorrichtungen für verschiedene Stromtarife. Anderseits führte das Bestreben, zu isolieren statt zu erden, zu verschiedenen Systemen von entsprechenden Dosen aus Isolierstoff, die sich neben gußeisernen Dosen einführen.

Die Verwendung von Kippschaltern neben den seit langem in Deutschland üblichen Drehschaltern und gute Konstruktionen von Geräte-Einbauschaltern machten in der Berichtszeit Fortschritte.

Die Einführung elektrischer Heiz- und Kochgeräte ging weiter gut voran. Ihre einwandfreie Ausbildung wurde durch entsprechende VDE-Vorschriften gefördert. Ebenso machte die Einführung elektrischer Kochgeräte, auch elektrischer Großküchen, weitere Fortschritte, wesentlich unterstützt durch die Erkenntnis, daß nicht die Frage des Strompreises allein für die Einführung ausschlaggebend sein kann, sondern daß die vielfachen Vorteile des elektrischen Betriebes und seine leichte Anpassungsmöglichkeit an die Kochbedürfnisse in vielen Fällen den Ausschlag geben. Auch die Anwendung der sonstigen elektrischen Hausapparate fand weitere Förderung.

VII. Elektromedizin und Röntgentechnik.

Zu den unter dem Namen Anschlußapparate bekannten Stromerzeugern, bei denen die für die Elektrodiagnostik und Elektrotherapie erforderlichen galvanischen und faradischen sowie die zum Betrieb von Endeskopie- und Galvanokaustikinstrumenten dienenden Ströme aus Sicherheitsgründen (Erdschlußfreiheit) mittels Umformermaschinen erzeugt werden, sind in neuerer Zeit Stromerzeuger gekommen, die nach dem Grundsatz der in der Rundfunktechnik verwendeten Netzanschlußgeräte gebaut sind.

Seit geraumer Zeit hat man sich der Hochfrequenzchirurgie (Hochfrequenzkaustik und -koagulation) in zusehends wachsendem Ausmaße zugewandt. Auf Grund des genauen Studiums der beim Schneiden (Kaustik) und beim Verschorfen (Koagulation) sich abspielenden Einzelvorgänge und nach den von der Praxis gestellten Forderungen sind die technischen Bedingungen festgelegt worden, denen Apparate, die für das eine oder das andere der beiden Verfahren dienen sollen, genügen müssen. Dementsprechend hat man Spezialdiathermieapparate für Hochfrequenzkaustik (mit sehr hoher sekundlicher Funkenzahl) und solche für Hochfrequenzkoagulation (mit großer Leistung) konstruiert und in den Handel gebracht.

Neuerdings hat man kurze und ultrakurze elektrische Wellen für biologische Untersuchungen mit dem Ziel einer therapeutischen Verwertung angewendet. Die bisherigen Ergebnisse der Kurzwellentherapie, die gezeigt haben, daß derartig kurze Wellen (Wellenlängen bis hinab zu 1 m) anders im Körper verlaufen als die bei der Diathermie verwendeten, lassen für die Zukunft eine umfangreiche Nutzbarmachung der Kurzwellentherapie erwarten.

Die Funktechnik und die elektromedizinische Technik haben noch auf einem anderen, mehr in den Interessenkreis der Funktechnik gehörenden Gebiete zusammengearbeitet, nämlich an der Beseitigung der durch elektromedizinische Apparate, vor allem durch Hochfrequenzheilapparate verursachten Störungen des Rundfunkempfanges. Es sind hierzu Siebdrosselsätze entwickelt worden, die den Apparaten vorgeschaltet werden und so den Störwellen den Übergang zum Netz sperren. Die Ergebnisse dieser gemeinsamen Arbeit sind der ebenfalls daran interessierten Allgemeinheit gelegentlich der Funkausstellung in Berlin im Herbst v. J. vorgeführt worden.

Die hochempfindlichen Verstärkereinrichtungen zum Hörbarmachen und Aufzeichnen von Herz- und Atemgeräuschen, die seit einiger Zeit in die praktische medizinische Diagnostik Eingang gefunden haben, sind hinsichtlich ihrer Frequenzempfindlichkeit mit der Frequenzempfindlichkeit des Ohres verglichen und in einzelnen Fällen ihr angepaßt worden, so daß die subjektiv und objektiv gewonnenen Ergebnisse einwandfrei miteinander verglichen werden konnten.

Auf dem Gebiete der Röntgenapparate und Röntgengeräte haben die Normungsarbeiten ihren Fortgang genommen. Die Sicherheitsvorschriften für medizinische Röntgenbetriebe sind zum Abschluß gebracht worden. Die aus der Zusammenarbeit des VDE und der Deutschen Röntgengesellschaft entstandenen Vorschriften für den Hochspannungschutz in medizinischen Röntgenbetrieben sind von der Jahresversammlung des VDE angenommen worden. Am 1. 1. 1930 sind die von der Deutschen Röntgengesellschaft ausgearbeiteten Vorschriften für den Strahlenschutz in medizinischen Röntgenbetrieben in Kraft getreten.

In der Röntgenröhrentechnik machen die Diagnostikröhren der bisherigen Form (Kugelballon mit zylindrischen Hälsen) allmählich und nicht zuletzt mit Rücksicht auf die Strahlenschutzbestrebungen der letzten Jahre den Strahlenschutzröhren Platz.

Die technische Verwendung der Röntgenstrahlen zur Untersuchung der Grobstruktur von Halb- und Fertigfabrikaten vor allem in der metallverarbeitenden Industrie sowie zur Untersuchung des Feinbaues der zu verarbeitenden und der verarbeiteten Werkstoffe erweist sich in der Praxis immer mehr als wertvolle Ergänzung der anderen Materialprüfverfahren. Zu den wissenschaftlich-technischen Gesellschaften, wie die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde, der Verband Deutscher Materialprüfer, die Deutsche Gesellschaft für technische Physik u. a. m., die, wie der Inhalt ihrer Fachorgane sowie verschiedene Tagungen während der Berichtszeit zeigen, das Röntgenprüfverfahren schon bisher behandelt haben und ihm neuerdings besondere Aufmerksamkeit zuwenden, hat sich als neue Organisation die Deutsche Gesellschaft für technische Röntgenkunde gesellt, die ausschließlich das technische Röntgenprüfverfahren pflegen will.

VIII. Elektrische Bahnen.

Die im Berichtsjahr 1927 erwähnten Arbeiten für Umstellung des Dampfbetriebes auf elektrischen Betrieb bei der Berliner Stadt-, Ring- u. Vorortbahn wurden im Berichtsjahr 1928 zum Abschluß gebracht. Am 15. Mai 1929 war der gesamte Betrieb auf der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahn elektrifiziert. Die verschiedenen Anlageteile bewähren sich seit dieser Zeit aufs beste.

Bezüglich der Fahrzeuge für Einphasenwechselstrom ist zu bemerken, daß die im vorhergehenden Bericht erwähnten Schnellzuglokomotiven der Bauart 1 D_0 1 für 110 km/h Höchstgeschwindigkeit und die schweren Güterzuglokomotiven der Bauart C — C zum größeren Teil in Betrieb genommen werden konnten. Letztere sind mit Widerstandsbremsung versehen, die es gestattet, je nach Größe der Steigung die Lokomotive allein oder bis zu einem Drittel des Zuggewichtes elektrisch abzubremsen.

Bei der Gruppenverwaltung Bayern konnten im Berichtsjahr die ersten Verschiebelokomotiven mit Umformung des der Fahrleitung entnommenen Einphasenwechselstromes auf Gleichstrom mit Hilfe von Gleichrichtern in Betrieb genommen werden. Weitere Erfahrungen mit diesen Fahrzeugen sind abzuwarten.

An Erweiterungen des Streckennetzes bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für elektrischen Betrieb ist lediglich die Strecke Lauban—Kohlfurt zu erwähnen.

IX. Isolierstoffe.

Auf dem Gebiete der Isolierstoffe haben im Jahre 1929 die Erfolge in der systematischen Durchdringung von Fertigung und Gestaltung angehalten. Geschickte Anpassung an die verschiedenen Verwendungszwecke, Erzielung immer gleichmäßigerer Stoffe, Verbesserung der elektrischen Daten, Meisterung der durch Wärmeprobleme gestellten Sonderaufgaben sind einige der erzielten Fortschritte. Die Forderungen der Höchstspannungstechnik gaben Veranlassung, die Technik der großen Isolierkörper weiter auszubauen; für Schichtstoffe wurden neue große Wickelmaschinen herausgebracht; die Keramik wandte dem Studium der Lichtbogeneinflüsse bemerkenswertes Interesse zu. Im Bereich des Prüfwesens sind die zahlreichen Verbandsbestimmungen über Isolierstoffe zu erwähnen, die im Berichtsjahre in Kraft getreten

Digitized by Google

sind. In der Literatur erschienen viele wertvolle Arbeiten über Isolierstoffe, ein Zeichen der fortschreitenden wissenschaftlichen Durchdringung des Gebietes. *(Schluß folgt.)*

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachungen.

Kommission für Bahnwesen.

Die durch die Normgruppe „Bahnen" beim Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie im Namen der Kommission aufgestellten Normblattentwürfe

DIN VDE 3154 „Elektrische Bahnen. Kauschen für Drähte und Seile",

DIN VDE 3155 „Elektrische Bahnen. Klemmenhalter"

sind in der Zeitschrift „Die Verkehrstechnik", Heft 16 vom 17. April 1930 veröffentlicht.

Sonderdrucke dieser Veröffentlichung können Interessenten durch die Normenstelle des Zentralverbandes zur Verfügung gestellt werden.

Einsprüche sind in doppelter Ausfertigung bis zum 15. Mai 1930 an unsere Geschäftstelle zu richten.

Kommission für Maschinen und Transformatoren.

Die Kommission für Maschinen und Transformatoren hat in Zusammenarbeit mit der Fachgruppe I b des Fachausschusses für Schweißtechnik beim VDI einen Entwurf zu „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen R.E.S.M./1931" aufgestellt, der als Ergänzung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen R.E.M." hinsichtlich der für Lichtbogen-Schweißmaschinen in Frage kommenden besonderen Bestimmungen gedacht ist.

Der Entwurf soll gelegentlich der diesjährigen, mit den Vollmachten der Jahresversammlung ausgestatteten Ausschußsitzung zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Einsprüche sind in doppelter Ausfertigung bis längstens 31. Mai 1930 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Sonderdrucke des Entwurfes werden Interessenten von der Geschäftstelle des VDE kostenlos zur Verfügung gestellt.

Ausschuß für Blitzableiterbau.

Der Ausschuß für Blitzableiterbau gibt im Nachgang zu den in Heft 18, 20 und 45 der ETZ 1929 bereits veröffentlichten Normblattentwürfen folgende Ausarbeitungen weiterer Normblattentwürfe bekannt:

DIN VDE 1820 Blitzableiter. Trennstücke,
„ „ 1821 Blitzableiter. Trennkupplung,
„ „ 1835 Bl. 1 u. 2 Blitzableiter. Leitungshalter.
„ „ 1836 Blitzableiter. Leitungsbefestigung,
„ „ 1837 Blitzableiter. Leitungshalter,
„ „ 1845 Blitzableiter. Verbindungstücke.
„ „ 1846 Blitzableiter. Muffen und Reduktionsmuffen,
„ „ 1851 Blitzableiter. Holzböcke.

Mit den vorliegenden Entwürfen ist die Reihe der bislang bearbeiteten Normen für den Blitzableiterbau abgeschlossen. Vorarbeiten für andere Normblätter sind z. Z. noch nicht im Gange.

Etwaige Einsprüche bitten wir in dreifacher Ausfertigung bis längstens zum 31. Mai 1930 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
P. Schirp

Ausschuß für Blitzableiterbau.

Noch nicht endgültig

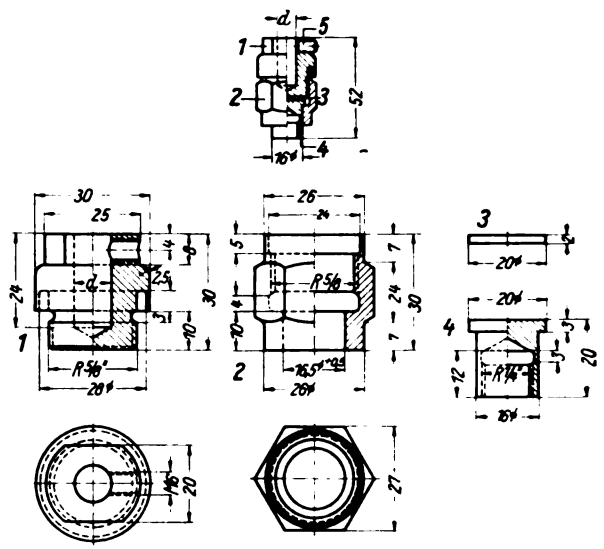
Blitzableiter

Trennkupplung

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 1821

Maße in mm



Größe	8/16	10/16	15/16
d	8,5	10,5	15,5

Bezeichnung einer vollständigen Trennkupplung Größe 8/16:
Trennkupplung 8/16 VDE 1821

Stückliste für Größe 8/16

Stückzahl	Benennung	Teil	Werkstoff u. Bemerkung Ausführung
1	Oberteil 8 VDE 1821	1	Messg. gez.
1	Unterteil 16 VDE 1821 . . .	2	„ „
1	Zwischenstück	3	„ „
1	Aufsatzstück	4	„ „
1	Gewindestift mit Kegelansatz M 6×6 DIN 551	5	Messing

Die Erdeinführung nach DIN VDE 1803 ist bei Verwendung der Trennkupplung auf eine Länge von 12 mm mit Gewinde R ¼" zu versehen.

Gewinde: Metrisch nach DIN 13
Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259

April 1930 — Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB)

Neu erschienene VDE-Sonderdrucke.

Folgende VDE-Vorschriften-Sonderdrucke sind neu erschienen:

VDE 472 Elektrische Anlagen in der Landwirtschaft.
„ 473 Vorschriften für die bruchsichere Führung von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen von 1000 V und mehr über Postleitungen.
„ 474 Vorschriften für die Kreuzung von Reichswasserstraßen durch fremde Starkstromanlagen (W.K.V. 1927).
„ 475 Bahnkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen (B.K.V./1930).
„ 477 Verzeichnis der Sonderdrucke.

Die Sonderdrucke können vom VDE. Abt. Verlag, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, bezogen werden.

Neu erschienene DIN VDE-Normblätter.

Folgende DIN VDE-Normblätter sind neu erschienen:

DIN VDE 720 Kennfarben für Schnüre in Fernmeldeanlagen.
„ „ 750 Schraffuren zur Kennzeichnung von Fertigungsarten für Schnüre in Fernmeldeanlagen.

Digitized by Google

Noch nicht endgültig

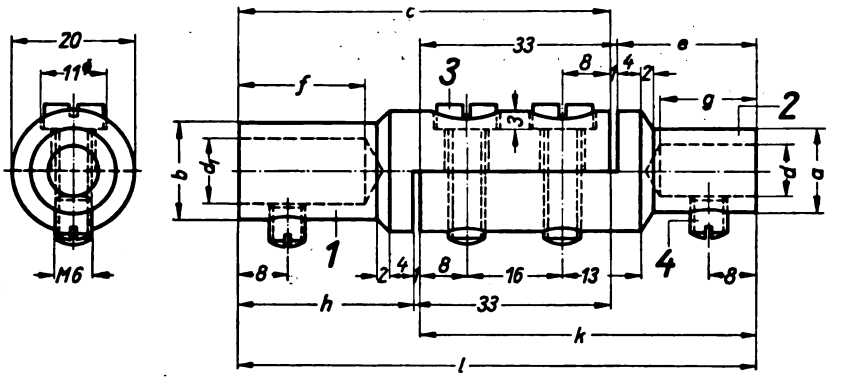
Blitzableiter

Trennstücke

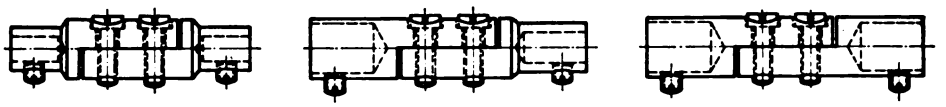
Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 1820

Maße in mm



Größen 8/8, 8/10 und 10/10 Größen 8/16 und 10/16 Größe 15/16



Größe	a	b	c	d	d_1	e	f	g	h	k	l
8/8	14	14	56	8,5	8,5	23	16	16	23	56	80
8/10	14	16	62	8,5	10,5	23	21	16	29	56	86
8/16	14	20	62	8,5	16,5	23	21	16	29	56	86
10/10	16	16	62	10,5	10,5	29	21	21	29	62	92
10/16	16	20	62	10,5	16,5	29	21	21	29	62	92
15/16	20	20	62	15,5	16,5	29	21	21	29	62	92

Bezeichnung eines vollständigen Trennstückes Größe 10/16
Trennstück 10/16 VDE 1820

Stückliste für Größe 10/16

Stück	Benennung	Teil	Werkstoff und Ausführung	Bemerkung
1	Trennhälfte mit Durchgangslöchern 16 VDE 1820	1	Bronze verzinnt	
1	Trennhälfte mit Gewinde 10 VDE 1820	2	Bronze verzinnt	
2	Blanke Zylinderschraube M 6×18 DIN 84 . . .	3	Messing	
2	Gewindestift mit Kegelansatz M 6×6 DIN 551 .	4	Messing	

Gewinde: Metrisch nach DIN 13

April 1930

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB)

DIN VDE 800 Kurzzeichen für Schnüre in Fernmeldeanlagen.
„ „ 2652 Bl. 1 Drehstrommotoren für unterirdische Wasserhaltungen.
„ „ 7200 Isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen. Klingelschnüre. Aufbauübersicht.
„ „ 7201 Isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen. Rundfunkschnüre. Aufbauübersicht.
„ „ 7202 Bl. 1 ... 4 Isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen. Fernsprech- und Telegraphenschnüre. Aufbauübersicht.
„ „ 7210 Isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen. Ausgestaltung der Schnüre.
„ „ 7220 Isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen. Handelsübliche Rundfunkschnüre. Hörer- und Lautsprecherschnüre.

Alle Anfragen bezüglich Lieferung und Versand der Normblätter sind an die Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Straße 97, zu richten. Lieferung von VDE-Sonderdrucken durch den VDE, wie oben angegeben.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betrifft: Firmenkennfäden für isolierte Leitungen.

Der der Firma: Bergmann Elektrizitäts-Werke AG., Berlin, von der Prüfstelle zugewiesene Firmenkennfaden gelb-grün (2 Fäden nicht verdrillt) ist geändert worden. Die Firma läßt vom 1. Mai 1930 ab als Firmenkennfaden einen gelb-grün verdrillten Faden in ihren Leitungen einlaufen.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft, Halle a. S. 7. V. 1930, abds. 8¼h, Saal des Bierhaus Engelhardt, Bernburger Str.: Vortrag Obering. Dahl, „Die Versuchsanlage für Atomzertrümmerung auf dem Monte Generoso".

Ostdeutscher Elektrotechn. Verein, Königsberg. 5. V. 1930, abds. 8h, Hörsaal des Physikal. Inst. der Universität, Steindamm 6: Vortrag Obering. König, „Hochspannungsluftschalter, ihre Entwickl. und Bedeutung".

Digitized by Google

Noch nicht endgültig

Blitzableiter

Leitungshalter

Sonderausführung für weichgedeckte Gebäude und Munitionshäuser

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 1835 Blatt 1

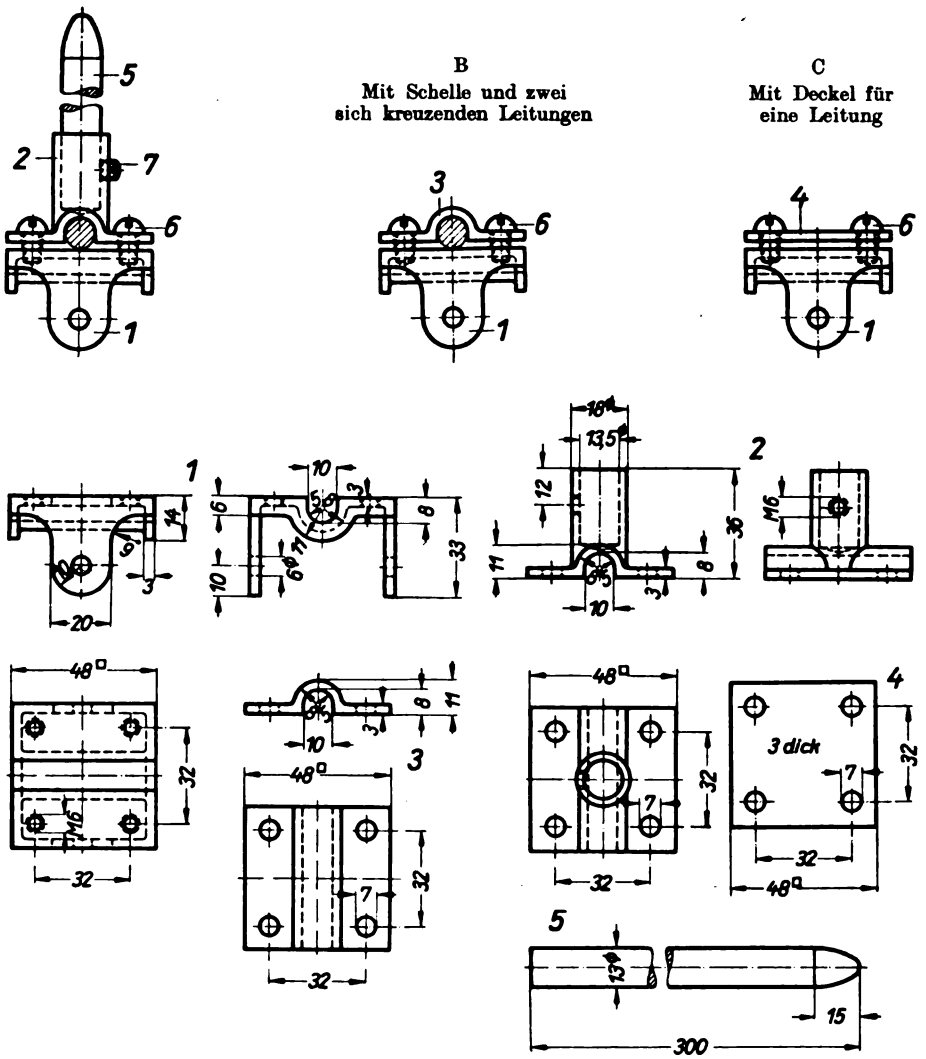
Maße in mm

Zur Befestigung der Leitungen auf Holzböcken für Munitionshäuser und Häuser mit feuergefährlichem Inhalt. Besonders geeignet zur Befestigung der Leitungen auf Holzstützen für weichgedeckte Gebäude.

A
Mit Auffangspitze und zwei sich kreuzenden Leitungen

B
Mit Schelle und zwei sich kreuzenden Leitungen

C
Mit Deckel für eine Leitung



Bezeichnung eines vollständigen Leitungshalters Form B für Leiterdurchmesser $d = 10$ mm mit Schelle und zwei sich kreuzenden Leitungen:

Leitungshalter B 10 VDE 1835

Stückzahl Form A	Form B	Form C	Benennung	Teil	Werkstoff und Ausführung	Bemerkung
1	1	1	Unterteil	1	Gußmessing verzinnt	
1			Oberteil	2	„ „	
	1		Schelle	3	„ „	
		1	Deckel	4	„ „	
1			Auffangstange	5	Flußstahl verzinkt	
4	4	4	Halbrundschraube M 6×10 DIN 86	6	Messing	
1			Gewindestift mit Kegelansatz M 6×6 DIN 551	7	Messing	

Gewinde: Metrisch nach DIN 13

April 1930

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB)

Digitized by Google

Blitzableiter

Leitungshalter

Sonderausführung für weichgedeckte Gebäude und Munitionshäuser

Noch nicht endgültig

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 1835
Blatt 2

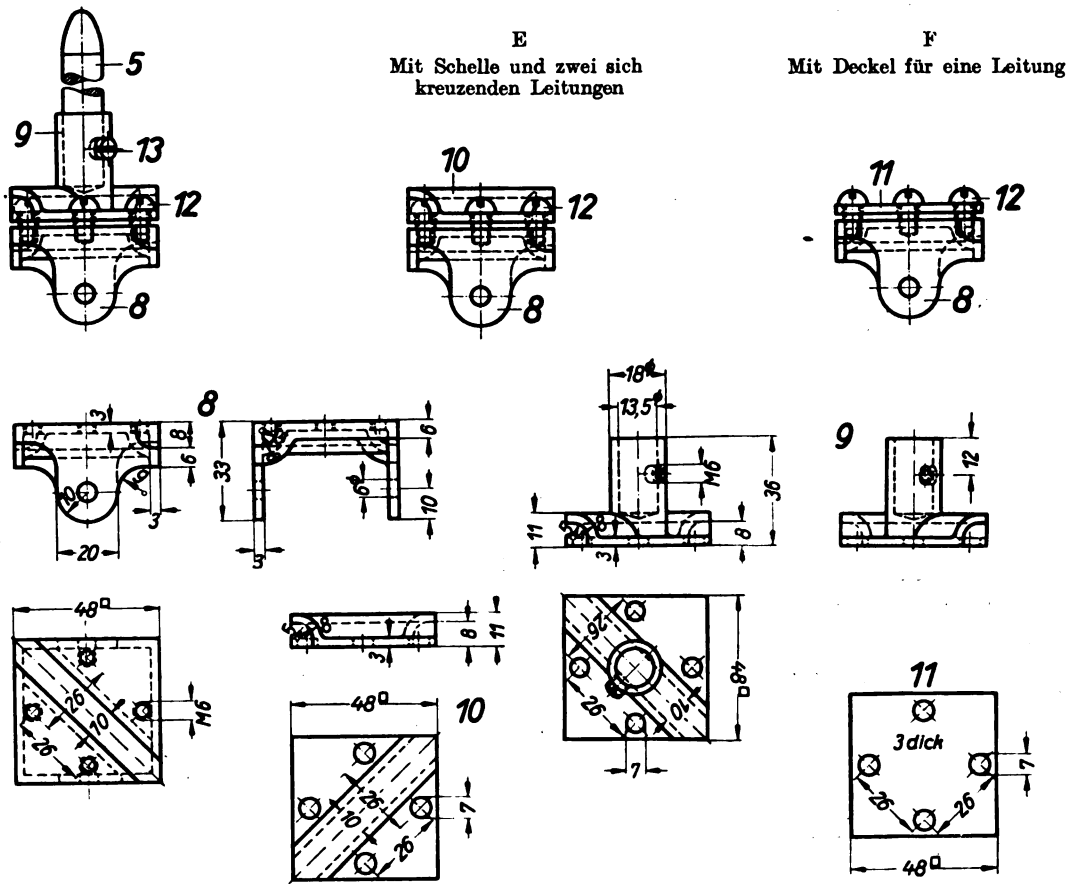
Maße in mm

Zur Befestigung der Leitungen auf Holzböcken für Munitionshäuser und Häuser mit feuergefährlichem Inhalt. Besonders geeignet zur Befestigung der Leitungen auf Holzstützen für weichgedeckte Gebäude.

D
Mit Auffangspitze und zwei sich kreuzenden Leitungen

E
Mit Schelle und zwei sich kreuzenden Leitungen

F
Mit Deckel für eine Leitung



Bezeichnung eines vollständigen Leitungshalters Form D für Leiterdurchmesser $d = 10$ mm mit Auffangstange und zwei sich kreuzenden Leitungen:

Leitungshalter D 10 VDE 1835

Stückzahl Form D	Form E	Form F	Benennung	Teil	Werkstoff und Ausführung	Bemerkung
1	1	1	Unterteil	8	Gußmessing verzinnt	
1			Oberteil	9	„ „	
	1		Schelle	10	„ „	
		1	Deckel	11	„ „	
1			Auffangstange nach DIN VDE 1835 Bl. 1	5	Flußstahl, verzinkt	
4	4	4	Halbrundschraube M 6×10 DIN 86	12	Messing	
1			Gewindestift mit Kegelansatz, M 6×6 DIN 551	13	Messing	

Gewinde: Metrisch nach DIN 13

April 1930

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB)

LITERATUR.

Besprechungen.

Kompensierte und synchronisierte Asynchronmotoren. Von Dr. sc. techn. H. F. Schait. Mit 60 Textabb., V u. 104 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis kart. 10.50 RM.

Der Inhalt des Büchleins ist vorwiegend theoretischer Natur; es beginnt mit der Entwicklung des genauen Kreisdiagramms des allgemeinen Transformators und der Berechnung des Drehstrom-Asynchronmotors. Es wird dann gezeigt, wie durch Einführung einer EMK mit Schlupffrequenz in den Sekundärkreis die Primärwicklung des Motors vom Erregerstrom entlastet werden kann, und die sich hierbei ergebende Arbeitsweise in sehr eingehender Weise durch Diagramm dargestellt. Hieran schließt sich eine Beschreibung und ausführliche theoretische Behandlung der von Heyland und Osnos angegebenen Formen des selbsterregenden kompensierten Asynchronmotors

Digitized by Google

Noch nicht endgültig

Blitzableiter

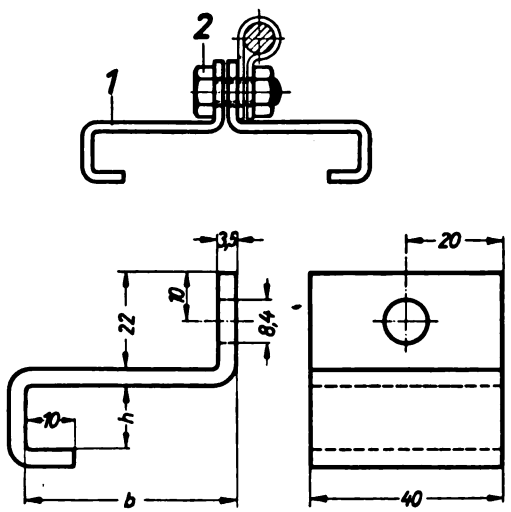
Leitungsbefestigung

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 1836

Maße in mm

Anschlußschelle
zum Anschluß des Leiters an Schienengleisen und Stahlkonstruktionen.

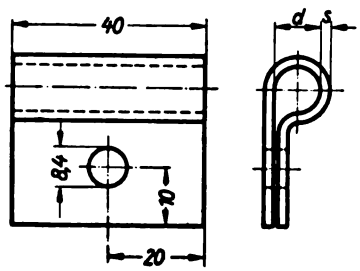


Bezeichnung einer vollständigen Anschlußschelle an I-Träger von Breite b = ...[1]) und Höhe h = ...[1]):
Anschlußschelle ....[1]) ×....[1]) VDE 1836

Stückzahl	Benennung	Teil	Werkstoff u. Ausführung	Bemerkung
2	Winkel	1	Flußstahl verzinkt	
1	Rohe Sechskantschraube A M 8 ×....[1]) DIN 418 . .	2	Flußstahl	

[1]) Die Maße b und h sowie die Länge der Schraube richten sich nach dem Profil der anzuschließenden Schiene oder Stahlkonstruktion.

Klemmschuh
zum Anschluß des Leiters an Regenrinnen, Abdeckungen, Schellen u. dgl.



d	s
8	1
10	2
15	2

Bezeichnung eines Klemmschuhs aus Kupferblech mit Loch d = 10 mm:
Klemmschuh 10 VDE 1836 Kupfer
Werkstoff: Flußstahl verzinkt oder Kupfer verzinnt

April 1930 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB)

Noch nicht endgültig

Blitzableiter

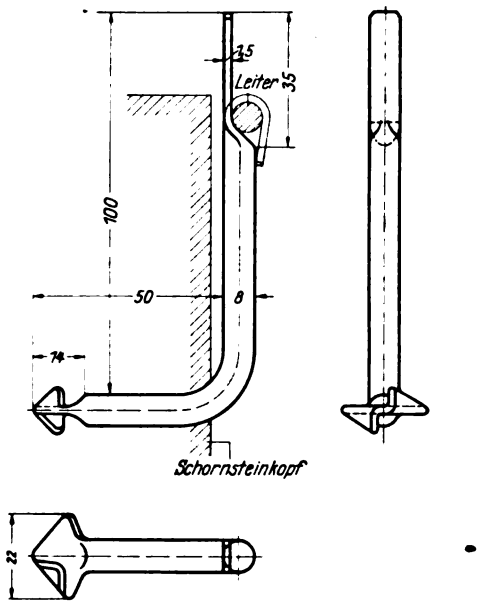
Leitungshalter

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 1837

Maße in mm

Zur Befestigung der Leitung an Schornsteinköpfen.



Bezeichnung: Leitungshalter VDE 1837

Werkstoff: C-Cu nach den Kupfernormen des VDE

Das 35 mm lange Ende des Leitungshalters ist dazu bestimmt, den Leiter durch Einrollen zu umfassen. (Siehe Bild)

April 1930 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB)

sowie des synchronisierten, also durch Einführung von Gleichstrom in den Sekundärkreis kompensierten Motors. Die selbsterregende Form des synchronisierten Asynchronmotors ist wegen Platzmangels fortgeblieben, trotzdem sie natürlich sehr gut in den Rahmen des Buches gepaßt hätte; der Verfasser sagt im Vorwort, daß dieser Motor, den er Fynn-Motor nennt, „in Amerika seine Entwicklung genommen hat". Dies ist ein Irrtum, er wurde zuerst in Deutschland nach meinen Angaben gebaut und in die Praxis eingeführt; erst später stellte sich heraus, daß die Schaltung schon in einem älteren amerikanischen Patent von Fynn enthalten war, nach dem aber noch kein Motor gebaut worden war. Die Wagner Co., in deren Besitz sich das Patent befand, nahm die Fabrikation erst auf, als ihr der in Deutschland erzielte Erfolg des Motors bekannt wurde.

Den Schluß des Buches bilden einige z. T. sehr gute Abbildungen von Kompensatoren und kompensierten Motoren. Von einer Betrachtung der Betriebseigenschaften und zweckmäßigen Anwendung der verschiedenen Motorenarten hat der Verfasser abgesehen. Das Buch kann deshalb im wesentlichen solchen Lesern empfohlen werden, die sich vorwiegend für die theoretische Behandlung des Gegenstandes interessieren. L. Schüler.

Anleitung zum Bau von Schwachstromanlagen (Jubiläumsausgabe). Herausg. von der Mix & Genest A. G., Berlin-Schöneberg. 8. neubearb. u. erw. Aufl. Mit 672 Abb., XVIII u. 710 S. in 8°. Kommissions-Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 13,50 RM.

Das „Handbuch" der Mix & Genest A. G. ist anläßlich des 50jährigen Bestehens der Firma als Jubiläumsausgabe herausgebracht worden. Das übersichtlich eingeteilte Werk gibt auf 700 Seiten bei vorzüglicher Ausstattung eine vollständige Übersicht über die physikalischen Grundlagen, die Hilfsmittel und -apparate sowie deren Anwendungsgebiete in der Schwachstromtechnik. Das Signal- und Fernsprechwesen sind besonders ausführlich behandelt; letzteres enthält bereits Beschreibungen der Fernsprecher mit Lautsprechern, der Konferenzfernsprecher, Diktieranlagen usw. Eingehend sind in einem besonderen Abschnitt die Bauarbeiten und Betriebstörungen behandelt. Besonders angenehm werden die in einem Abschnitt zusammengestellten, einschlägigen Bestimmungen des VDE empfunden werden. Wie frühere Ausgaben so wird auch diese Jubiläumsausgabe dem Nachwuchs ein gutes Lehrmittel und dem alten Praktiker ein willkommenes Nachschlagewerk sein. Filch.

Digitized by Google

Blitzableiter

Verbindungstücke

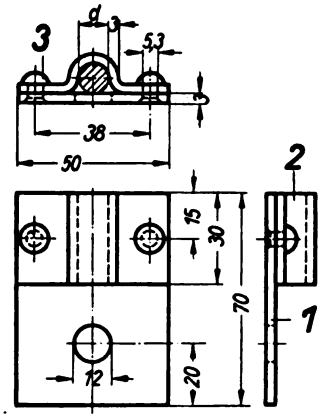
Noch nicht endgültig

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 1845

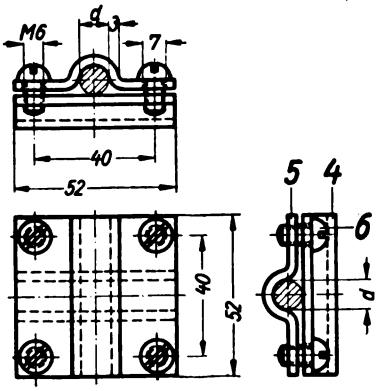
Maße in mm

A
Lasche
zur Verbindung der Leitungen mit Stahlkonstruktionen usw.



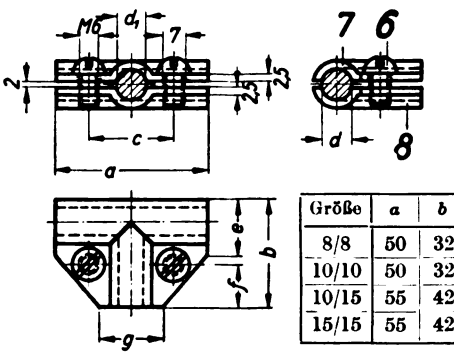
Bezeichnung einer vollständigen Lasche für Leiter von Durchmesser d = ...[1]) aus ....[1]):
Lasche....[1]) VDE 1845....[1])

B
Kreuzstück
zur Verbindung sich kreuzender Leitungen



Bezeichnung eines vollständigen Kreuzstückes für Leiterdurchmesser d = ...[1]) aus ....[1]):
Kreuzstück....[1]) VDE 1845....[1])

C
T-Stück
zur Verbindung der Leitungen untereinander



Größe	a	b	c	d	d_1	e	f	g
8/8	50	32	28	8	8	17	7	19
10/10	50	32	28	10	10	17	7	19
10/15	55	42	33	10	15	26	15	21
15/15	55	42	33	15	15	26	15	21

Bezeichnung eines vollständigen T-Stückes für Leiterdurchmesser d = ...[1]) und d_1 = ...[1]) aus ....[1]):
T-Stück .../...[1]) VDE 1845....[1])

Stückzahl Form A	Stückzahl Form B	Stückzahl Form C	Benennung	Teil	Werkstoff und Ausführung	Bemerkung
1			Grundplatte	1	Flußstahl verzinkt oder Kupfer verzinnt	
1			Deckel	2		
2			Halbrundniet 5×8 DIN 660	3	Flußstahl od. Kupfer	
	1		Oberteil mit Durchgangslöchern	4	Flußstahl verzinkt oder Kupfer verzinnt	
	1		Unterteil mit Gewinde	5		
	4	2	Halbrundschraube M 6×10 DIN 86	6	Messing	
		1	Oberteil mit Durchgangslöchern	7	Flußstahl verzinkt oder Kupfer verzinnt	
		1	Unterteil mit Gewinde	8		

[1]) Leiterdurchmesser d 8 bis 16 mm und Werkstoff sind bei Bestellung anzugeben.

Gewinde: Metrisch nach DIN 13

April 1930

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB).

Handbuch der Rationalisierung. Im Auftr. des Vorst. herausg. v. geschäftsführ. Vorstandsmitgl. des Reichskurat. f. Wirtschaftl. Bearb. unt. Mitw. zahlr. Körpersch. u. Fachl. von Dr. F. Reuter. Mit zahlr. Abb., Taf. u. 1234 S. in 8°. Industrieverlag Spaeth & Linde, Berlin u. Wien 1930. Preis geb. 15 RM.

Man hatte dieses Werk, von dem inzwischen schon eine zweite Auflage erschienen ist, seit langem erwartet, um sich an seiner Hand einmal ein klares Bild von der in den letzten Jahren so lebhaft erörterten Rationalisierungsbewegung, der Entstehung und Organisation wie von ihren Mitteln, Methoden und Ergebnissen bilden zu können. Das ist nun in der Tat möglich, aber darüber hinaus bietet das Handbuch, trotzdem es noch keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, so außerordentlich viel an Aufklärung im einzelnen und Anregungen, daß

Digitized by Google

Noch nicht endgültig

Blitzableiter

Holzböcke

für Munitionshäuser und andere Häuser mit feuergefährlichem Inhalt

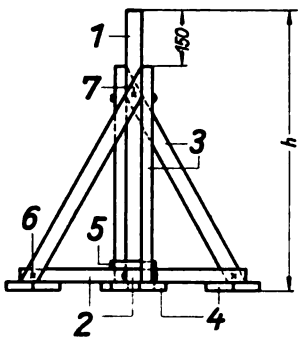
Elektrotechnik

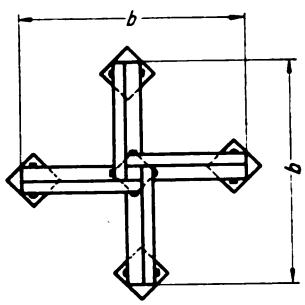
DIN
Entwurf 1
VDE 1851

Maße in mm

A

Zum Tragen des Dachleitungsnetzes auf Munitionshäusern oder anderen Häusern mit feuergefährlichem Inhalt.





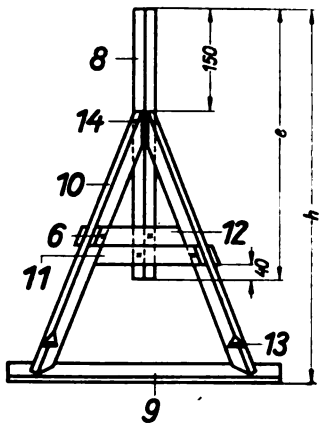
h	750	1000	1250	1500
b	600	650	750	800

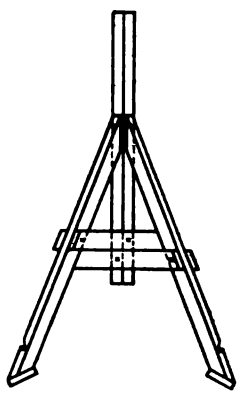
Bezeichnung eines Holzbockes Form A von Höhe $h = 750$ mm:

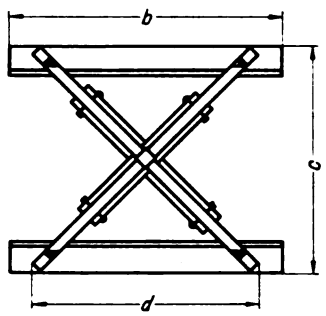
Holzbock A 750 VDE 1851

B

Zum Tragen des Dachleitungsnetzes auf Munitionshäusern oder anderen Häusern mit feuergefährlichem Inhalt, mit Satteldach.







h	b	c	d	e
750	600	500	500	550
1000	700	600	600	700
1250	800	700	700	850
1500	900	800	800	1000

Bezeichnung eines Holzbockes Form B von Höhe $h = 1000$ mm:

Holzbock B 1000 VDE 1851

Stückzahl Form A	Stückzahl Form B	Benennung	Teil	Werkstoff und Ausführung	Bemerkung
1		Stiel 40×40	1		
2		Kreuzholz 40×40	2	Eichenholz mit Karbolineum gestrichen	
4		Strebe 30×40	3		
4		Fußplatte 100×100×25	4		
1		Stützplatte 80×80×20	5		
4	4	Rohe Flachrundschraube mit Vierkantansatz CM 8×80 DIN 559	6	Flußstahl	
2		Rohe Flachrundschraube mit Vierkantansatz CM 8×110 DIN 559	7	„	
	1	Stiel 40×40	8		
	2	Fußleiste 20×60	9	Eichenholz mit Karbolineum gestrichen	
	4	Strebe 30×40	10		
	1	Zange 20×42	11		
	1	Zange 20×42	12		
	4	Rohe Flachrundschraube mit Vierkantansatz CM 8×60 DIN 559	13	Flußstahl	
	4	Senkholzschrauben	14	„	

April 1930

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB)

jeder, der an den behandelten Fragen von Berufs wegen oder aus anderen Gründen Interesse nimmt, und das ist heute in Deutschland eine sehr große Zahl, sich über den Besitz dieses von 115 Mitarbeitern geschaffenen Führers freuen wird. Schon die Lektüre des von Dr.-Ing. E. h. Köttgen und dem früheren Geschäftsführer des RKW H. Hinnenthal verfaßten ausgezeichneten Geleitwortes ist ein Genuß und erscheint mir zur Orientierung wichtiger als das Lesen einer Besprechung, die dem Dokument so mühevoller, freiwilliger Gemeinschaftsarbeit ja doch nur oberflächlich gerecht zu werden vermag.

F. Meißner.

Digitized by Google

Noch nicht endgültig

Blitzableiter

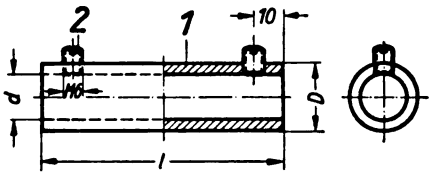
Muffen und Reduktionsmuffen

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 1846

Maße in mm

Muffe
zur Verbindung des Leiters



Größe	d	D	l
8	8,5	14	55
10	10,5	16	70
15	15,5	21 Messing 22 Flußstahl	80

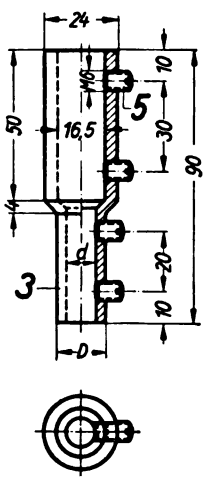
Bezeichnung einer vollständigen Muffe Größe 10 aus Messingrohr:
Muffe 10 VDE 1846 Messing

Stückliste für Größe 10

Stückzahl	Benennung	Teil	Werkstoff und Ausführung	Bemerkung
1	Muffe 10 VDE 1846	1	Flußstahl verzinkt oder Messingrohr verzinnt	
2	Gewindestift mit Kegelansatz M 6×6 DIN 551	2	Messing	

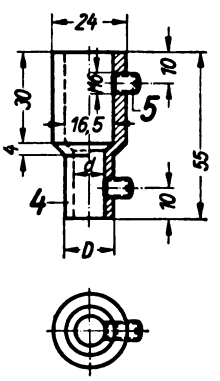
Reduktionsmuffen
zur Verbindung des Leiters mit Schornsteinschutzstangen VDE 1802 und Erdeinführungen VDE 1803

A mit 4 Schrauben



Größe	d	D
8	8,5	14
10	10,5	16
15	15,5	21 Messing 22 Flußstahl

B[2]) mit 2 Schrauben



Bezeichnung einer vollständigen Reduktionsmuffe; Form A, Größe 10 aus....[1]):
Reduktionsmuffe A 10 VDE 1846....[1])

Stückliste für Größe 10

Stückzahl Form A	Stückzahl Form B	Benennung	Teil	Werkstoff und Ausführung	Bemerkung
1		Reduktionsmuffe A 10 VDE 1846	3	Temperguß verzinkt oder Messingguß verzinnt	
	1	Reduktionsmuffe B 10 VDE 1846	4		
4	2	Gewindestift mit Kegelansatz M 6×6 DIN 551 .	5	Messing	

[1]) Werkstoff ist bei Bestellung anzugeben.

[2]) Bei Verwendung der Reduktionsmuffe Form B ist die Verbindung durch Verlöten und Verschrauben herzustellen.

Gewinde: Metrisch nach DIN 13

April 1930

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Ausschuß für Blitzableiterbau (ABB)

Sonderheft der ETZ zur Weltkraftkonferenz
Heft 24 vom 12. Juni 1930
Schluß der Anzeigenannahme am **20. Mai**

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die deutsche Elektroindustrie im 1. Vierteljahr 1930[1]. — Die Gesamtlage der Industrie war nach dem Bericht der Industrie- und Handelskammer zu Berlin in den letzten Monaten eher noch ungünstiger als um die Jahreswende. Eine Besserung, die man auf Grund verschiedener Anzeichen wenigstens auf manchen Gebieten als wahrscheinlich voraussehen zu können geglaubt hatte, ist bisher nicht eingetreten. Insbesondere hat die flüssigere Gestaltung des Kapitalmarktes im Gefolge der inzwischen eingetretenen Diskontsenkung die dringend wünschenswerte belebende Wirkung nicht ausgeübt. Nach wie vor ist Mangel an Betriebsmitteln und die Schwierigkeit der Kreditbeschaffung als schweres Hindernis bei allen größeren Geschäften zu spüren. Diese Beobachtungen betreffen z. Z. das Inland in noch viel stärkerem Maß als das Ausland. Obgleich der Wettbewerb auf dem Weltmarkt mit unvermindert drückenden Schwierigkeiten belastet wird, ist für manche Zweige das Ausfuhrgeschäft, wenn es auch nur zu sehr ungünstigen Bedingungen durchgeführt werden konnte, die einzige Möglichkeit gewesen, gegenüber dem Versagen des Inlandsmarktes die Betriebe wenigstens zu einem erheblichen Teil in Gang zu halten und Entlassungen von Arbeitnehmern zu vermeiden oder wenigstens in ihrem Ausmaß zu verringern. Die allgemeine wirtschaftliche Depression hat sich bei den Stromversorgungsunternehmungen in der Höhe des Strombezugs fühlbar gemacht. Die schlechte finanzielle Lage der Städte war ein weiterer Grund dafür, daß aus technischen und wirtschaftlichen Rücksichten notwendige Ausbesserungen und Erneuerungen am Maschinenpark, an den Transformatorenstationen und dem Leitungsmaterial nur in ganz geringem Ausmaß in Auftrag gegeben werden konnten. Trotz des milden Winters blieb die Bautätigkeit weiterhin eingeschränkt, worunter die Installationstätigkeit und der Absatz an Anschlußmaterial, Kabeln und Leitungen, Schaltapparaten, Zählern, gleichzeitig aber auch an elektrischem Haushaltgerät jeder Art empfindlich leiden mußten. Anderseits hatte gerade die Milde der Witterung zur Folge, daß in den gesamten Kohlenbergwerken die Halden sich füllten und Bestellungen von dort nur spärlich eingingen. Auch in der ganzen übrigen Industrie haben die ersten Monate des neuen Jahres keinen Aufschwung in der Geschäftstätigkeit gebracht. Der Stillstand in der Textilindustrie blieb unverändert. Die Eisenindustrie und die Maschinenindustrie mußten Werke stillegen, Zusammenlegungen und umfangreiche Entlassungen vornehmen. Auch bei den Behörden ist ein Wandel zur Besserung nicht eingetreten. Die Reichsbahn hielt mit Bestellungen sehr zurück, die Reichspost hat in ihren Abrufen nachgelassen und läßt auch für die nächste Zukunft wenig Hoffnung: der neue Etat sieht erhebliche Einsparungen nicht nur im Betrieb, sondern auch bezüglich der Anlagen vor. So ist mit geringen Ausnahmen, die einige wenige in der Entwicklung befindliche kleinere Sondergebiete betreffen, sowohl für Stark- wie für Schwachstromerzeugnisse, von den größten Maschinen bis zum Kleinmaterial, Anlagen für Licht und Kraft, Feuermelde- und Meßtechnik, Elektrokohlen und elektromedizinische Erzeugnisse die Beschäftigung z. Z. unzureichend, und man vermag vorläufig nicht abzusehen, wie sich die weitere Entwicklung gestalten wird.

Bergmann-Elektricitäts-Werke AG., Berlin[2]. — Der Gesamtumsatz des Unternehmens hat sich 1929 gegen das Vorjahr um einige Prozente gehoben, während das Preisniveau, besonders in der letzten Jahreshälfte, nicht unwesentlich gefallen ist. Den Mehrumsatz brachte hauptsächlich der Export, doch läßt der Nutzen in diesem Geschäft sehr zu wünschen übrig. Gegenüber der auch durch niedrigere Materialpreise und Löhne begünstigten ausländischen Konkurrenz war die Höhe der Steuern und sozialen Lasten mit insgesamt rd. 6,1 Mill RM besonders fühlbar. Der Auftragseingang hat sich infolge der schwierigen Lage von Industrie und Landwirtschaft und der ungünstigeren Gestaltung der finanziellen Verhältnisse der staatlichen und kommunalen Werke weiter verringert, ist aber in den letzten Monaten des alten und den ersten des neuen Geschäftsjahres nahezu gleich geblieben, wodurch der Auftragsbestand sich wieder gehoben hat. Mit Erfolg wurden die Anstrengungen fortgesetzt, den gewichenen Preisen durch fortwährende Sparmaßnahmen zu begegnen und so ein einigermaßen befriedigendes Ergebnis zu erreichen. Die Kundschaft hat noch mehr wie 1928 an der Knappheit ihrer flüssigen Mittel gelitten und darum noch längere Ziele in Anspruch genommen. Angesichts des dadurch verursachten Anschwellens der ausstehenden Lieferguthaben wurde gegen Ende des Berichtsjahres ein fünfjähriger Kredit von 5 Mill holl. Gld aufgenommen.

Die Zentralenabteilung konnte ihren Umsatz steigern (Ausbau von Wasserkräften) und auf dem Gebiet der Energieverteilung durch die Erstellung von Fernleitungen mit Hohlseil für 220 kV mitarbeiten. An der Verkabelung von Fernleitungstrecken bis 60 kV Dreileiterkabel war sie mit verschiedenen Objekten beteiligt. Das steigende Bestreben, auch für mittlere Spannungen Freiluftschaltanlagen zu bauen, hat Neukonstruktionen veranlaßt. Der Umsatz der Turbinenabteilung befriedigte. Ein Großturbinensatz von 40 000 kVA bei 3000 Umdr/min für das Kraftwerk Borken der Preag wurde in Dienst gestellt. In der Transformatorenabteilung hat sich der Absatz verschlechtert. Eine z. T. schon hergestellte Serie neuer Typen übertrifft bei geringeren Gewichten und entsprechend günstigeren Preisen die Sicherheit der jetzigen Transformatoren. Ferner wurden die Konstruktionen für selbstkühlende, bahntransportfähige Transformatoren hoher Leistung unter Vermeidung angebauter Radiatoren durchgeführt. Auf dem Gebiet der Höchstspannungstransformatoren kann die Gesellschaft jetzt einen solchen von 100 000 kVA bei 220 kV bahntransportfähig fertigen. Auch der Apparatebau hatte unter den ungünstigen Verhältnissen zu leiden. Die Abteilung für Schaltanlagen erhielt weniger Bestellungen als 1928. Erwähnt wird die Lieferung einer vollständigen Freiluftstation von 220 kV an das Umspannwerk Ibbenbüren des RWE. Infolge starker Zurückhaltung der Bergbau- und Hüttenindustrie mit Neuanlagen hat sich die ungünstige Entwicklung dieses Geschäfts fortgesetzt, nur die Abteilung für Kranantriebe machte eine Ausnahme. Umsatz- und Auftragsbestand der Industrieabteilung waren nahezu dieselben wie im Vorjahr. Elektrowerkzeuge wurden weniger verkauft als 1928, dagegen hat sich das Geschäft in Kleinstmotoren für Spezialantriebe weiter gut entwickelt. Die Vollbahnabteilung erhielt von der Reichsbahn lediglich zwei Güterzuglokomotiven in Auftrag. Befriedigende Bestellungen ließen sich im Bau von Fahrleitungen für Straßenbahnen hereinbringen, und die Kleinbahnabteilung vermochte ihren Umsatz wesentlich zu erhöhen und so einen gewissen Ausgleich für die weniger beschäftigten Abteilungen Vollbahnen und Fahrleitungen herbeizuführen. Die bisherigen Resultate mit den neuen automatischen, rein elektrischen Steuerungen für den von der Berliner Verkehrs-AG. bestellten Leichtmetallzug versprechen, wie der Vorstand sagt, vollen Erfolg. Im Bau von Werkbahnlokomotiven, speziell schlagwettersicherer Ausführung, sind gute Fortschritte zu verzeichnen. Unter der Auftragseinschränkung der Reichsbahn hat auch die Beschäftigung der Stromschienenabteilung stark gelitten. Die Bestellungen auf elektrische Lastkraftwagen ließen zu wünschen übrig, indessen der Umsatz im Kabelwerk trotz der absteigenden Konjunktur gehoben werden konnte. Das gilt im großen und ganzen auch für das Metallwerk. Nicht nur der Kampf der deutschen Werke unter sich, sondern auch das auf günstige Einfuhrzölle gestützte Bestreben des Auslandes, in Deutschland festen Fuß zu fassen, beeinflußte das Preisniveau. Lieferungen für die im zollfreien Gebiet liegenden Werke ließen kaum eine Verdienstspanne übrig. Das allgemeine Maschinengeschäft war nicht günstig; der Bericht erwähnt die noch nicht ganz abgeschlossene Entwicklung neuer, leichterer Drehstrommotoren, die z. T. bereits eine Verringerung der Herstellungskosten gebracht hat. Ebenso wird die Neukonstruktion der Mantelmotoren, u. zw. mit Röhrenkühlung, gegenüber der bisherigen Ausführung merkliche Ersparnisse zur Folge haben. In der Installationsmaterialienabteilung führte die allgemeine Zurückhaltung mit Aufträgen sowie die verminderte Kaufkraft und Kreditwürdigkeit weiter Kreise zu einer Einengung des Marktes und verstärktem Abgleiten der Preise. Im neuen Jahr hat die für Installationsdrähte zustande gekommene Kartellierung den Markt beruhigt. Die Lampenabteilung war gut beschäftigt. Es wird angestrebt, durch die innen mattierte Glühlampe die große Anzahl verschiedenartiger Typen zu ersetzen und damit die Fabrikation und Lagerhaltung zu vereinheitlichen. Stark gestiegen ist der Umsatz in der Abteilung für Heiz- und Kochapparate. Die Fabrikation dieser Geräte hat die Gesellschaft in ihrem Münchener Werk konzentriert. Die Vorteile, die die Übernahme der Zählerabteilung der Körting & Mathiesen AG. bringen soll, werden der Berichterstatterin erst im laufenden Jahr zugute kommen. Der Gesamtumsatz an Zählern war 1929 wesentlich kleiner. Ebenso hat die Umsatzentwicklung der Abteilung für elektrische Meßinstrumente nicht befriedigt.

Der Geschäftsgewinn betrug 11 264 105 RM (11 706 254 i. V.) und der Reingewinn (3,3 % des Umsatzes) 4 480 672 RM (4 481 732 i. V.). Hieraus kamen auf unverändert 44 Mill RM Aktienkapital wieder 9 % Dividende zur Verteilung.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 632; 1930, S. 192.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 632.

Abschluß des Heftes: 26. April 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Selbsttätige Bahn-Gleichrichter-Anlagen.

Mitteilung der AEG.

Bahngleichrichterwerke werden in neuerer Zeit sehr häufig für bedienungslosen Betrieb gebaut, sei es, daß sie selbsttätig arbeiten oder ferngesteuert werden, oder daß eine Verbindung zwischen Fernsteuerung und Automatisierung vorgesehen wird. Durch den Fortfall von Regeleinrichtungen wird die selbsttätige Steuerung von Bahnanlagen verhältnismäßig einfach, durch besondere Einfachheit zeichnet sich die Automatisierung von Glasgleichrichteranlagen aus, da bei diesen fast alle Hilfsbetriebe entfallen.

Als Beispiel einer ganz selbsttätigen Bahn-Gleichrichteranlage diene die Station Oberforsthaus der Städtischen Elektrizitätswerke Frankfurt am Main, die sich seit mehreren Jahren im Betriebe auch unter schwierigen Bedingungen bewährt hat. Sie liefert den Strom für verschiedene Außenstrecken der Straßenbahn und spart damit die hohen Kabelkosten für die Starkstromkabel-Zuführung von den alten, im Stadtinnern gelegenen Umformerwerken her. Die Station Oberforsthaus erhält im vollen Ausbau 6 Glasgleichrichter von je 250 A bei 600 V, die in 3 Gruppen zusammengefaßt sind. Die Zuführung der Drehstrom-Hochspannung erfolgt mit 5500 V, zur Verteilung der Gleichstrom-Energie dienen 7 Streckenschalter mit je 600 A, von denen der siebente als umschaltbarer Reserveschalter dient. Die ganze von der AEG ausgeführte Anlage, d. h. Gleichrichter, Streckenschalter und Hilfsbetriebe, arbeitet selbsttätig.

Für die Gleichrichter ist vorgesehen: selbsttätige Inbetriebnahme durch Spannungsrelais bzw. Kontaktuhr, selbsttätige Außerbetriebnahme durch

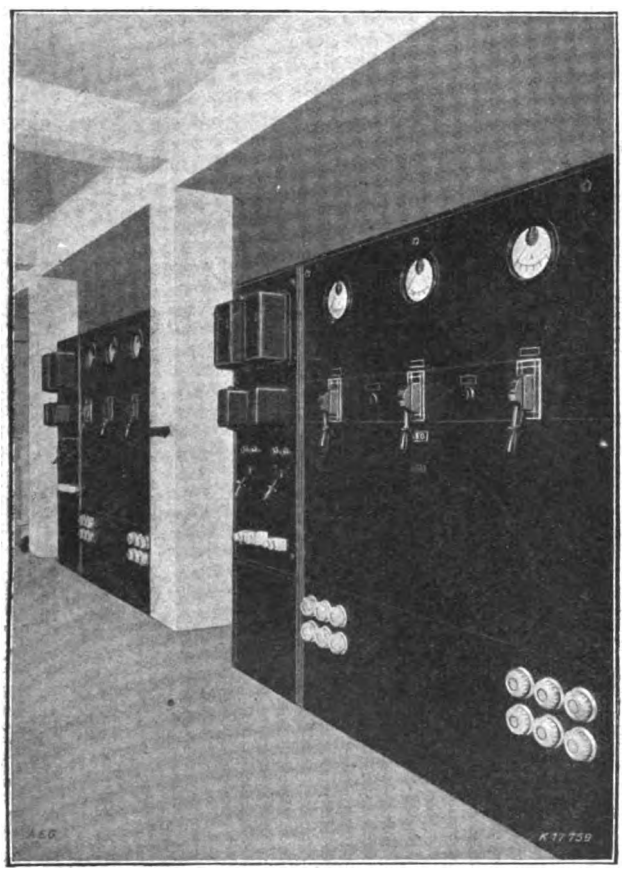


Abb. 1. Gleichrichter mit Schalttafel für Automatisierungsrelais.

länger dauernde Minimallast, Verriegelung der Minimalstrom-Abschaltung beim Ausbleiben des Drehstromes, welcher der Schalteinrichtung Nullast vortäuscht, selbsttätige Zu- und Abschaltung der einzelnen Sätze bei steigender bzw. fallender Last, selbsttätige Einschaltung des jeweils zweiten bzw. dritten Gleichrichtersatzes bei Störungen des ersten, Zündüberwachung und selbsttätige Wiedereinschaltung des Gleichstrom-Automaten nach Auslösungen, z. B. wegen Überstromes.

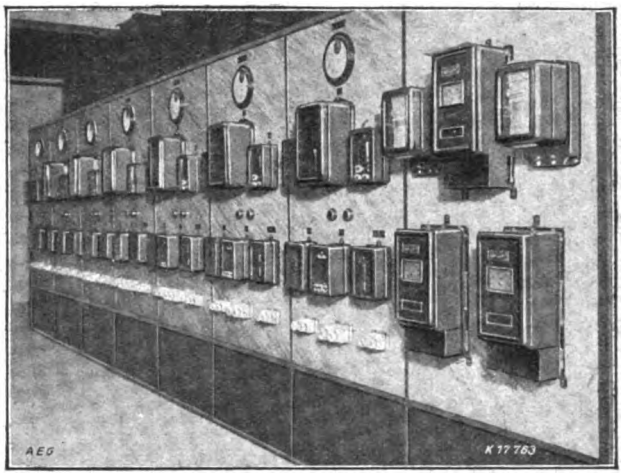


Abb. 2. Streckenschalter-Schalttafel.

Die Automatisierung der Streckenschalter besteht außer der üblichen Überstrom- und Nullspannungs-Auslösung in der selbsttätigen hochempfindlichen Prüf- und Wiedereinschalt-Vorrichtung mit automatischer Verriegelung nach dem fünften negativ verlaufenen Prüfvorgang und Entriegelung nach positiv verlaufener Prüfung. Die Prüfeinrichtung ist so ausgelegt, daß sie selbsttätig eine Wiedereinschaltung des gefallenen Streckenschalters vornimmt bei Belastungen, die bis zur Höhe des Nennstromes des Streckenschalters liegen können. Erst bei Belastungen, die über diesen Werten liegen, erfolgt eine Verriegelung. Diese Einrichtungen arbeiten auch selbsttätig nach Ausbleiben und Wiedererscheinen der Hochspannung, ferner sind selbsttätige Umschaltvorrichtungen vorgesehen, die auch dann ein Arbeiten der Streckenschalter-Automatik sicherstellen, wenn die Gleichrichter abgeschaltet sind, die Spannung aber von irgendeiner Seite her geliefert wird.

Die selbsttätigen Einrichtungen für die Hilfsbetriebe beziehen sich auf die vollkommen selbsttätige Batterie-Dauerladung durch einen kleinen Motorgenerator mit besonderer Schutzschaltung gegen Rückstrom und selbsttätigem Wiederanlauf nach Hochspannungstörungen und schließlich auf die selbsttätige Heizung der Station.

Als Schutzeinrichtungen für die Gleichrichter sind eingebaut:

1. Dreiphasige Überstrom-Zeitrelais für Stromwandler-Anschluß auf der Hochspannungseite,
2. Temperatur-Relais für die Transformatoren,
3. Buchholzschutz für die Transformatoren,
4. Anoden- und Kathoden-Sicherungen,
5. Gleichstrom-Überstrom-Zeitrelais je Glaskörper,
6. Zündüberwachung.

Zu erwähnen ist noch, daß die selbsttätige Inbetriebnahme in Abhängigkeit von Kontaktuhr und Spannungsrelais erfolgt. Die Station geht also nur dann in Betrieb, wenn das an die Fahrdrahtspannung angeschlossene Spannungsrelais bei niedriger Spannung während längerer Zeit seinen Kontakt schließt und außerdem die Kontaktuhr ihren „Ein"-Kontakt geschlossen hält. Hierdurch wird erreicht, daß die Station abhängig vom tatsächlichen Stromverbrauch in Betrieb geht und auch nur während der von der Betriebsleitung gewünschten Zeit, also z. B. nicht nachts.

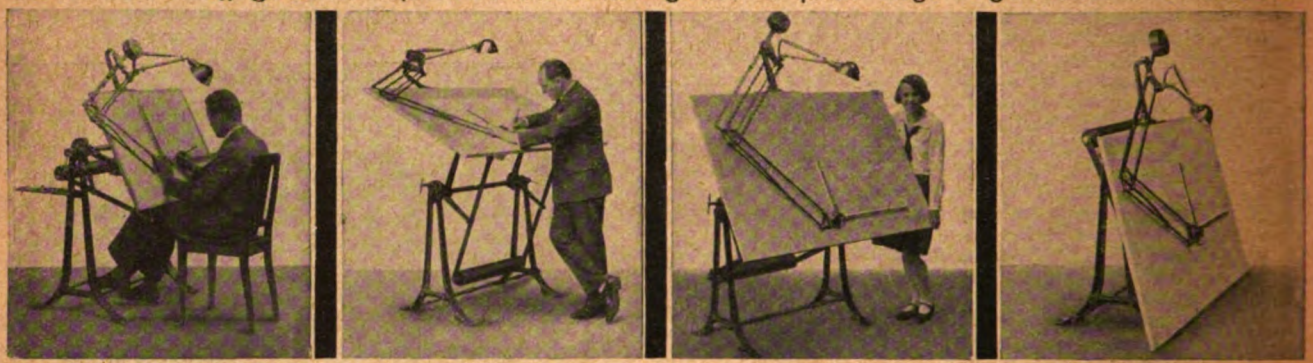
Abb. 1 zeigt die Gleichrichter mit Schalttafeln für die Automatisierungs-Relais, in Abb. 2 ist die Schalttafel für 7 selbsttätige Streckenschalter dargestellt.

Digitized by Google

EIN WICHTIGER FORTSCHRITT

auf dem Gebiete der Rationalisierung des technischen Zeichnens

Vollkommen ausgeglichen / Spielend leicht beweglich / In jeder Lage augenblicklich feststellbar



Keine Federn / Keine Abnutzung / Keine Kippgefahr / Geringes Gewicht / Kleinster Raumbedarf

ISIS PRÄZISIONS-ZEICHENTISCH Patente angemeldet
PRÄZISIONS-ZEICHENMASCHINE

verbunden in einem bisher nirgends dargebotenen hochwertigen Zeichengerät mit

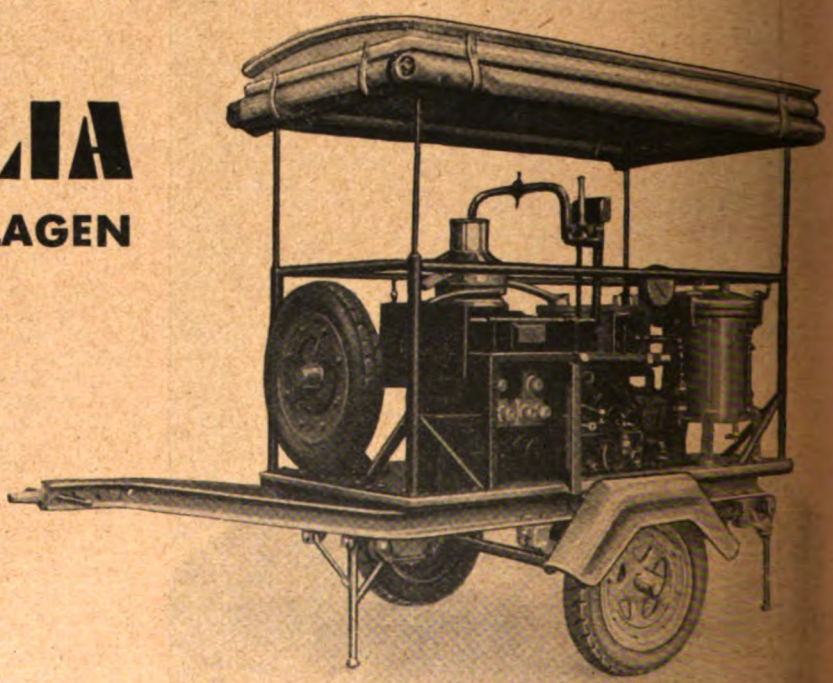
Fingerspitzenkontrolle aller Bewegungen

DR. GRAF GMBH GOTHA 12

WESTFALIA

ÖLREINIGUNGS-ANLAGEN FÜR ISOLIER-ÖLE

mit Evakuierung und automatischem Temperaturregler



Fahrbare Anlage, besonders geeignet für kleine Umspannwerke, Mastentransformatoren usw.

Wir erwarten Ihre Anfrage!

RAMESOHL & SCHMIDT A.G., OELDE-WESTF.

Digitized by Google

gineering
rary

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Die Elektrotechnik auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1930 außerhalb des HDE. Von W. Kraska. 661

Deutsche Stromwirtschaft. Von R. Haas. 666

Die elektrischen Bahnen in der tschechoslowakischen Republik. Von F. Niethammer. 669

Messung der Eigenzeit eines Klydonographen mittels Wanderwellen bekannter Zeitdauer. Von C. Stoerk u. T. Bungardean. 676

Rundschau:

Kübelförderanlage für Steinkohle. 679

Drehlichtbogen-Elektroofen. 679

Klemmenspannung des Röntgenapparates mit rotierendem Gleichrichter. 680

Fernmeßeinricht. der General Electric Co. 680

Eine Kompensationsmethode zur Messung schwacher Ströme. 681

Ferntagungen Chemnitz-Annaberg. 682

Energiewirtschaft. 682

Rechtspflege. 684

Vereinsnachrichten. 684. **Bekanntmachungen des VDE.** 692

Sitzungskalender. 694

Persönliches. 694. O. v. Miller, B. Salomon, W. Lang

Geschäftliche Mitteilungen. 695

Bezugsquellenverzeichnis. 696

19. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(661-696) 8. Mai 1930

Das Sonderheft der ETZ zur Weltkraftkonferenz erscheint am 12. Juni 1930

Digitized by Google

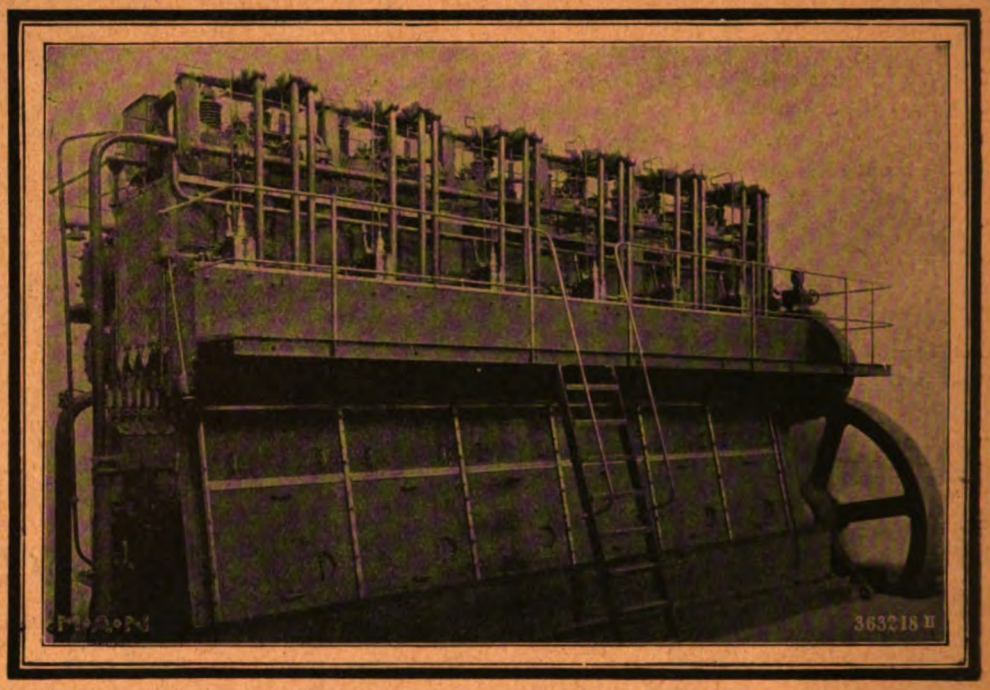
MAN

MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG A.G.

DIESELMOTOREN

mit und ohne Kompressor, Viertakt und Zweitakt, bis 15 000 PSe und mehr Einzelleistung, für Elektrizitätswerke als Antriebs-, Reserve- und Spitzenmaschinen

Näheres Drucksache E. Z. 36



Weston

Thermo-Instrumente

Mod. 492
Weston-Hochfrequenz-Voltmeter
Empfindlichkeit 500 Ω/V

Spezialpreisliste Nr. 2
über Instrumente für die
Radio- und Hochfrequenztechnik
ist soeben erschienen

Generalvertrieb:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

db

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 8. Mai 1930 | Heft 19

Die Elektrotechnik auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1930 außerhalb des HDE.

Von Dipl.-Ing. W. Kraska, Berlin.

Wenn trotz der wirtschaftlichen Notlage unseres Landes die diesjährige Leipziger Frühjahrsmesse ein ziemlich lebhaftes Bild bot, so ist das einmal auf die unserem Volke innewohnende Schaffenskraft, dann aber auch auf das Ausland zurückzuführen, das nicht nur unter den Besuchern, sondern auch unter den Ausstellern immer mehr Raum gewinnt: Die internationale Werkzeugmaschinenschau in Halle 7 findet ihr Gegenstück in der internationalen Textilmaschinenschau (Halle 8). Auf elektrotechnischem Gebiet wird die Entwicklungsrichtung aber immer noch vom Inland angegeben, wie im folgenden an einigen Beispielen aus der großen Zahl der außerhalb des Hauses der Elektrotechnik ausgestellten elektrotechnischen Erzeugnisse gezeigt werden soll.

I. Maschinenbau.

In allen Hallen der Maschinenschau wiesen große Schilder an sichtbarer Stelle darauf hin, daß der deutsche Maschinenbau nach DINormen arbeitet. In der vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung und vom Verein Deutscher Maschinenbauanstalten veranstalteten Ge-

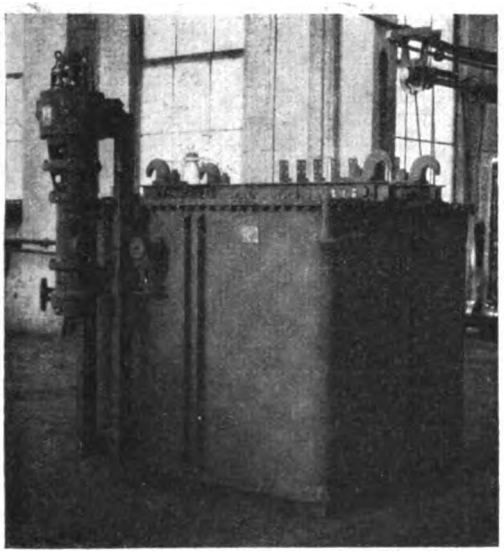


Abb. 1. Ölumlaufpumpe am Transformator.

triebeschau ist die neuartige Gruppeneinteilung bemerkenswert, die sich unmittelbar an den Praktiker wendet. Interessant war ein Fernschreiber, der aus mechanischem Getriebe und elektrischer Fernübertragung zusammengesetzt ist und die Übertragung jeder Schrift und Zeichnung auf beliebige Entfernung gestattet, ferner eine Schnellflechtmaschine und ein elektrisch gesteuerter Fahrstuhlmotor.

Der Elektromaschinenbau hat namentlich durch den Werkzeugmaschinen- und Textilmaschinenantrieb neue Anregungen erhalten. Der neue polumschaltbare Motor der SSW besitzt eine einzige polumschaltbare Wicklung, die bei allen Drehzahlstufen vermöge besonderer Schaltung voll ausgenutzt wird. Auch ein neuer Periodenumformer der Firma mit gemeinsamem Gehäuse und durchlaufender Welle für beide Anker ist zu erwähnen. Neben dem Doppelnutmotor tritt jetzt ein Dreinutmotor der Firma Max Schorch, Rheydt, auf, der als reiner Kurzschlußmotor den 3,2- bis 3,6fachen Nennstrom beim Einschalten aufnimmt, wobei er das 2,2fache Drehmoment entwickelt. Mit einem Spezial-Stern-Dreieck-Schalter versehen, läuft er bei 100 % Drehmoment und 160 ... 170 % Nennstrom an. Um die Schwierigkeiten zu umgehen, die zuweilen infolge Undichtigkeit der Stoffbuchsen an Ölumlaufpumpen für Transformatoren auftreten, wählen die Maffei-Schwartzkopff Werke, Berlin, neuerdings eine vertikale Bauart der Pumpe und versehen die letztere, welche direkt an den Transformator angebaut wird, mit einem Steigrohr, ebenso hoch wie der Ölkasten des Transformators. In dem Steigrohr ist als Drosselstelle eine mit Spiel eingesetzte Buchse vorgesehen. Damit das Öl im Steigrohr niemals überlaufen kann, befindet sich zwischen diesem und dem Transformatorkasten noch ein Verbindungsrohr, dessen Anschlüsse man in Abb. 1 erkennt. Wie bei den elektrischen Unterwasserpumpen der Firma Maschinenbauanstalt Wernert, G. m. b. H., Mülheim-Ruhr, das nicht einfache Problem der Dichtung zwischen Pumpe und Motor gelöst ist, konnte nicht festgestellt werden; es ist auch schade, daß die Firma hierüber keine Auskunft geben wollte.

II. Maschinenantrieb.

A. Werkzeugmaschinen.

Die Vorteile des elektrischen Einzelantriebes von Werkzeugmaschinen sind heute allgemein anerkannt, so daß bei Neuanschaffungen in den meisten Fällen Maschinen mit Einzelantrieb bevorzugt werden. Aber auch die noch an der Transmission hängenden vorhandenen Maschinen lassen sich auf eine einfache Weise mit Einzelantrieb ausrüsten durch Getriebemotoren, wie sie von der AEG und den SSW (Abb. 2) gezeigt wurden. Der zur Befestigung am Maschinenbett mit Füßen versehene Getriebekasten trägt auf der einen Seite den Flanschmotor, auf der gegenüberliegenden die Riemenscheibe. An der auf dem Getriebekasten aufgebauten Säule sind der Schalthebel und die in der Höhe verstellbare Riemenleitrolle angebracht. Die Umstellung von Transmissions- auf Einzelantrieb kann praktisch ohne Betriebsstörung erfolgen. Das von der AEG neu entwickelte Regelgetriebe ermöglicht eine Drehzahlregelung der antreibenden Welle stufenlos für einen Regelbereich von rd. 1 : 3 bei mindestens 90 % Wirkungsgrad.

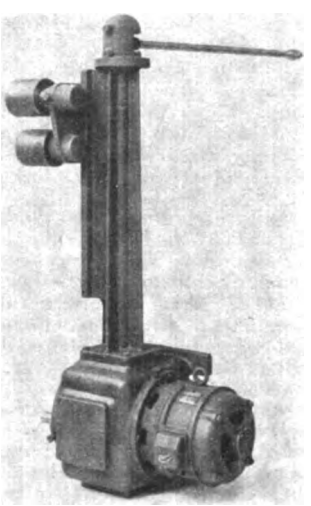
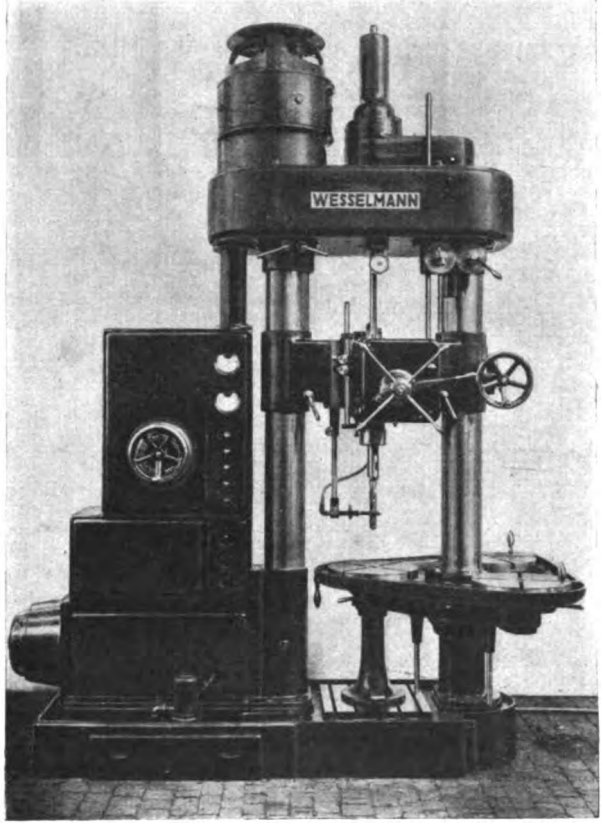


Abb. 2. Getriebemotor.

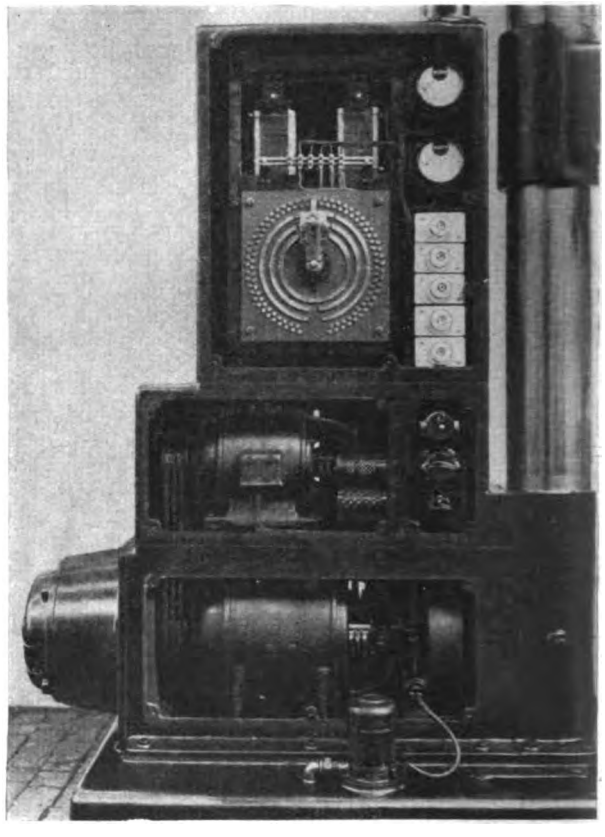
Ob die hier und da verwendete hydraulische Steuerung für Werkzeugmaschinen gegenüber der elektrischen

Digitized by Google

Steuerung sich behaupten wird, muß man abwarten. Bei Drehstromantrieb konnte bisher ein rasches und sicheres Stillsetzen nur mittels mechanischer Bremse geschehen. Die neue SSW-Bremsschaltung gibt durch Vertauschung zweier Ständerphasen Gegenstrom und verhindert die Umkehrung der Drehrichtung durch einen Bremswächter, der so eingestellt wird, daß der Gegenstromkreis im Augenblick des Motorstillstandes abgeschaltet wird. Auf eine zweckmäßige Verbindung der Kühlmittelversorgung mit dem elektrischen Einzelantrieb wird Wert gelegt, um ein sicheres Arbeiten auch bei Inbetriebnahme zu gewährleisten. Die AEG hat daher den Antriebsmotor einer Bohrmaschine von Wesselmann nicht mit Selbstlüftung ausgeführt, sondern Fremdlüftung vorgesehen. Für den oben angeordneten Motor



a Gesamtansicht.



b Steuerungsteile und Ventilator.

Abb. 3a u. b. Bohrmaschine mit Leonard-Steuerung.

(Abb. 3a) ist ein besonderer Ventilator im Fuß der Bohrmaschine eingebaut (Abb. 3b). Der Antrieb der Maschine erfolgt nach dem Leonard-System, wobei Spannungs- und Feldregelung gemeinsam durch ein Handrad geschehen. An einer Schnellschnittdrehbank von Schieß-de Fries, an welcher der Supportantrieb wahlweise vom Hauptantrieb oder durch regelbaren Flanschmotor, die Schnellverstellung des Supports durch besonderen Flanschmotor geschehen konnten, war ein elektrischer Schnittgeschwindigkeitsmesser der SSW zu sehen, der die unmittelbare Ablesung der Schnittgeschwindigkeit während des Betriebes gestattet; die Berücksichtigung des jeweiligen Drehdurchmessers erfolgt durch einen Schieberwiderstand, dessen Reiter entsprechend der Entfernung der Stahlschneide von der Spindelmitte selbsttätig verstellt wird (Abb. 4). Bei den Fräsmaschinen ermöglicht die Verwendung von Schwenk- und Rundtischen das pausenlose Fräsen. Auch dem schnellen Auswechseln des Werkzeuges schenkt man dort große Aufmerksamkeit.

Im Bau von Holzbearbeitungsmaschinen war die Erhöhung der Drehzahl bemerkenswert, in Sonderfällen bis auf 18000 U/min, ferner vielfache Verwendung der elektrischen Fernsteuerung, Verdrängung der üblichen hängenden Pendelsägen durch Abkürzsägen mit waagerecht verlaufendem Schnitt (Böttcher & Gessner, Altona-Bahrenfeld; Maschinenwerke Gubisch AG., Liegnitz) sowie der selbsttätige Vorschub an Besäum-Kreissägen. Durch elektrische Umsteuerung auf Schnellbremsung innerhalb 10 s wird der Betrieb von Tischfräsmaschinen erheblich vereinfacht.

B. Textilmaschinen.

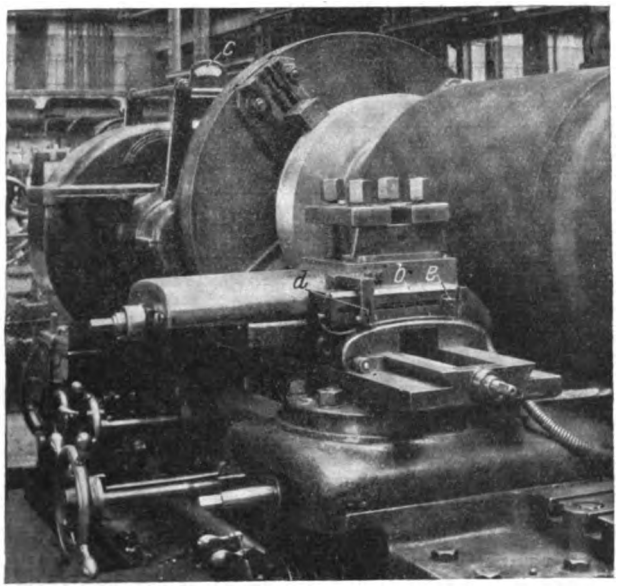
Zum Antrieb von Spinnmaschinen hat die Firma Max Schorch, Rheydt, oberhalb des vertikalen Drehstrom-Nebenschlußmotors mit fester Bürstenbrücke einen Drehregler angebracht. Der letztere liefert die den Kommutatorbürsten zugeführte veränderliche Spannung, die sowohl zur Drehzahlregelung als auch zur Kompensation des Leistungsfaktors dient. Der Motor besitzt keine Schleifringe, wird vielmehr mit den Ständerklemmen ans Netz gelegt. — Der Zwirnmaschinenantrieb mit Aufbau des Motors auf dem Treibkopf bürgert sich mehr und mehr ein. Der Forderung, den Motor bequem anbringen zu können, trug die AEG dadurch Rechnung, daß sie den Motor an der Antriebseite mit einem Doppelkugellager versah, so daß beim Aufsetzen einer 3- oder 4fachen Stufenscheibe eine nochmalige Lagerung der Motorwelle nicht mehr notwendig wird. Die bisherigen Bauarten von Kunstseide-Spinnzentrifugen ließen Drehzahlen bis 10000 zu. Die neue Maschine der SSW läuft mit 15000 U/min außerordentlich ruhig. Die Lager sind von betriebsmäßigen Schwerpunktverlagerungen vollständig entlastet. Auf dem Gebiete der Spindeln sind Elektrospindeln für Kammgarn, Baumwolle und Kunstseide zu erwähnen.

C. Verschiedene Antriebe.

Zur Sandaufbereitung in der Gießerei dient eine fahrbare Sandschleuder- und Mischmaschine der Alfelder Maschinen- und Modell-Fabrik, Künkel, Wagner & Co., Alfeld. Die Maschine (Abb. 5) wird durch einen 3 PS-Vertikalmotor angetrieben, welcher mit der nach unten gehenden, Schleuderkorb und Schleudertrommel tragenden Welle elastisch gekuppelt ist. Durch ein auf der Welle sitzendes Reibradgetriebe wird das über dem Schleuderkorb liegende Sieb hin und her bewegt. — An Zentrifugen konnte man die verschiedensten Anordnungen des Motors beobachten: oben, unten, seitlich (Krupp, H. Krantz, Aachen). Die C. G. Haubold AG., Chemnitz, zeigte eine Schnellaufzentrifuge hängender Bauart mit gekuppeltem, oberhalb angebrachtem Motor. Die Maschine unterscheidet sich von den bekannten Oberbetriebsmaschinen dadurch, daß die Trommelwelle nur oben und elastisch gelagert ist, so daß ein besonderes Fundament entfällt. — Wird der Schorchsche Dreinutmotor für Zentrifugenantrieb verwendet, so schaltet man in den Ge-

Digitized by Google

häusekreis einen einstufigen Widerstand, der nach erfolgtem Anlauf kurzgeschlossen wird. Dabei ist das Drehmoment im Bereich höherer Drehzahl größer als bei Stern-Dreieck-Schaltung. Der Motor läuft also auf der ersten Schaltstufe mit dem Widerstand auf eine höhere Drehzahl,



b Schieberwiderstand *c* Anzeigeinstrument
d erster Reiter *e* zweiter Reiter.

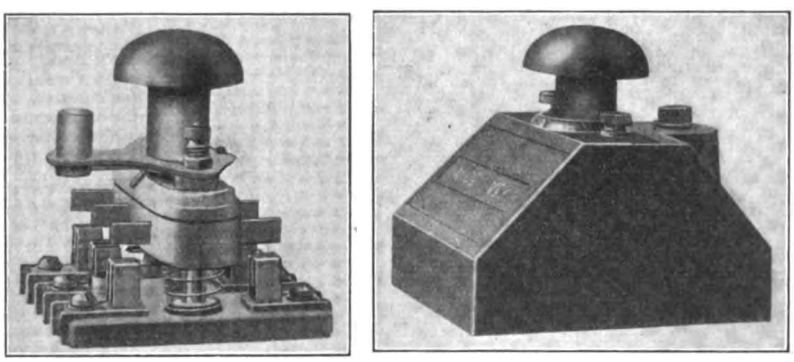
Abb. 4. Anordnung eines Schieberwiderstandes für Schnittgeschwindigkeitsmessungen.

Abb. 5. Fahrbare Sandschleuder- und Mischmaschine.

die Kupplung und die Glocke kann frei zurückschwingen. Nach ihrer abermaligen Umkehr wird die Kupplung durch den Steuerschalter wieder geschlossen, die Glocke erhält einen zweiten Impuls und so fort, bis sie den eingestellten Höhepunkt erreicht hat. — Bei den zur Notbeleuchtung dienenden Maschinensätzen legt man Wert darauf, daß beim Versagen der Fernstromversorgung der Maschinensatz sich selbsttätig in Betrieb setzt und auf das Netz schaltet (dieselelektrischer Maschinensatz der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG.). — Die Firma Ernst Wagner, Reutlingen, zeigt einen elektrisch angetriebenen Stapelhochhubwagen, der sich von den bisher bekannten Stapelwagen dadurch unterscheidet, daß er in Verbindung mit dem Hubwagensystem das Übereinanderstellen von Ladegestellen mit und ohne Regal ermöglicht. — Unter den Staubsaugern zeichnete sich der Universalapparat „Drollig" der Firma G. H. Treu, Hamburg, dadurch aus, daß er auch als Haartrockner und Ventilator verwendet werden kann (Energieverbrauch 35 W, Gewicht 1 kg). — Ernst Classen & Co., Schwedt a. O., begnügen sich nicht mit dem Absaugen des Staubes, sondern lassen ein Klopfen der betreffenden Teppichstelle vorangehen. Lose Rollen schlagen durch Zentrifugalkraft gegen den um 8 ... 10 mm angehobenen Teppich, so daß die Aufschlagwalzen auf dem Teppich abrollen können, ohne diesen abzunutzen. Der Klopfapparat läßt sich an jeden Staubsauger anschließen. — Zimmer-Leuchtfontänen arbeiteten bisher mit unveränderlicher Beleuchtung. Die Lumina-Fontänen G. m. b. H., Berlin, sieht einen selbsttätigen Farbenwechsel in mehr als 40 verschiedenen Farbtönen vor. Der Farbwechsel wird durch langsame Drehung eines Schirmes hervorgebracht, der die im Kreise angeordneten farbigen Fenster nacheinander abdeckt. — Der Kanalentgaser der SSW ist ein elektrisch betriebener Fliehkraftlüfter nebst einer mit der Saugseite des Lüfters verbundenen Schwimmereinrichtung. Die auf einem Elektrokarren aufgebaute Einrichtung dient zur Entfernung der an der tiefsten Stelle von Schächten und Kanälen angesammelten schädlichen Gase. — Unter den Elektrokarren scheint sich die Ausführung mit Führersitz einer steigenden Beliebtheit zu erfreuen.

III. Installation.

In der Installationstechnik setzt sich der Druckknopfschalter gegenüber dem Drehschalter immer mehr durch. Der Druckknopfschalter von Hermann Schnelle, Schkeuditz, besitzt einen Einschalt- und einen Ausschaltknopf (Abb. 6). Nach dem Einschalten werden die Schaltmesser durch einen Schieber in der Einschaltstellung verriegelt; durch Druck auf den Auslöseknopf wird diese Verriegelung gelöst. Ein Auslösen durch bloße



a Kappe abgenommen b mit Kappe

Abb. 6. Druckknopfschalter.

so daß beim Kurzschließen des Widerstandes ein unzulässiger Stromstoß, wie er beim gewöhnlichen Stern-Dreieck-Schalter auftritt, vermieden wird. — Die Dinglersche Maschinenfabrik, Zweibrücken, hatte elektrisch gesteuerte Ventile und Schieber ausgestellt. Ein Schnellschlußventil kann durch Reißlinie oder Druckknopf betätigt werden, und die Auslösung erfolgt durch ein Gewicht, das von einem Relais freigegeben wird. Die Zeit vom Bedienen des Druckknopfes bis zum Schluß des Ventils beträgt 1 s. — Zum Glockenläuten verwendet die Maschinenfabrik Fritz Höltl, Kempten-Hegge, einen Motor geringer Leistung, der nur in einer Richtung und mit gleichbleibender Drehzahl umläuft. Der Anlauf erfolgt leer. Nach Erreichung der vollen Drehzahl wird mittels einschaltbarer Kupplung die Zugmaschine in Bewegung gesetzt; die Glocke erhält einen Stoß, darauf öffnet ein an der Zugmaschine angebrachter Steuerschalter

Erschütterung kann nicht eintreten. An jedem Pol findet zweifache Stromunterbrechung statt. Durch starke Federn, die das Bestreben haben, den Schalter in der Ausschaltstellung zu halten, wird das Stehenbleiben in Zwischenstellungen verhindert. Der von Albert Friedinger, München, hergestellte Kurz- und Dauerzeitschalter „Frimo" schaltet mit einer Verzögerung aus, die vorher mit einem Griff eingestellt werden kann. Daraus ergeben sich viele Möglichkeiten der Verwendung, z. B. als Treppenhausschalter, wobei dann die Treppenhausuhr mit Zuleitung gespart wird. Die Sächsische Maschinen- und Schrauben-Fabrik m. b. H., Leipzig, bringt eine auswechsel- und unverwechselbare Einsatzpatrone in zwei Ausführungen auf den Markt: a) mit Außenporzellan in Form und Ausführung der Diazed-Patrone, b) mit einem kittlosen, dauernd verwendbaren Porzellan-Schutzmantel nebst massiver Kontaktschaube

Digitized by Google

Im letzteren Falle fällt die leicht zerstörbare Paßschraube fort. Es ist eine kleine und billige Sparpatrone mit Berührungschutz. — Das unnötige und gefahrvolle Herumhängen der Bügeleisenschnur, das Drehen und Brechen derselben, will die Firma Robert Griebert, Berlin-Pankow, durch eine am Ende des Plättbretts angebrachte Trommel verhindern (Abb. 7), auf

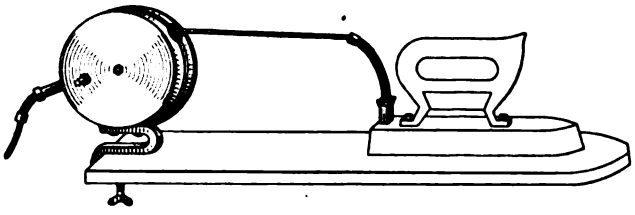


Abb. 7. Spanner für Bügeleisenschnur.

welche sich durch Federkraft die Schnur aufwickelt, wenn sie nicht durch den Plättvorgang herausgezogen wird; die Schnur bleibt also immer leicht gespannt. — Zum Prüfen von Stark- und Schwachstromanlagen auf Leitungschluß oder Drahtbruch dient der „Deka-Leitungsprüfer" der Firma Gebr. Kammerer G. m. b. H., München, ein kleines handliches Kästchen mit Galvanoskop, Taschenlampenbatterie und Glühlampe. Die letztere dient als Notbeleuchtung beim Aufsuchen von Störungen. Die Probierlampe „Rapa" der Union Spezialfabrik elektrischer Starkstromapparate G. m. b. H., Borsdorf/Leipzig, ist für alle vorkommenden Spannungen bis 750 V verwendbar und gestattet bei Gleichstrom die Feststellung der Polarität, bei Wechselstrom der Phase und des Nulleiters.

IV. Heizung.

Der Umstand, daß Stahl bei einem Kohlenstoffgehalt von über 0,66 % beim Durchgang durch die kritische Temperatur seine magnetische Leitfähigkeit verliert, wird von der AEG nach dem System Wild-Barfield in einem Härteofen (Abb. 8) benutzt. Um die Heizwicklung

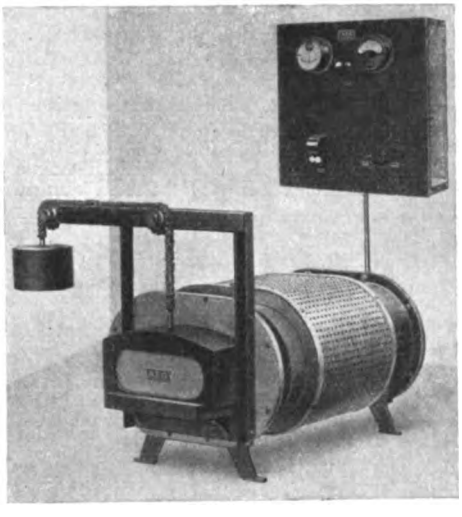
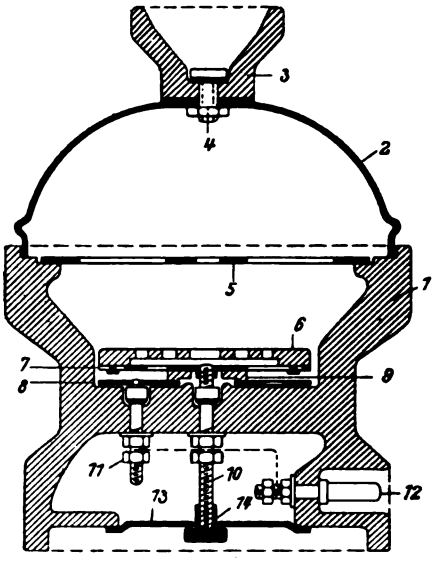


Abb. 8. Härteofen, System Wild-Barfield.

ist eine zweite Wicklung gelegt, so daß die in der letzteren induzierte Spannung gleich der Sekundärspannung einer Spule ist, deren Primärwicklung vom Heizstrom durchflossen wird. Da die beiden Spannungen gegeneinander geschaltet sind, zeigt ein dazwischen liegendes ferrodynamisches Anzeigeinstrument auf Null. Beim Einführen des Stahls in den Ofen erfolgt ein Ausschlag, der erst bei Erreichen der kritischen Temperatur verschwindet, so daß der Stahl nun zum Abschrecken herausgenommen werden kann. Ein weiteres Anwendungsgebiet hat sich die elektrische Heizung in elektrischen Händetrocknern erobert. Der Apparat „Sata" (Sanitaria A.-G., Ludwigsburg) vollzieht die Trocknung in 20 ... 30 s und verbraucht rd. 1.5 kW. Während dieser Apparat nur einen Luftaustritt besitzt, wird beim Man-Fön-Son der Elektrizitäts-Gesellschaft Sanitas, Berlin, der gleiche Luftstrom durch 2 Röhren, von oben und von unten gleichzeitig zugeführt. Die Betätigung erfolgt durch Fußschalter oder Druckschalter am oberen Ausstrahlrohr oder auch selbsttätig durch Münzeinwurf. Ferner ist der Beeg-Trockner von F. Hermann Beeg, Dresden, zu nennen. — Eine Wärmflasche mit elektrischer Heizung ist der Elektrowärmer „Moment" von W. Zenker, Beierfeld. Der Apparat wird 5 bzw. 8 min mittels Steckers angeschlossen und kann dann an beliebiger Stelle verwendet werden, ohne wie das Heizkissen während des Gebrauchs unter Spannung stehen zu müssen. — Abb. 9



1	Porzellanunterteil	5	Auflegeblech	10, 11	Bolzen
2	Metallhaube	6	Porzellansieb	12	Steckerbolzen
3	Porzellan-Einfülltrichter	7	obere Heizplatte	13	Bodenschlußdeckel
4	Düsenschraube	8	untere Heizplatte	14	Isoliermutter
		9	Beilegring		

Abb. 9. Eierkocher.

stellt einen Eierkocher der Metallwarenfabrik Becker u. Co., Villingen (Baden), dar. Nach Einlegen der Eier wird die Haube aufgesetzt, dann wird der Apparat mittels Steckkontakts angeschlossen. Ein Stromdurchgang findet aber noch nicht statt, weil der Stromkreis an die beiden Heizplatten noch nicht geschlossen ist. Erst nach Einfüllen von einigen Kaffeelöffeln Wasser beginnt der Apparat zu arbeiten. Das Wasser wird verdampft. Überhitzung ist ausgeschlossen, weil nach Verdampfen des Wassers der Strom selbsttätig unterbrochen wird. Die richtige Wassermenge muß durch Probieren gefunden werden. Die Thermolog-Bügeleisenwerke, München, bringen ein Bügeleisen auf den Markt, bei dem sämtliche stromführenden Teile in keramische Masse gebettet sind; Glimmer und Asbest hat man vermieden. Auch kann jeder Laie mit wenigen Handgriffen den Ein- und Ausbau des Heizkörpers zwecks Umschaltung auf andere Spannung und Kapazität selber vornehmen. — Bei Kühlschränken unterteilt man den Kühlraum, um einmal über verschiedene Temperaturen verfügen, dann aber auch, um die nicht verwendeten Räume im Interesse der Kraftersparnis abschalten zu können. Außerdem braucht im Falle einer Störung nicht die ganze Anlage stillgesetzt zu werden. Es waren Apparate der Frigidaire G. m. b. H., Berlin, der Escher Wyss G. m. b. H., Lindau, von Gebr. Körting, Hannover-Linden, C. G. Haubold, Chemnitz, u. a. zu sehen.

V. Meßgeräte.

Unter den Meßgeräten sind es die Kesselregelungsapparate, auf deren Ausbildung man weiter viele Mühe verwendet. Die Gesellschaft für Meßtechnik m. b. H., Bochum, zeigte Sauerstoffprüfer, bei denen über je eine Platinspirale einmal die mit Wasserstoff vermischte Sauerstoffmenge und ferner reiner Wasserstoff streichen. Je nach der durch die verschiedenen spezifischen Wärmen des Wasserstoffs und Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisches bedingten Temperaturdifferenz ändern die Platinspiralen ihren Widerstand, so daß in einer Brückenschaltung der Sauerstoffgehalt an einem Galvanometer abgelesen werden kann. Der Dichtemesser der Firma beruht darauf, daß ein Schwimmer je nach dem spezifischen Gewicht des Kesselwassers mehr oder weniger tief eintaucht; dadurch wird über zwei stabförmige Widerstände am unteren Teil des Schwimmers, die in Quecksilbersümpfe eintauchen, ein Stromkreis geschlossen; die Stromstärke liefert dann ein Maß für die Dichte. Diese Instrumente sowie ein als Alkalitätsmesser ausgebildeter spannungs-frequenz- und temperaturunabhängiger Elektrolytmesser werden als Anzeige- oder Schreibgeräte ausge-

Digitized by Google

führt und gestatten ohne Nach- und Umrechnung die Feststellung der fraglichen Größen. Der Wasserprüfer von S & H besteht in der Hauptsache aus dem Geber, einem Elektrodengefäß (Abb. 10), dessen besondere Anordnung den Einfluß von Rohr- und Kesselwand beseitigt, und dem Anzeigeinstrument. Der Geber wird als Durchlaufgeber in die Rohrleitungen eingesetzt (Abb. 11). Zur

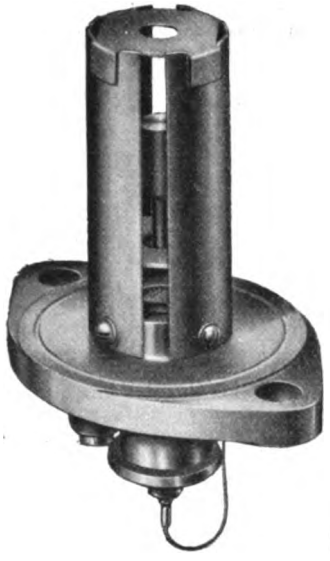


Abb. 10. Elektrodengefäß.

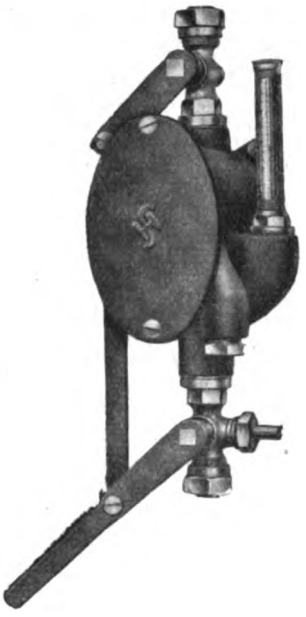


Abb. 11. Durchlaufgeber.

Vermeidung von Polarisationserscheinungen wird eine besondere Art von Brückenschaltung für Wechselstrom (50 Hz) verwendet. Für die Fernübertragung wärmetechnischer Meßgrößen macht die Firma von dem Impuls-Frequenz-Verfahren Gebrauch. Dabei wird die Meßgröße bekanntlich dazu benutzt, die Drehzahl eines Zählers zu beeinflussen, von der wiederum die Zahl der über die Fernleitung gegebenen Impulse abhängt. Diese Arbeitsweise hat den Vorteil, daß Isolationsfehler der Übertragungsleitungen und deren induktive Beeinflussung durch Starkstromleitungen keine Fälschung der Anzeigewerte hervorrufen. Auf der Empfangseite wird die Impulsfrequenz mittels einer Zusammenstellung von Relais und Kondensatoren in eine kontinuierliche, zur Betätigung der Instrumente nötige Anzeige umgewandelt. Das Verfahren wird angewandt bei der zentralen Überwachung von Gasfernleitungen, wobei Druck, Temperatur und Heizwert des Gases an verschiedenen Stellen gemessen werden. Eine elektrische Summenschaltung zur Addition mehrerer Durchflußmengen in einer neuen spannungsunabhängigen Schaltung zum direkten Anschluß an das Starkstromnetz wurde von Bopp & Reuther G. m. b. H., Mannheim-Waldhof, vorgeführt. Ablesegeräte mit doppeltem System für gleichzeitige Ablesung zweier Meßvorgänge, z. B. Feuchtigkeit und Temperatur, waren beim Pyrowerk, Dr. Rudolf Haase, Hannover, zu sehen. Das Eintauchpyrometer der Firma ist verbessert worden dadurch, daß die Erneuerung der dem natürlichen Abbrand ausgesetzten Elementdrähte erleichtert wurde. Die Drähte sind im erweiterten unteren Teile des Ablesegehäuses auf zwei Vorratsrollen aufgespult und ragen am unteren Schaftende 30 cm hervor. Das Oberflächenpyrometer von Keiser & Schmidt, Berlin, dient zur Temperaturmessung erwärmter, runder oder ebener Flächen, die sich auch bewegen können. Zur Aufnahme der Temperatur wird ein Thermoelement benutzt, das aus zwei verschiedenen Metallbändern besteht. An das Thermoelement wird dann ein beliebiger Temperaturzeiger angeschlossen. Infolge der geringen Stärke des bandförmigen Elementes (0,25 mm) erfolgt die Temperaturanzeige bereits nach 5 s.

VI. Schwachstromtechnik.

Die auf dem Radiogebiet ausgestellten Apparate lassen durchgängig das Streben nach weiterer Verbesserung erkennen. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil von Fernempfangsgeräten ist ihre Leistungsreserve, die durch die Röhrenkombination erreicht wird. Bei den für verschiedene Leistungen gebauten Verstärkern von S & H, die größtenteils für Netzanschluß bestimmt sind, fällt besonders die weitgehende Vereinfachung der Bedienung auf. Eine Neuheit ist das Literaphon der Literaphon G. m. b. H., Hamburg, welches Rundfunkempfänger, Sprechmaschine und Lautsprecher mit Netzanschlußbetrieb in sich vereinigt. Die neuesten Apparate für Theaterzwecke von 7, 10, 50, 100 und 200 W zeigt die Klangfilm G. m. b. H. In einer Klangfilmmaschine mit optischem Ausgleich (System Mechau) hat die AEG den notwendigen Gleichlauf des Schallträgers im Lichttongerät oder auf dem mechanisch bzw. elektrisch gekuppelten Plattenzusatz durch Einbau besonderer mechanischer Filter erhöht. Für Lautsprecher hat sich das magnetelektrische System weiter gehalten, allerdings ohne Metalltrichter. Beim elektrodynamischen Lautsprecher ist insofern eine Verbesserung zu verzeichnen, als die Tauchspule nicht wie bisher durch eine Feder gehalten wird, sondern durch ein Gummikreuz („Dynaglob" der Radiophon Co. m. b. H., Berlin). Der von der Firma Hermann Grau, Friedrichshagen, hergestellte magnetdynamische Lautsprecher, bei dem sich ein Anker von 3 g Gewicht vor den Magnetpolen, nicht zwischen den Polen bewegt, dürfte die Lücke zwischen dem normalen magnetischen und dem dynamischen Lautsprecher für Leistungen bis 4 W ausfüllen. Magnetische Stellkräfte sind unnötig, weil der Anker von dem Magnet in der Schwebe gehalten wird und durch diese magnetische Lagerung keine Verspannung erfährt. Für Bastler dürfte der Wellenfischer IV, System Huhle der Tonofax Co., Leipzig, mit einem Wellenbereich von 210 ... 1900 m ein willkommener Spulensatz sein. Die Jenalit G. m. b. H., Jena, führt ihren Universal-Rundfunkstörschutz vor, der sowohl an Empfänger als auch an Hochfrequenz-Heilgeräte, Staubsauger, Heißluftduschen usw. angeschlossen werden kann. Der neue Störschutzkondensator für Motoren, elektrische Klingeln usw. unterscheidet sich von bisherigen Ausführungen dadurch, daß er allseitig fugenlos mit hochwertiger Isoliermasse umgepreßt ist und berührungssichere Anschlüsse besitzt.

Abb. 12. Fahrbarer Röntgenapparat.

Um Röntgenuntersuchungen an verschiedenen Orten eines Betriebes vornehmen zu können, hat die Firma Siemens-Reiniger-Veifa, Berlin, den Apparat auf einen Elektrokarren montiert (Abb. 12). Der Schalttisch ist herausklappbar am Hochspannungserzeuger angebracht, ebenso kann der nach allen Richtungen verstellbare Röntgenröhrenträger während des Transportes zur Seite geklappt werden. Die Regelung erfolgt stufenlos von 10 bis 85 kV Scheitelwert der Röhrenspannung. Bei 185 kV beträgt der Strom 15 mA dauernd. Die Grundfläche ist 100 × 160 cm, die größte Höhe 230 m.

Digitized by Google

Deutsche Stromwirtschaft*.

Von Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. **Robert Haas**, Rheinfelden.

1. Weltstromwirtschaft.

Um die deutsche Stromwirtschaft in ihrer Bedeutung zu erfassen, muß man sie im Rahmen der Weltstromwirtschaft betrachten. Nach einer amerikanischen Schätzung, die vielleicht richtig ist, waren im Jahre 1929 auf der Erde an Maschinenleistung etwa 300 Mill PS vorhanden, die eine Arbeit von 800 Mrd kWh erzeugten; der Anteil an elektrischer Arbeit allein wurde auf 250 Mrd kWh geschätzt. Davon brachten die Vereinigten Staaten von Amerika etwa 100 Mrd kWh und Deutschland etwa 30 Mrd kWh, also nur 12 % des Ganzen auf. Der Wert des Erzeugnisses der Stromwirtschaft ist bedeutend. Rechnet man z. B. mit 4 Pf/verkaufte kWh, so ist der Gesamtwert der Welterzeugung an elektrischer Arbeit etwa 10 Mrd RM, der dem Werte anderer wichtigster Welterzeugnisse nahe kommt (Steinkohle etwa 18 Mrd RM, Roheisen etwa 7 Mrd RM). Da die Bevölkerung der Erde etwas weniger als 2 Mrd Menschen beträgt, käme auf jeden Erdbewohner eine elektrische Arbeitsmenge von 130 kWh im Jahre. Das ist verhältnismäßig viel, wenn man bedenkt, daß die größten Gebiete der Erde noch nicht mit elektrischer Arbeit versorgt werden und diese Ziffer bei weitem diejenige übersteigt, die in ländlichen Gemeinden in Deutschland üblich ist.

2. Möglichkeiten der Entwicklung.

Trotz dieser bemerkenswert großen Ziffer steht der Elektrizitätsverbrauch erst im Anfang seiner Entwicklung. Ein paar Ziffern mögen dies klarlegen. Die V. S. Amerika erzeugten

1912		12 Mrd kWh
1929	rd.	100 „ „

In 17 Jahren hat sich also die elektrische Arbeit verachtfacht. Nun hat Europa einschließlich Rußland dreimal so viel Einwohner als die V. S. Amerika, aber es hat noch lange nicht diesen Verbrauch. Immerhin kann man annehmen, daß der europäische Verbrauch sich in 8 Jahren etwa verdopple und in 15 Jahren vervierfache; denn bisher hat sich ein Stillstand oder ein Abflachen der Entwicklung nicht beobachten lassen. Deutschland selbst steht in den Gesamtziffern zwar oben in der Reihe der europäischen Länder, aber es ist doch noch in weitestem Maße bezüglich seines elektrischen Arbeitsverbrauches entwickelbar. Das zeigt in runden Ziffern der Verbrauch auf den Kopf der Bevölkerung z. B. in folgenden Ländern:

Schweiz	1000 kWh
Kanada	1200 „
V. S. Amerika . . .	900 „
Deutschland	400 „

Es gibt nordamerikanische Staaten, in denen der Verbrauch auf den Einwohner 1500 kWh im Jahre übersteigt.

Auch die eingebauten Leistungen der Kraftwerke stehen in ähnlichem Verhältnis. Die V. S. Amerika haben 33 Mill kW, Deutschland — das übrigens an zweiter Stelle steht — 12 Mill kW in Betrieb, die anderen europäischen Staaten folgen dann in kleinen Abständen.

Wie sehr noch die Entwicklung in Deutschland voranschreiten kann, zeigen folgende Zahlen: Die letzte deutsche Gewerbezählung ergab ungefähr 1 PS Antriebskraft für jeden Arbeiter, während in Amerika die Rationalisierung infolge der hohen Löhne soweit getrieben ist, daß dort schon etwa 3,5 PS auf einen Arbeiter kommen. Da die deutsche Bevölkerung wächst und ernährt werden muß, ist anzunehmen, daß der Verbrauch der Industrie und des Gewerbes an elektrischer Arbeit und Kraft bedeutend zunehmen wird.

Bei uns steckt auch der Verbrauch an Licht und Haushaltstrom noch in den Kinderschuhen. Es wird gespart, die Beleuchtung ist unzureichend, die Verwendung von Strom für Ventilations- und Haushaltzwecke, zur Erleichterung der Büro- und anderen Hilfsarbeitsleistungen in Haus, Werkstatt und Stall noch recht bescheiden. So bewegt sich z. B. der Haushaltstromverbrauch in deutschen Gemeinden zwischen 30 und 80 kWh je Kopf und Jahr, während die Schweiz schon etwa 300 kWh aufweist. Starker Zuwachs ist im Kleingewerbe und in der Landwirtschaft zu erwarten. Nach einer Mitteilung Dr. Passavants von der VdEW würden sämtliche Backöfen in Deutschland, wenn sie elektrisch betrieben wären, etwa 2 Mrd kWh verbrauchen; dies wäre also ein ungefähres Achtel der heutigen Stromerzeugung aus öffentlichen Elektrizitätswerken. Allein die Heißwasserspeicher, die in der Regel ja nur mit Nachtstrom betrieben werden, könnten — wenn nur 10 % der deutschen Haushaltungen sich dieses vorzüglichen und bewährten Gerätes bedienen wollten — 2,5 Mrd kWh brauchen und damit wesentlich zur Verbesserung der Benutzungsdauer der Werke, besonders in der Nacht, beitragen. Auch die Elektrochemie, die immer neue Verfahren für die Verwendung des elektrischen Stromes findet, wird noch große Mengen elektrischer Arbeit benötigen. Dazu käme die Elektrisierung der Eisenbahnen, die ja nur eine Frage der Zeit und des Geldes ist. So hat die Schweiz, obwohl dort die Verhältnisse vielleicht nicht überall besonders günstig liegen, etwa 60 % ihrer Bahnlinien mit elektrischem Antrieb versehen. Wenn wir also heute aus öffentlichen Elektrizitätswerken etwa 15 Mrd kWh abgeben, so müssen wir uns darüber klar sein, daß wir damit doch noch im Anfang der Entwicklung der deutschen Stromwirtschaft stehen.

Oskar v. Miller hat in seinem „Gutachten über die Reichselektrizitätsversorgung“[1] den Verbrauch aus öffentlichen Elektrizitätswerken auf 500 kWh je Kopf und Jahr berechnet, also mehr als das Doppelte des heutigen Verbrauchs, und kommt zu einer Erzeugung von 34 Mrd kWh im Jahre, in einer Zeit, die nach 1935 liegt, etwa in einem Jahre, in welchem seine Vorschläge für die Elektrizitätsversorgung Deutschlands noch nicht überholt sind. Man kann diesen Annahmen zustimmen.

3. Eigene und öffentliche Elektrizitätsbetriebe.

Außerordentlich bezeichnend für die deutschen Verhältnisse ist der verhältnismäßig große Anteil an Eigenbetrieben der Industrie gegenüber den öffentlichen Elektrizitätswerken, welche gegen Entgelt an Dritte elektrische Arbeit abgeben. Ich muß hier auf etwas ältere Zahlen abstellen. Die Abgabe elektrischer Arbeit aus Eigenbetrieben war in

Großbritannien und Irland . . .	45 %
Frankreich	33 „
Schweiz	30 „
V. S. Amerika	20 „
Kanada	9 „
Deutschland	50 „

der Gesamterzeugung. Daß Deutschland noch die Hälfte seiner elektrischen Arbeit in Eigenbetrieben erzeugt, liegt nicht nur daran, daß Berg- und Hüttenwerke, Textilfabriken und andere Abfallwärme haben, die sie verwenden müssen, und daß die Elektrochemie sich eigene Kraftwerke an Wasserläufen und Braunkohlengruben erbaut hat, sondern auch zu einem erheblichen Teil an der Eigenbrötlerei des Deutschen, der „Herr im Hause“ sein will. Er bedenkt dabei nicht immer, daß er einen Teil seines wertvollen Betriebskapitals auf 15 bis 20 Jahre bindet, seine Anlage allmählich veraltet und dadurch kostspielig wird, und daß er bezüglich der Reserven sehr viel schlechter dasteht, als wenn er an ein öffentliches Elektrizitätswerk angeschlossen wäre. Er täte besser, sein Kapital für die Erzeugung seiner Waren oder als Betriebskapital zu verwenden. In Amerika und anderen fortschreitenden Ländern pflegt man die angeblichen, oft nur errechneten Vorteile der Eigenanlagen nicht besonders einzuschätzen.

4. Quellen der Stromerzeugung.

Die Hauptenergieträger in den öffentlichen Elektrizitätswerken sind Wasser und Dampf. In den Privatwerken wird auch Gas aus Hochöfen, Koksöfen und aus anderen Abfallenergieträgern verwendet. Die Wasserkräfte sind nur in denjenigen Ländern zu überragender Bedeutung gelangt, wo die Kohle teurer oder schwierig zu beschaffen und wo anderseits die topographische Gestaltung des Landes die Nutzbarmachung günstiger Gefällsstufen ermöglicht. So sind von den zur Verfügung stehenden Leistungen in Wasserkraftwerken eingebaut in

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 25. II. 1930.

[1] VDI-Verlag, Berlin 1930.

Digitized by Google

Kanada	fast	100 %
Schweiz	„	100 „
Schweden	„	100 „
Italien		80 „
V. S. Amerika		30 „
Deutschland		12 „

Die erzeugte elektrische Arbeit zeigt etwas größere Prozentsätze (Deutschland 16 % aus Wasser), weil die Wasserkraftwerke gewöhnlich eine etwas längere Benutzungsdauer als Dampfwerke haben. So ist Deutschland wegen seines Mangels an guten Wasserkräften in erster Linie auf die Erzeugung des Stromes aus Dampf bzw. Kohle angewiesen. Insbesondere hat die Braunkohle sich das Feld erobert, denn es wird aus Braunkohle heute schon erheblich mehr als die Hälfte der gesamten Stromerzeugung der deutschen öffentlichen Elektrizitätswerke gewonnen. Es ist auch anzunehmen, daß der Ausbau von Dampfkräften Schritt hält mit dem Ausbau der Wasserkräfte, so daß das Verhältnis zwischen Dampf und Wasser von etwa 5 : 1 auch weiterhin bestehen bleiben wird.

5. Besitzverhältnisse.

Auch die Besitzverhältnisse haben in Deutschland eine Gestaltung angenommen, wie man sie in vielen Ländern nicht kennt, insbesondere nicht in den V. S. Amerika. Die öffentliche Hand erzeugte 1928 bereits 57 % der gesamten elektrischen Arbeit gegenüber 15 % aus privaten Unternehmungen; der Rest von 28 % stammte aus gemischtwirtschaftlichen Betrieben. Das Zugreifen der öffentlichen Hand zeigte bisher einen starken Fortschritt. Man darf aber annehmen, daß bei der jetzigen Finanzwirtschaft der Gemeinden und anderer öffentlicher Verbände die Mittel zur weiteren Ausgestaltung oder dem Neubau von Werken knapp sein werden, so daß wohl damit gerechnet werden darf, daß das eine oder andere Werk wieder in Privathände verkauft oder verpachtet wird. Vielleicht braucht man dies nicht zu beklagen. Die großartige Entwicklung der amerikanischen Stromwirtschaft ist sicher z. T. auf den Privatbesitz zurückzuführen. Hier herrscht größere Freiheit der Bewegung, stärkere Entschlußkraft und billigere Wirtschaft. Die Kundschaft ist von Privatwerken nicht schlechter bedient als von Werken im Besitz der öffentlichen Hand. Obwohl letztere in Deutschland z. Z. im wesentlichen steuerfrei sind — was heute etwas sagen will —, sind die Strompreise nicht niedriger als in privaten Werken. Die öffentliche Hand benutzt auch vielfach die Elektrizitätswerke als eine Einnahmequelle über das Maß dessen hinaus, was einer angemessenen Verzinsung des festgelegten Kapitals entspricht.

6. Größenverhältnisse.

In gleicher Weise hat sich auch in den letzten Jahren eine starke Verschiebung in den Größenverhältnissen der Elektrizitätswerke gezeigt. Kleine und mittlere Werke wurden öfters stillgelegt, weil es wirtschaftlicher war, den Strom von großen Werken zu kaufen, als ihn selbst zu erzeugen. Immerhin ist hier noch viel Raum für eine gründliche Rationalisierung gegeben. Von den etwa 1400 deutschen öffentlichen Elektrizitätswerken hatte nur ein Zehntel mehr als 10 000 kW Leistungsfähigkeit. Die anderen waren also für heutige Begriffe schon kleine oder Zwergbetriebe. Diese 139 Werke mit einer Leistungsfähigkeit von über 10 000 kW lieferten im Jahre 1928 schon 87 % der gesamten deutschen öffentlichen Stromerzeugung von 14 Mrd kWh. Daneben wurde in Eigenbetrieben etwa die gleiche Menge elektrischer Arbeit gewonnen. Vier öffentliche Elektrizitätswerke hatten eine Leistungsfähigkeit, die größer war als 10 000 kW, und diese erzeugten etwa ein Viertel des gesamten deutschen Stromes (ohne die Privatwerke).

7. Vergleich der Wasserkräfte und Dampfkräfte.

Die Wasserkräfte haben volkswirtschaftlich dadurch ihre besondere Bedeutung, daß der Energieträger, das Wasser, nicht aufgezehrt wird, sondern immer wieder nachfließt. Es ist also ein ewiges Gut, und man könnte dies um so mehr sagen, als der Großteil der Anlagen eines Wasserkraftwerkes auch für die Ewigkeit gebaut ist; denn eine Veraltung und ein Verschleiß der Hoch- und Tiefbauten findet ja kaum statt. Aber die Wasserkräfte sind unfrei in ihrer Nutzung; denn diese hängt ab von der Spende des Wasserlaufes. Bei den Alpenwasserkräften liegt im Winter alles erstarrt unter Schnee und Eis, nur die Quellen geben spärliche Spenden. Oben auf den Bergen sind sozusagen gefrorene Staubecken, die erst die milden Lüfte des Frühlings, die Sommersonne und der Föhn löst. Dafür herrscht im Sommer Wasserüberfluß. Bei den Hochdruckkräften hat man also eine Kraftfülle im Sommer gegenüber einer Kraftklemme im Winter. Bei den Niederdruckkräften ist die Wasserfülle oft auch noch verlustbringend; denn es findet durch die Auffüllung des Flußbettes im Unterwasser ein Gefällsverlust statt, der die Arbeitsleistung in der $^3/_2$ Potenz vermindert, sobald die Turbinen voll beaufschlagt sind. Bei den Flüssen des Mittellandes herrscht ein anderer Wasserhaushalt. Die Sommer pflegen wasserärmer und die Winter eher wasserreicher zu sein. Aber man kann nicht sagen — wie dies oft in Zeitschriften zu lesen ist —, daß hierdurch ein Ausgleich mit den Alpenwasserkräften stattfände. Der Ablauf des Wassers ist von so vielen Zufälligkeiten der Wetterherrschaft abhängig, daß Mangelzeiten und Kraftfülle bei den Alpenkräften und bei den Mittellandkräften sehr wohl zusammentreffen können. Man darf also auf diesen Ausgleich nicht zu große Hoffnungen setzen.

Die Wasserkräfte sind an den Ort der Erzeugung gebunden, während Dampfkräfte — wenigstens die, welche Steinkohle verfeuern — an den Platz des Verbrauches hinrücken können. Ich erinnere nur an die beiden großen Werke, die jetzt bei Berlin erbaut worden sind.

Die unregelmäßige Spende der Gewässerläufe führt also zu gewissen Zeiten einen Mangel herbei, der durch Reserven (Speicherwerke, Dampfwerke oder Stromzukauf) auszugleichen ist; zu anderen Zeiten herrscht Kraftfülle, die wegen ihres unregelmäßigen Auftretens nur schwer wirtschaftlich Verwendung finden kann. Ein weiterer Nachteil der Wasserkräfte ist der Zwang, sie sogleich — wenigstens in den wichtigsten Teilen — für die ganze Leistung auszubauen. Das bedingt eine schwierige wirtschaftliche Anlaufzeit für die ersten Entwicklungsjahre. Der Hauptgrund aber, der in heutiger Zeit — wenigstens in Deutschland — den Ausbau von Wasserkräften erschwert, ist der große Kapitalbedarf. Auf die Einheit der Leistung gerechnet, sind Wasserkräfte drei- bis fünfmal so teuer wie Dampfkräfte, und das bedeutet bei dem Kapitalmangel, den hohen Zinsen und Steuern eine erhebliche Erschwerung des Ausbaues. Dann sind die meisten Wasserkräfte nicht mehr vergrößerungsfähig. Es sind daher hier der Entwicklung Grenzen gesetzt, oder man muß sich bei der Erbauung neuer Wasserkraftwerke auf Stromzukauf oder Reservewerke vorbereiten. Demgegenüber kostet allerdings der Energieträger, das Wasser, so gut wie nichts.

Bei den Dampfkraftwerken ist nur ein viel geringeres Kapital, vielleicht 300 RM/kW nötig (bei Wasserkräften 1000 bis 3000 RM), und man kann das Werk zunächst, entsprechend dem kleineren Anfangsbedarf, in beschränktem Umfange ausbauen, um es später in dem Maße, wie der Bedarf steigt, zu vergrößern.

Bei den Wasserkraftwerken sind die Jahreskosten fast unabhängig von der Menge des abgesetzten Stromes, weil die Betriebskosten gegenüber den Kapitalkosten fast verschwinden. Bei Dampfkraftwerken gibt es zwar auch einen erheblichen Anteil an festen Kosten, aber ein ebenfalls bedeutender Anteil der Jahresausgaben ist abhängig von der Zahl der verkauften Kilowattstunden, und so passen sich die Ausgaben von Anfang an sehr viel besser den Einnahmen an. Diesen Vorteilen der Dampfwerke steht allerdings der volkswirtschaftliche Nachteil entgegen, daß die Kohle — ein Nationalschatz — aufgezehrt wird und dauernd verloren ist. Daneben findet hier eine schnelle Veraltung und ein bedeutender Verschleiß der Anlagen statt, die hohe Abschreibungen bedingen. Man muß annehmen, daß ein neuzeitiges Dampfelektrizitätswerk in 15 Jahren bereits veraltet ist.

Diese allgemeinen Verhältnisse haben sich in der Zeit nach dem Kriege des weiteren recht zu ungunsten der Wasserkräfte verschoben. Die Baukosten eines Wasserkraftwerkes sind um etwa 60 %, die Zinsen um ebensoviel teurer geworden als in der Vorkriegszeit; die Steuern haben sich verdrei- und vervierfacht. So ergibt sich, daß eine Kilowattstunde aus einem Wasserkraftwerk heute wenigstens zweimal so viel kostet, wie sie vor dem Kriege gekostet hätte; hierbei ist allerdings der Geldentwertung nicht Rechnung getragen.

Bei den Dampfwerken sind zwar die Bauten auch um 60 % teurer geworden, aber da die gesamten Baukosten doch nur ein Bruchteil derjenigen eines Wasserkraftwerkes sind, fällt dies nicht so stark ins Gewicht. Dazu kommt, daß man heute große Werke baut und sehr große Einheiten aufstellt, so daß der Einheitspreis für das Kilowatt Leistungsfähigkeit kaum teurer geworden ist als bei den kleineren Werken der Vorkriegszeit. Nun hat aber die Wärmetechnik solche Fortschritte gemacht, daß man aus 1 kg Kohle etwa die doppelte Anzahl von Kilowattstunden erzeugen kann. Da der Kohlenpreis gegenüber der Vorkriegszeit weniger gestiegen ist als andere Kosten und jedenfalls unter dem Doppelten geblieben ist, sind

Digitized by Google

trotz der hohen Steuern und des hohen Zinses erhebliche Ersparnisse eingetreten. Im großen ganzen kann man also sagen, daß die Kilowattstunde aus Großdampfkraftwerken heute eher etwas billiger geworden ist als in den Werken vor dem Kriege. Wenn demnach bei einer Vergleichsrechnung vor dem Kriege ein Wasserkraftwerk den Strom etwa ebenso teuer liefern konnte wie ein entsprechendes Dampfwerk, so würde heute bei einer Vergleichsrechnung sich ergeben, daß der Strom aus dem Wasserkraftwerk doppelt so teuer wäre wie vor dem Kriege. Dieser Umstand bedingt also eine sorgfältige Prüfung des Ausbaues neuer Wasserkräfte. Sobald die Benutzungsdauer einer Wasserkraft erheblich ist, werden durch die große Teilungsziffer die Preise für die Kilowattstunde rasch billiger; deswegen kann man sich öfters bei voraussichtlich langer Benutzungsdauer eines Wasserkraftwerkes eher zu dessen Ausbau entschließen. Im Zweifelsfalle sollte man aus den oben erwähnten allgemeinen volkswirtschaftlichen Gründen eher zum Ausbau von Wasserkräften schreiten, wobei immerhin für deutsche Verhältnisse der Kapitalmangel ein schweres Hindernis ist.

8. Braunkohlenwerke.

Sehr viel günstiger liegen die Verhältnisse für Dampfwerke bei Braunkohlengruben. Dieser Brennstoff hat zwar nur ein Drittel des Wärmeinhaltes der Steinkohle, aber er ist auch sechs- bis zehnmal billiger als die Steinkohle. Allerdings kann man Braunkohle nur auf geringe Entfernungen verfrachten, so daß zu den Kosten der Erzeugung entweder die Kosten der Kraftübertragung oder die Kosten der Ansiedlung der Industrie in der Nähe des Braunkohlenvorkommens hinzutreten. Mit der Braunkohle kann man bei 8000 h Benutzungsdauer des Werkes heute die Kilowattstunde zu 1 Pf an Ort und Stelle, einschließlich einer angemessenen Verzinsung des Anlagekapitals, erzeugen. Bei solchen Preisen ist es nicht zu verwundern, wenn gewisse Großindustrien, die viel Strom brauchen, sich an der Braunkohle ansiedeln und eher geneigt scheinen, die Wasserkräfte zu verlassen, die auch meist frachtlich ungünstiger liegen als die Braunkohlenwerke. Von dem Vorteil des billigen Braunkohlenstromes macht in erster Linie die Elektrochemie, bei der der Strom einen Rohstoff darstellt, Gebrauch. Der billige Braunkohlenstrom, der namentlich in der Nacht zu noch geringerem Preise in Ansatz gebracht werden kann — weil hier nur ein zusätzlicher Verbrauch gerechnet zu werden braucht —, kann es wirtschaftlich erscheinen lassen, reine Pumpspeicherwerke mit Hilfe von Braunkohlenstrom in der Nacht mit Wasser zu füllen, um am Tage daraus Spitzen- und Zusatzkräfte zu gewinnen. Ein solches Beispiel hat u. a. das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk durch sein Werk bei Herdecke gegeben. Unsere Zukunft in der Stromwirtschaft liegt also nicht „auf dem Wasser", sondern „auf der Braunkohle". Leider aber nicht sehr lange, denn unsere Braunkohlenvorräte werden in vielleicht 100 Jahren im wesentlichen aufgezehrt sein.

9. Der Strom als Handelsware.

Die Elektrizität ist nicht stapelbar wie andere Waren; sie ist das am meisten dem Verderb ausgesetzte Gut, das wir haben. Fließt das Wasser statt durch die Turbinen über das Wehr, so ist diese Energie für alle Zeiten verloren und kann nie wieder gewonnen werden. Im Augenblick der Erzeugung muß die elektrische Arbeit verwendet sein oder im Augenblick des Bedarfes muß sie erzeugt werden. Nun muß die Leistungsfähigkeit eines solchen Werkes für die Stunde des größten Bedarfes ausreichen. Während des größten Teiles des Jahres und des Tages wird aber die Leistungsfähigkeit nicht vom Bedarf erreicht. Der Bedarf schwankt in den Stunden des Tages und in den Jahreszeiten, und der mittlere Verbrauch ist meistens nur ein Drittel von dem, was das Werk im Jahre an Leistung zu erzeugen vermöchte. Alle Überlegungen drängen also zur besseren Ausnutzung des Kapitals, der Organisation und auch der Wärmeausbeute, d. h. zu einer längern Benutzungsdauer. Dann teilen sich alle festen Unkosten durch eine größere Ziffer, und es tritt infolge dieser hohen Benutzungsdauer eine Verbilligung des Stromes ein. Durch diese Verbilligung kommt es auch zu einer Vermehrung des Bedarfes, und dieser Zuwachs an Verbrauch verbilligt wieder die Erzeugung. So streben Ursache und Wirkung, sich gegenseitig befruchtend, dem höchsten Maß zu, das erreicht werden kann, wenn dieser Bewegung geholfen wird. Es ist viel wichtiger, die Benutzungsdauer des Elektrizitätswerkes durch geeignete Tarife, billigen Nacht- und Haushaltstrom zu vergrößern, als etwa im Betrieb $^1/_{10}$ kg Kohle zu sparen. Mit den veralteten Tarifen, wie sie heute noch manchmal bei Elektrizitätswerken in Übung sind, ist eine solche Entwicklung nicht möglich. Dazu gehört auch noch ein inniger Verkehr mit den Abnehmern, ein wirklich eifriger Dienst am Kunden und die Loslösung von dem Begriff, daß das Elektrizitätswerk eine Behörde sei, die als Monopolunternehmen nach Belieben diktieren dürfe. Das verständnisvolle Eingehen auf die Bedürfnisse der Bevölkerung und der Verbraucher ist der erste Schritt zur weiteren Entwicklung der Wirtschaftlichkeit unserer Werke.

10. Verlängerung der Benutzungsdauer.

Außerhalb des Kundendienstes kann zur Verbesserung der Benutzungsdauer noch weiter dadurch beigetragen werden, daß an Sonntagen und in der Nacht noch Möglichkeiten zur Nutzbarmachung der Leistungsfähigkeit der Werke gegeben sind. Diese Lücken in der Belastung, die auch z. T. am Tage auftreten, bedeuten Kapital-, Arbeits- und Wärmeverluste. Man kann diese Lücken dadurch teilweise wirtschaftlich ausbeuten, daß man eine gleichmäßigere Belastung durchführt und die so gewonnene Arbeit speichert. Das kann durch eine Speicherung der Wärme in Ruthsspeichern geschehen. Es kann dies aber auch in Pumpspeicherwerken stattfinden, wobei wir auf die Anlagen Niederwartha und Herdecke und auf einige theoretische Arbeiten hinweisen können. Es zeigen geeignete Rechnungen, daß Pumpspeicherwerke, selbst wenn sie mit Dampfstrom bedient werden, noch wirtschaftlich sein können[2].

Da die Elektrizität nicht verpackt und auf Eisenbahnen versandt werden kann, vielmehr auf Kupferbahnen bis zur letzten Verbrauchstelle geführt werden muß, bedingt der Verkauf der Elektrizität eine hohe Kapitalanlage. Um all dieses Kapital wirklich nutzbar zu machen, ist immer wieder die lange Benutzungsdauer nötig, die nur durch geeignete Einstellung gegenüber dem Kunden zu erzielen sein wird.

11. Kleinnetze.

Ein Hindernis für die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauches sind auch viele kleine Dorf- und Stadtgemeinden, die ein eigenes Netz besitzen und betreiben, den Strom aber vom Elektrizitätswerk im großen einkaufen. Diese technisch und wirtschaftlich meist wenig sachverständig geleiteten Zwergunternehmen, die ein verkrüppeltes Dasein führen und welche einen Kettenhandel mit Strom treiben, sind ein Hindernis für die freie Entwicklung. Zahlen, die uns bekannt geworden sind, ergeben, daß der Stromverbrauch in diesen Eigenbetrieben kaum wächst und meistens nur die Hälfte desjenigen beträgt, wie er in anderen, von Elektrizitätswerken betriebenen Gemeinden zu sein pflegt[3].

12. Gesetzgebung.

Die Gesetzgebung hat sich in Deutschland nur einmal mit der Elektrizitätswirtschaft befaßt. Es ist dies das berühmte Gesetz über die Sozialisierung vom 31. XII. 1919. Man darf es als ein großes Glück ansehen, daß dieses Gesetz nicht durchgeführt worden ist, denn es hätte zu einer Zersplitterung der deutschen Elektrizitätswirtschaft geführt. Der Zusammenschluß der Stromerzeugungs- und Stromfortleitungsanlagen hat sich allmählich von selbst und aus freiem Entschluß entwickelt. Der Zustand, wie er jetzt herrscht, scheint fortzuschreiten und in nicht allzu ferner Zukunft eine vernünftige allgemeine deutsche Stromwirtschaft zu verheißen.

13. Zusammenschluß.

Der Zusammenschluß der Werke ermöglicht namentlich eine Ersparnis an Reserven und führt zur Stillsetzung unwirtschaftlicher Betriebe. Diesen ganz logischen Gedankengängen steht noch oft der Ehrgeiz kleiner Elektrizitätskönige und Stadtväter entgegen, aber die neue Zeit wird auch über diese verfehlten Anschauungen hinwegschreiten.

14. Großleitungen und Austausch.

Zum Zusammenschluß der Werke gehören starke Leitungen, die heute meist für Spannungen über 100 kV, ja bis zu 380 kV, eingerichtet werden. Sie verbinden einmal die Krafterzeugungstätten miteinander und diese mit dem Verbrauch; sie führen von den Kohlenlagerstätten zur Wasserkraft, von der Steinkohle zur Braunkohle, zunächst meist — den deutschen Verhältnissen entsprechend — von Norden nach Süden. Sie ermöglichen die

[2] Haas u. Kromer, Die Wirtschaftlichkeit von Pumpspeicherwerken, ETZ 1928, S. 599.

[3] Haas u. Braun, Stromwirtschaft in kleinen Stadt- und Landgemeinden, ETZ 1930, S. 56.

Digitized by Google

Schonung der Kohlenvorräte während der Nacht und im Sommer, wo die Wasserkräfte Überschuß haben, und helfen bei dem Wintermangel der Wasserkräfte aus. Diese gewaltigen Frachtbahnen für elektrische Arbeit dürfen aber kein Monopol werden. Sie müssen vielmehr — ähnlich wie die Eisenbahnen — bereit sein, gegen angemessenes Wegegeld elektrische Arbeit zu befördern; dies natürlich innerhalb vernünftiger wirtschaftlicher Möglichkeiten. Dieser Wunsch nach Ausgleich zwischen Mangel und Fülle macht auch nicht mehr Halt vor den Landesgrenzen. Sowohl die Weltkraftkonferenz 1926 in Basel wie der Völkerbund haben sich mit solchen Fragen des Transportes elektrischer Arbeit über die Landesgrenzen in zustimmendem Sinne beschäftigt. Ein zwischenstaatlicher Ausgleich zwischen Überschuß und Mangel ist durchaus am Platze und besonders hier, weil ja die Elektrizität so schnell verdirbt. Dem stehen noch Behörden und Gesetzgebung entgegen, die — man weiß es nicht, warum — die Ein- und Ausfuhr elektrischer Arbeit durch Gesetze oder Vorschriften erschweren, verhindern oder verderben. Auch das wird im Laufe der Jahre durch Vernunft und zwingende Umstände überwunden werden.

Der Außenhandel Deutschlands in Elektrizität ist bescheiden; es wurden 1929 etwa je 200 Mill kWh aus- und eingeführt.

15. Zukunftsentwicklung.

Wirft man einen Blick in die Zukunft, so werden große Werke an billigen Erzeugungstufen, also an der Braunkohle, Schlammkohle, Staubkohle und an guten Gefällstufen der Wasserkräfte erbaut werden. Die kleinen Werke werden allmählich verschwinden oder noch eine Zeit als Reserven dastehen und dann wohl verfallen. Der Zusammenschluß mit dem Ausland wird nicht ausbleiben, und man wird Wasserkraftstrom aus der Schweiz und Österreich zur Streckung unserer Kohlenvorräte beziehen, und es scheint mir nur eine Frage der Seekabel zu sein, daß man auch aus Skandinavien, wo ungewöhnlich günstige Wasserkräfte vorhanden sind, Strom beziehen und zu Zeiten der Wasserklemme Strom nach dort liefern wird. Es werden sich ferner die Tarife allmählich den Bedürfnissen der Bevölkerung besser anpassen und dadurch ein verstärkter Absatz an Elektrizität möglich werden. Der Gesamtverbrauch wird steigen, und es wird auch zwischen den Völkern und Ländern ein friedlicher Ausgleich im Geben und Nehmen elektrischer Arbeit möglich sein.

Für Deutschland selbst kann vielleicht das Gutachten Oskar v. Millers, das er auf Wunsch des Reichselektrizitätsbeirates für den Reichswirtschaftsminister ausgearbeitet hat, eine gewisse Übersicht bieten. v. Miller rechnet damit, daß folgende Werke zu bauen sind:

Laufwasserkraftwerke	1,2	Mill kW
Speicherwasserkraftwerke . .	1,6	„ „
Braunkohlenwerke	3,1	„ „
Steinkohlenwerke	4,4	„ „
	10,3	Mill kW,

wovon 1,8 Mill kW Reserve sind. Daneben

11 200 km Doppel-Hochspannungsleitungen,
9 600 km Einfach-Hochspannungsleitungen

bei einem Kapitalaufwand von 3,7 Mrd RM. Dieser Aufwand scheint nicht besonders hoch, wenn man bedenkt, daß die V. S. Amerika z. Z. mehr als 4 Mrd RM im Jahre für die Elektrizitätswirtschaft festlegen.

16. Schlußwort.

Die Elektrizitätswirtschaft ist eine Schlüsselwirtschaft. Durch die Lieferung der Kraft werden erst wirtschaftliche Möglichkeiten aufgeschlossen. Unsere Aufgabe sollte es sein, viel Kraft zu schaffen, denn man kann sagen, daß bisher alle Kraft, welche bereitgestellt worden ist, auch verbraucht wurde. Daß die Kraft billig sein muß, ist selbstverständlich. Dies kann erreicht werden durch wirtschaftliche Erzeugung, Vermeidung von Kapitalverschwendung, lange Benutzungsdauer, vernünftige Tarife und durch einen wohldurchdachten und mit Freude gehandhabten Kundendienst.

Licht bringt Leben, und Kraft gibt Arbeit. Von jeder Pferdestärke, die der Industrie und dem Gewerbe geboten wird, lebt ein Arbeiter und damit vier Menschen, die zu ihm gehören. So halten wir unser Volk im Lande, schaffen aus Arbeit Brot und vermindern die Zahl der Erwerbslosen. Wir arbeiten so am Wiederanstieg unseres Landes. Das ist eine Aufgabe, des Schweißes der Edlen wert.

Man hat uns Deutschen viel genommen, aber die Kraft ist uns geblieben.

Die elektrischen Bahnen in der tschechoslowakischen Republik.

Von **F. Niethammer**, Prag.

Übersicht. **Es werden die für die Elektrisierung der Prager Bahnhöfe benutzten elektrischen Lokomotiven Bauart Kolben, Skodawerke, Siemens—Breitfeld—Danek, Krizik—BBC—Breitfeld—Danek sowie Adamstaler M. F.—Metropolitain—Vickers in allen Einzelheiten beschrieben. Am Anfang werden das Unterwerk am Wilson-Bahnhof sowie der weitere Ausbau der Elektrisierung und am Schluß die Fahrleitung nebst Entwicklung der Triebwagen erwähnt.**

Über das Thema dieses Aufsatzes habe ich bereits früher in der ETZ berichtet[1] und alles Grundsätzliche samt einer Lokomotivtabelle mitgeteilt. In der Zeit von Mai bis Oktober 1928 kamen die 16 Oberleitungslokomotiven mit 1500 V Gleichstrom auf dem Wilson-Bahnhof und den davon ausgehenden Teilstrecken in die Vorortbahnhöfe in Betrieb, insgesamt 25 Strecken-km mit 65 km elektrischem Gleis. Bei diesem geringen Umfang können sich natürlich die Vorteile des elektrischen Betriebes betriebstechnisch und wirtschaftlich nicht auswirken, um so mehr als der Lokomotivwechsel in so kurzen Abschnitten unangenehm empfunden wird. Ein wichtiger Grund für die Elektrisierung war die Rauchplage am Wilson-Bahnhof und dem anschließenden Weinberger Tunnel[2]. In nächster Zeit sollen vor allem die gesamten Vorortstrecken, die von Prag ausgehen, einschließlich Prag—Vrany, im wesentlichen durch Motorwagenzüge elektrisiert werden, zunächst die Strecke Prag—Zditz, die dann bis Pilsen verlängert wird. Auch für die Strecke Prag—Böhm. Trübau ist ein Elektrisierungs-Projekt ausgearbeitet. Das Unterwerk am Wilson-Bahnhof, das den Überlandstrom mit 22 kV, 50 Hz in Gleichstrom von 1500 V umformt, erhält außer den ursprünglichen zwei Doppel-Einankerumformern von 1000 und 2000 kW der Českomoravska-Kolben-Danek noch BBC-Quecksilberdampf-Gleichrichter von 4270 kW (Abb. 1).

[1] ETZ 1927, S. 1838.

[2] Nicht ohne Interesse ist es, daß inzwischen die Stadt Prag für den Straßenverkehr namentlich zur Müllabfuhr eine große Zahl Dampfkraftwagen „Sentinel", die sehr wirtschaftlich arbeiten, eingeführt hat; sie entladen den Müll in offene Güterwagen, sollen aber wieder verkauft werden.

Die 16 Lokomotiven sind teils als Güterzug-, teils als Personenzug-Lokomotiven gebaut. Einzelne Teile der 16 Lokomotiven sind von Haus aus genormt worden, und auf allen Lokomotiven ist dann dieselbe Bauart von derselben Firma einheitlich verwendet worden, so die Scherenstromabnehmer (Abb. 2). Bauart Westinghouse, gebaut von der Böhmisch-Mährischen-Kolben-Danek, die Kolbenkompressoren mit Filter unter dem Dach und Kühler sowie Behälter auf der vorderen Plattform von der Adamstaler Maschinenfabrik, die Kreiselkompressoren für 5 ... 7½ at Bremsdruck von der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur, die Meßapparate und die Heizung von Siemens. Inzwischen sind weitere Lokomotiven gleicher Bauart bestellt worden.

1. Lokomotiven der Českomoravska-Kolben-Danek.

Sowohl die Güterzuglokomotive (Reihe E 436 001 bis 436 004) als auch die Personenzuglokomotive Reihe E 466 101) sind von der Českomoravska-Kolben-Danek als Doppeldrehgestell-Fahrzeuge AA + AA mit Tramantrieb nach Abb. 3 ausgeführt.

Für diese beiden Bauarten gelten folgende Angaben:

	E 4360 (Güterzug-lokomotive)	E 4661 (Personen-zuglok.)
Gesamtes Lokomotivgewicht einschl. Vakuumbremse in kg	64 000	64 000
Reibungsgewicht in kg	64 000	64 000
Triebachszahl	4	4
höchste Betriebsgeschwindigkeit km/h	60	90
höchste Prüfgeschwindigkeit km/h . .	75	110
Länge der Lokomotive in mm . . .	12090	12090
Drehzapfenentfernung in mm	5400	5400
Arbeitsbereich des Stromabnehmers, gemessen vom Gleis in mm	4560 ... 7000	4560 ... 7000
Durchmesser der Triebräder in mm . .	1100	1000
Motorzahl	4	4
jeder Motor für Volt	750	750

Digitized by Google

Antrieb: Tramantrieb, Zahnräder mit federnder Kupplung	E 4360 (Güterzug-lokomotive)	E 4661 (Personenzug-lokomotive)
Zahnradübersetzung	16 : 63	21 : 58
Stundenleistung der Lokomotive am Radumfang in PS bei 1500 V, normales Feld	1720	1720
Dauerleistung der Lokomotive in PS bei 1500 V und normalem Feld	1190	1190
Zugkraft in kg bei Stundenleistung, verstärktem und normalem Feld	13200	9100
Zugkraft in kg bei Dauerleistung und verstärktem Feld	8300	5700
bei normalem Feld	7400	5100
Lokomotivgeschwindigkeit in km/h bei 1500 V und normalem Feld bei Stundenleistung	36	52
bei Dauerleistung	43,5	63,5
Bremsen: Handbremse, Druckluft- und Vakuumbremse		
Gewicht des mechanischen Teiles in kg	36500	36500
Gewicht der elektrischen Ausrüstung in kg	25500	25500
Gewicht auf einer Triebachse „ „	16000	16000
ungefedertes Gewicht auf einer Triebachse (halbes Motorgewicht) in kg	4010	4010
Steuerung	elektropneumatisch	

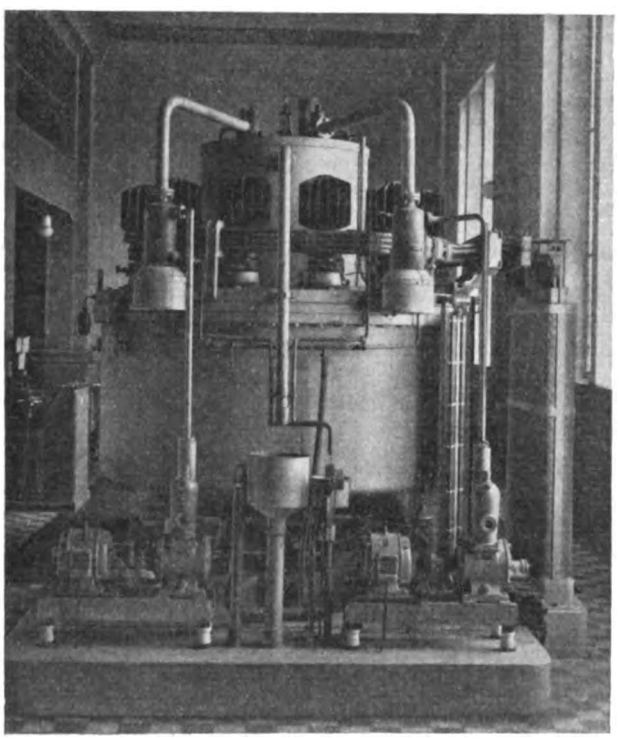


Abb. 1. BBC-Quecksilberdampf-Gleichrichter für 4270 kW, 1500 V im Wilson-Bahnhof, Prag.

Alle Teile der Lokomotive müssen ohne Schaden zu nehmen bei 2000 V arbeiten und bis 800 V herunter betriebsfähig sein. Der Lokomotivkasten ruht auf den Gestellen mittels eines H-förmigen Zwischenträgers zwecks Entlastung der Drehzapfen. Jede der zwei Handbremsen, deren Spindel mitten durch den Drehzapfen führt, erzeugt 48 % des Lokomotivgewichtes am Radumfang. Mit der Druckluftbremse erzielt man 84 % des Lokomotivgewichtes am Radumfang. Es sind acht mit Fußtritt betätigte Sandbehälter für zusammen 600 kg Sand vorhanden, der mit Druckluft ausgeworfen wird, ferner zwei Druckluftpfeifen, ein registrierender und ein direkt zeigender Geschwindigkeitsmesser, zwei Manometer, ein Vakuum-Manometer und drei Stromzeiger. Die Zahnradkränze bestehen aus an der Luft gehärtetem Chromnickelstahl, dessen Brinellsche Zahl 500 ist, entsprechend 170 kg/mm². Die Kommutatoren der Motoren sitzen abwechselnd links und rechts, für 1500 V sind die Motoren 1 und 3, 2 und 4 zusammengefaßt, so daß beim Ausfallen einer Motorgruppe immer noch zwei, u. zw. in jedem Drehgestell ein Motor weiter arbeiten. Neben Polsterschmierung haben die Lager auch die Friedmann-Druckschmierung, die von der Triebachse angetrieben wird und mit elektrischer Heizung aus der Batterie versehen ist.

Die Schaltung der Lokomotive ist in Abb. 4 wiedergegeben. Die elektropneumatische Westinghouse-Steuerung arbeitet normal mit 5 at, aber auch bis 3,5 at noch einwandfrei. Es sind vier wirtschaftliche Geschwindigkeiten vorgesehen: Reihe, Parallel und jeweils Feldverstärkung. Der Übergang von Reihe auf Parallel geschieht mit Nebenschließung einer Motorgruppe, Herstellung der Parallelschaltung und Auflösung des Nebenschlusses.

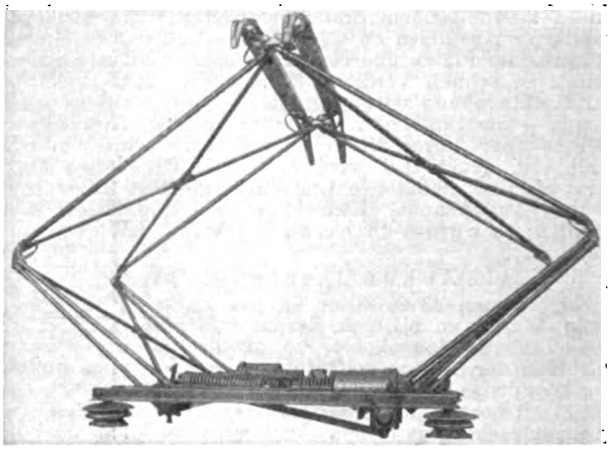


Abb. 2. Scherenstromabnehmer der Böhmisch-Mährischen-Kolben-Danek (Bauart Westinghouse).

Es wurde auf die Möglichkeit der nachträglichen Stromabnahme von dritter Schiene geachtet. Für den Betrieb ist nur ein Stromabnehmer nötig, außer im Winter bei Eis, wo dann der vordere (Abb. 2) Stromabnehmer das Eis entfernt, der zweite den Strom abnimmt. Beim Anfahren kann ein Stromabnehmer 2500 A, dauernd 1000 A bei einer Geschwindigkeit von 115 km/h abnehmen. Die zwei Bügel jedes Stromabnehmers passen sich mit einem Spiel von 60 mm den kleinen Schwankungen der Fahrdrahthöhe an, ohne daß das schwere Parallelogramm sich bewegen muß. Das Kupfer der leicht auswechselbaren Schleifstücke ist weicher als der Fahrdraht. Durch 13 Kolbenhübe mit der Handpumpe wird der Stromabnehmer bei der ersten Inbetriebsetzung der Lokomotive gehoben. Im Betrieb geschieht das Senken mit Preßluft, das Heben mit Feder. Auf jedem Führerstand ermöglichen vier Druckknöpfe das Heben und Senken beider Stromabnehmer getrennt. Die vorgesehenen Sicherheitsverriegelungen schalten beim Besteigen des Daches und beim Öffnen der Tür zum Hochspannungsraum den Hauptschalter aus und senken den Stromabnehmer. Alle diese Sicherheitsverriegelungen liegen bei Kupplung mehrerer Lokomotiven in Reihe.

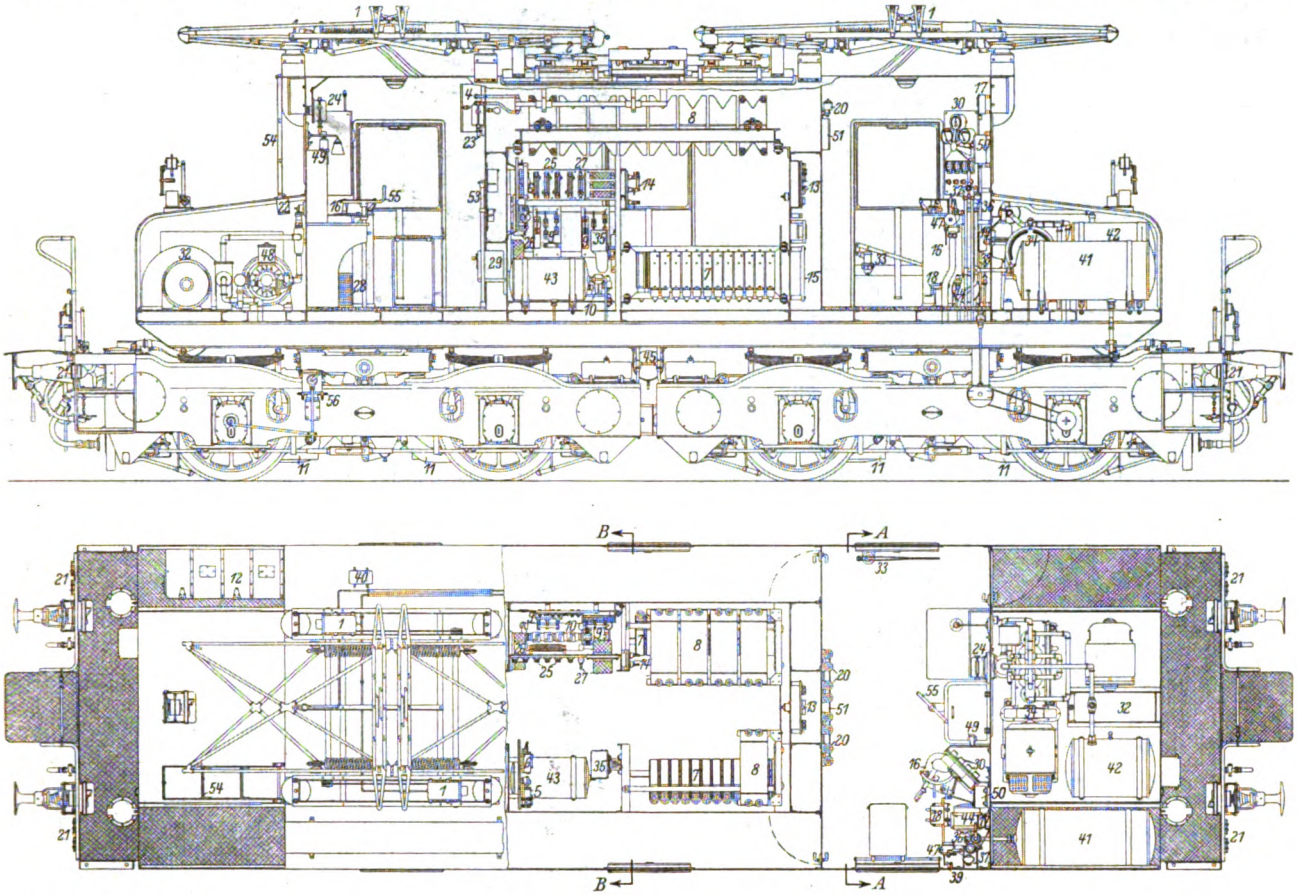
Bei Motordefekt wird nur eine Motorgruppe lahmgelegt und kurzgeschlossen. Jede Motorgruppe hat ein eigenes Maximalrelais gleich hinter dem Hauptschalter, einstellbar von 400 bis 1500 A, welches den Steuerstromkreis unterbricht. Die Wiedereinstellung dieses Relais ist nur nach Rückführung der Schaltwalze in die Nullstellung durch Betätigung des Steuerstrom-Umschalters möglich; es ist auf den 1,5fachen Motorstundenstrom eingestellt. Die Hauptsicherung ist für beide Motorgruppen gemeinsam und für ungefähr doppelten Motorstundenstrom bemessen. Ein Spannungsrelais unterbricht den Steuerstrom, wenn die Fahrdrahtspannung unter 800 V sinkt. Es sind 2 × 25 elektropneumatische Schützen (Abb. 5) vorgesehen, jedes für dauernd 350 A. Eine Federkraft von 55 kg hält das Schütz offen und Preßluft von 5 at schließt es mit 125 kg. Jedes Schütz ist aus zwei in Reihe geschalteten Schützen aufgebaut, welche gleichzeitig den Strom einer Motorgruppe unterbrechen. Der Lokomotivstrom wird also von vier Schützen geschaltet. Jedes Schütz und auch seine Bestandteile sind ohne Ausbau der daneben befindlichen Schützen auswechselbar. Einige wichtige Schützen haben Blockierungskontakte zur Einhaltung der richtigen Schaltreihenfolge. Der Fahrtwender (Abb. 6) schaltet die Erregung um. Am mittleren Teil des Daches hängen die Gußeisenwiderstände nach innen in 30 Rahmen, isoliert auf isolierten Schienen.

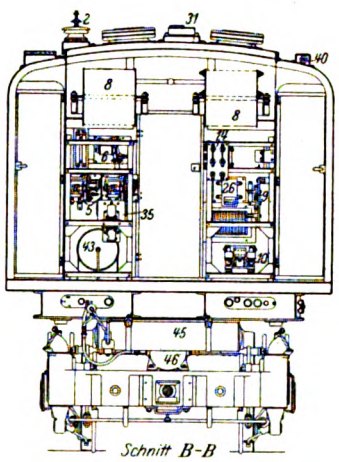
Die Feldschwächung der Motoren geschieht durch Abschalten von wirksamen Erregerwindungen (Abb. 4). Der Motorwirkungsgrad bei normalem und verstärktem Feld bei 750 und 675 V und maximal 915 U/min schwankt

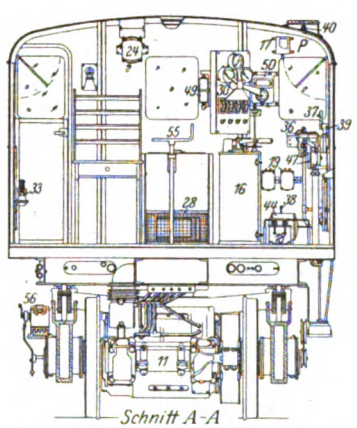
Digitized by Google

zwischen 91,6 und 93,1 %. Der normale Luftbedarf ist 37 m³/min bei 100 mm Wassersäule. Die elektrische Isolationsprüfung erfolgt mit 4750 V, 50 Hz im warmen Zustand 1 min lang.

Die Hilfs- und Meßstromkreise zeigt Abb.7. Vor den Hilfseinrichtungen liegt ein konstanter Widerstand. Die Hilfsmotoren werden ohne Anlaßwiderstand unmittelbar auf 1500 V geschaltet. Jeder Hilfszweig hat eine eigene 1500 V-Sicherung, jeder Hilfsantrieb einen Handschalter mit Magnetbläser. Jeder der beiden zweipoligen Reihenschlußmotoren für die Zentrifugalventilatoren (je 83 m³/min, 110 mm Wassersäule) der Hauptmotoren leistet 4,6 kW, 1450 U/min, bei 1350 V. Zwei Lokomotiven haben den Turbokompressor KLL 12 der





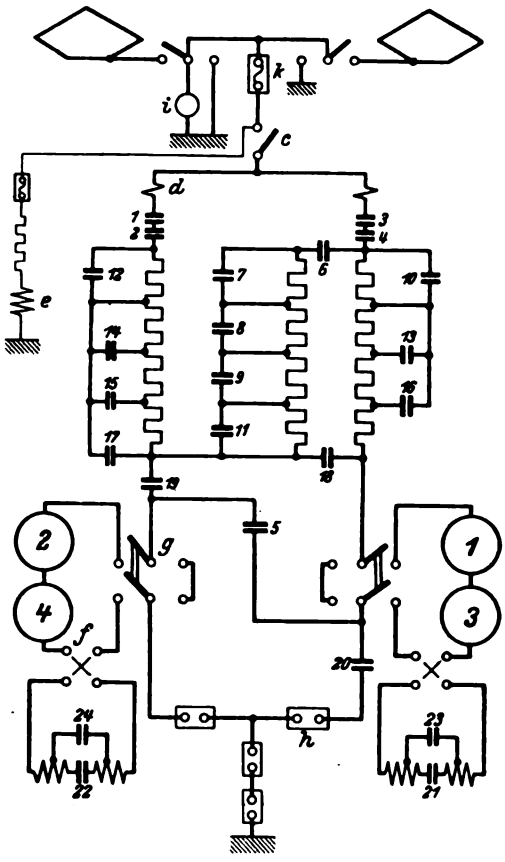


1 Scherenstromabnehmer
2 Dach-Stromabnehmer-Trennschalter
3 Hauptsicherung
4 Haupttrennschalter
5 Maximalrelais
6 Minimalrelais
7 pneumatische Schützen
8 Hauptwiderstände
9 Ausschalter zum Abtrennen der Motorgruppen
10 Fahrtwender
11 Hauptmotoren
12 Kasten für die Akkumulatorenbatterie
13 Verteilertafel für die Akkumulatorenbatterie
14 Umschalter zur Akkumulatorenbatterie
15 Klemmbrett für den Steuerstromkreis
16 Kontroller
17 Ausschalter für den Steuerstromkreis u. Rückstellvorrichtung des Maximalrelais
18 Fußschalter für die Sandstreuer
19 Druckknöpfe für die Stromabnehmer
20 elektropneumatische Ventile
21 Steckdosen zur Vielfachsteuerung der Lokomotiven
22 Druckknopf für die Blockierung der Leiter
23 Stangenschalter für die Hilfsstromkreise f. 1500 V (Kompressor, Vakuumpumpe, Ventilatoren, Heiz- und Kochapparate)
24 Stangenschalter für den Heizkörper in der Führerkabine
25 Sicherungen für die Hilfstromkreise f. 1500 V (Kompressor, Vakuumpumpe, Ventilatoren, Heiz- und Kochapparate)
26 Elektrizitätszähler
27 Trennschalter für die Hilfsstromkreise 1500 V
28 Heizkörper in der Führerkabine
29 Kochapparat (für Speisen)
30 Pult mit elektr. Meß- u. Bremseinrichtungen
31 Blitzschutz
32 Ventilatoren zur Kühlung der Hauptmotoren
33 Handpumpe für den Stromabnehmer
34 Kolbenkompressor
35 Druckregler für den Kompressor
36 Hauptventil für die Druckluftbremse der Lokomotive und des Zuges
37 Hahn der Druckluftbremse der Lokomotive
38 Bremseinrichtung
39 Druckknopf für die Pfeife
40 Pfeife
41 Hauptluftbehälter 300 l
42 Hauptluftbehälter 200 l
43 Steuerungs-Luftbehälter 80 l
44 Ausgleichs-Luftbehälter
45 Luftbehälter für die Bremswalzen
46 Bremswalze
47 Vakuumschieber der Druckluftbremse
48 Kreisel-Vakuumpumpe
49 Feuerlöscher
50 Geschwindigkeitsmesser
51 Schrank für die Fackel
52 Fahrdrahthaken
53 Ausschaltstange
54 zusammenklappbare Leiter
55 Handbremse
56 Schmierpresse f. die Triebachs-Tatzenlager u. Gleitlager

Abb. 3. Elektrische Lokomotive der Böhmisch-Mährischen-Kolben-Danek.

Digitized by Google

Schweizer Lokomotivfabrik Winterthur, er ist zweistufig und leistet 120 m³/h bei 1500 U/min und 7 atü und wiegt 280 kg. Die zwei restlichen Lokomotiven sind mit Kolben-Kompressoren der Adamstaler Lokomotivfabrik versehen, u. zw. für 90 m³/h, 300 U/min mit Übersetzung 1 : 5, angetrieben von einem Motor mit 15,1 kW Halbstundenleistung, 1450 U/min, 1350 V; der Motor wiegt 500 kg. Der Antriebsmotor für die Saugpumpe von der Schweizer Lokomotivfabrik Winterthur leistet 5,15/2,6 kW bei 725/1500 U/min, 1350 V.



c Haupttrennschalter
d Maximalrelais
e Spannungsrelais
f Fahrtwender
g Ausschalter zum Abtrennen der Motorgruppen
h Meß-Nebenschluß
i Blitzschutz
k Hauptsicherung

Abb. 4. Schaltplan der Kolben-Lokomotiven.

Den Steuerstromkreis (Abb. 8) speist eine Batterie von 48 V, an der auch die Beleuchtung und ein Kochapparat liegen. Es sind 24 Elemente, Type III GO 39, 85 Ah bei 10 h-Entladung. Die Ladung der Batterie erfolgt unmittelbar aus dem 1500 V-Netz durch den Arbeitsstrom der Ventilator- und Saugpumpmotoren. Ist die Batterie geladen, so wird der Strom direkt zum Gleis abgeleitet (Abb. 7). Der Hauptschalter für den Steuerstrom am Führerstand hat eine dritte Stellung, auf der die Maximalrelais der Motorgruppen in die Ruhestellung zurückgestellt werden. Die Schaltwalze (Abb. 9) hat 26 Stellungen, davon 16 Serienstellungen, 10 Parallelstellungen, u. zw. je drei für die Feldschwächung. Der Zugführer, für den beim Lokomotivführer ein Tischchen samt Sessel und Lampe und ein Heizkörper vorgesehen ist, wird den zweiten Maschinisten ersetzen. Das Handrad für die Handbremse ist zwischen dem Zugführer und Lokomotivführer angeordnet. Die Rückseite des Führerstandes bildet die 48 V-Tafel. Jeder Führerstand hat eine Löscheinrichtung für Lichtbogen hoher Spanung.

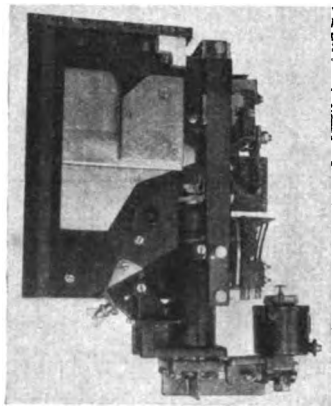


Abb. 5. Elektropneumatisches Schütz, Haube abgenommen (Kolben).

2. Lokomotiven der AG. vormals Skodawerke.

Die Stundenleistung der Personenzuglokomotive 1 A + AA + A 1 der AG. vormals Skodawerke Reihe E 466 001 ... 466 003 beträgt 1600 PS, die Dauerleistung 1320 PS am Triebradumfang (s. Abb. 10 sowie Abb. 2 in ETZ 1927, S. 1840). Auf jede Achse treibt ein Doppelmotor über Zahnräder 1 : 3,65 bei hochliegendem Schwerpunkt.

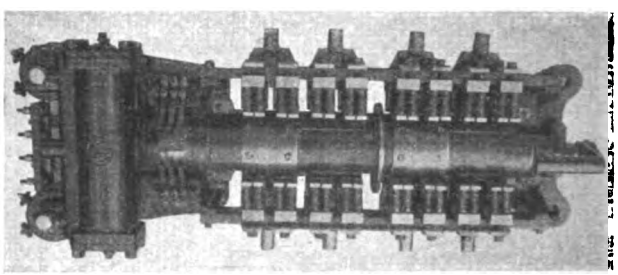


Abb. 6. Fahrtwender (Kolben).

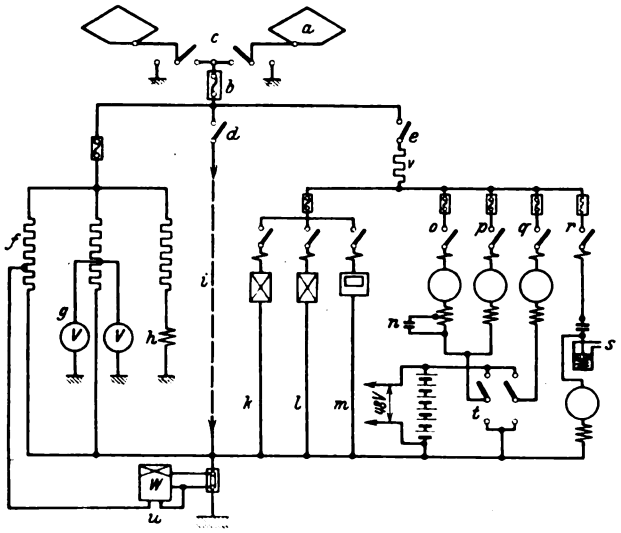
Triebrad-Dmr. 1490 mm, 16 t Achsdruck, Laufrad-Dmr. 1019 mm, 10 t Achsdruck. Gewicht des mechanischen Teiles 50 t, der elektrischen Ausrüstung 34 t, zusammen 84 t. Größte Zugkraft am Radumfang 16 000 kg, für 1 h 8600 kg, Dauerzugkraft 6500 kg. Im nicht geteilten Lokomotivrahmen aus Blech von 25 mm Stärke sind die zwei mittleren Triebachsen AA gelagert. Je eine der äußeren Triebachsen A bildet zusammen mit einer Laufachse zu beiden Seiten der Lokomotive ein Drehgestell, das ein Drehzapfen mit dem Rahmen verbindet. Die Drehzapfen können in einer Ebene senkrecht zur Lokomotivachse bis 65 mm ausschwenken. Die Rückführung besorgen starke Federn; zwei weitere Federn führen den Lokomotivrahmen auf zwei Gleitflächen des Drehgestells. Zwei seitliche Blattfedern übertragen einen Teil des Gewichtes des Lokomotivkastens unmittelbar auf das Drehgestell zwecks Dämpfung der durch das Drehgestell hervorgerufenen Stöße. Die zwei ersten Zahnradsätze sind links, die anderen rechts angeordnet. Die Skoda-Gelenkkupplung (Abb. 11) zwischen großem Zahnrad mit gefedertem Zahnkranz (Abb. 12) und Triebrad hat Kugelgelenke und ermöglicht bei 45 mm radialem Spiel der Hohlwelle als Parallelogramm-Stangensystem eine Übertragung mit ganz gleichförmiger Geschwindigkeit.

Im Führerstand (Abb. 13) ist auf der rechten Seite der Lokomotivführertisch, rechts davon das Bremsventil, das Manometer, ein Geschwindigkeitsmesser, die eingebaute Schaltwalze, der Schalter für Hilfsantriebe, ein Spannungszeiger der Fahrdrahtspannung, ein Stromzeiger für den Summenstrom, zwei Stromzeiger für je eine Doppelmotorgruppe. Auf der linken Seite ist der Zugführertisch. Es sind Fensterwischer gegen Regen und Schnee vorgesehen. Ein Seilzug an der Decke des Führerstandes betätigt einen Hilfschalter, der den Hauptschalter der Lokomotive auslöst, ein Zuggriff die Pfeife.

Digitized by Google

Auf der Rückseite des Führerstandes befindet sich die Verteilertafel mit Schaltern und Sicherungen für Licht und Heizung. Das Handbremsrad ist in der Mitte zwischen Lokomotiv- und Zugführerstand untergebracht. An der Vorderwand der Schaltwalze (Abb. 13) ist ein Wellenende für ein Handrad vorgesehen zur mechanischen Steuerung der Lokomotivschützen für den Fall einer Störung im Hilfsstromkreis. Die Handbremse und Druckluftbremse für die Lokomotive und den ganzen Zug arbeiten wie in Abschn. 1 angegeben. Für die Übergangszeit ist auf der Lokomotive ein Vakuumbremssatz (Bauart Hardy) für die Zugbremsung angebracht. Die zentrale Druckölschmierung für Lager und Drehzapfen der Lokomotive wird durch eine von der Triebachse angetriebene Pumpe gespeist. Die Lager der Haupt- und Hilfsmotoren werden gesondert geschmiert, sie können aber auf zentrale Druckölschmierung umgeschaltet werden.

Die Steuerung der Hauptmotoren erfolgt elektromechanisch mit 48 V aus einem Steuerstromgenerator, der gemeinsam mit dem Bremskompressor und der Vakuumpumpe angetrieben wird, und aus einer Akkumulatorenbatterie als Reserve. Die Motoren der Hilfstromkreise werden elektropneumatisch gesteuert. Den Stromabnehmer halten Federn hoch, während Druckluft ihn herunterdrückt; unten wird er durch einen Riegel festgehalten, der pneumatisch gelöst werden kann. Der Arbeitshub ist 2440 mm, der Druck von 12 kg auf den Fahrdraht praktisch konstant. Jeder Stromabnehmer nimmt beim Anfahren 2500 A ab, bei 110 km/h 1000 A. Er ist gebaut für maximal 5000 V. Der Bügel ist aus kurzen, leicht auswechselbaren Kupferstücken aufgebaut, die Aluminiumhörner sind wichtig bei Kreuzungen und Weichen. Unten an den Hörnern sind Nasen, damit der Draht nicht unter den Stromabnehmer geraten kann. Die Arbeitsbreite des Stromabnehmers ist 1200 mm. Die Gelenke der Stromabnehmer sind mit Kabeln überbrückt. Zum Schutz gegen Hochfrequenz-Überspannungen und zur Erhöhung der



a Stromabnehmer	*f* Zähler	*p, q* Ventilatoren
b Hauptsicherung	*g* Voltmeter	*r* Kompressor
c Trennschalter	*h* Spannungsrelais	*s* Druckluftregler
d Trennschalter für die Hauptstromkreise	*i* Hauptstromkreise	*t* Lade-Umschalter
e Trennschalter für die Hilfstromkreise	*k, l* Heizkörper	*u* Wattstundenzähler
	m Kocher für Speisen	*v* Widerstand
	n Nebenschließschütz	
	o Saugpumpe	

Abb. 7. Hilfstromkreise (Kolben).

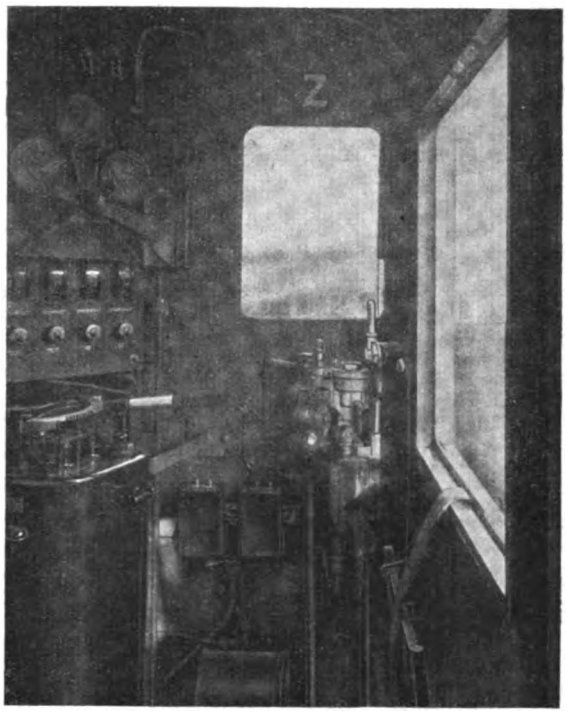
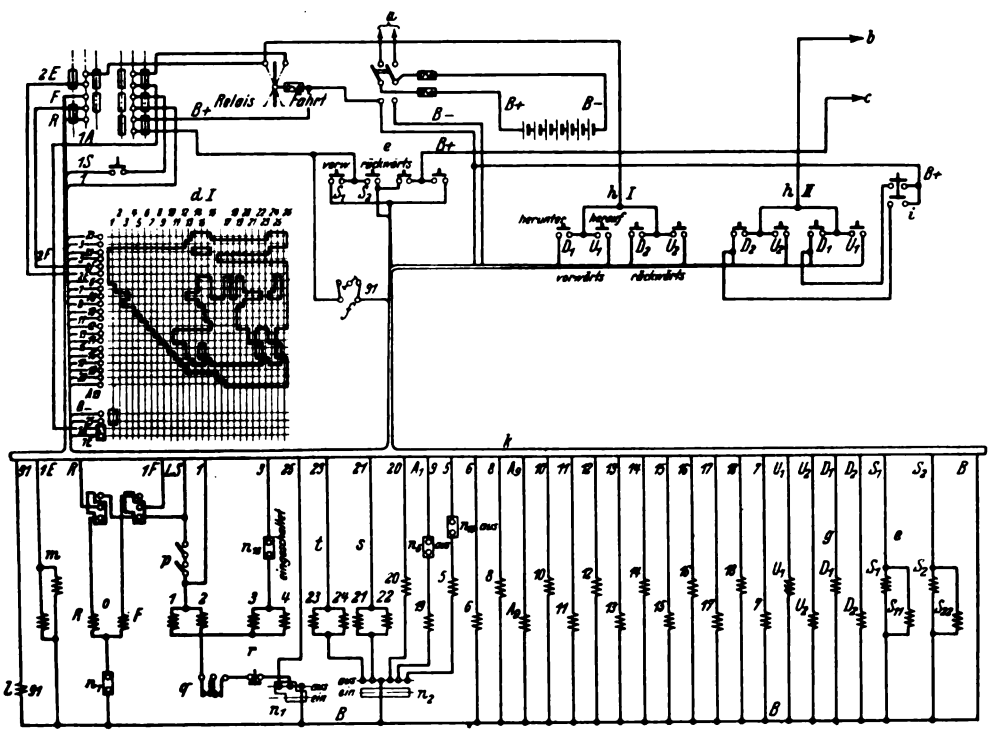


Abb. 9. Führerstand mit Schaltwalze (Kolben).



a	zur Ladesteckdose
b	zum Umschalter II des Steuerstromkreises
c	zur Steuerwalze II
d	Steuerwalze I
e	Sandstreuer
f	Bremsschieber der Vakuumbremse
h	Führerstand I
h II	Führerstand II
i	Blockierung der Steigleiter
k	durchlaufende Leitung
l	Pumpenschütz
m	Rückstellspule des Maximalrelais
n_1	Schütz 1 eingeschaltet
n_2	Schütz 2 ausgeschaltet
n_5	Schütz 5 ausgeschaltet
n_{18}	Schütz 18 eingeschaltet
n_{19}	Schütz 19 ausgeschaltet
o	Fahrtwender
p	Schalter zum Abtrennen der Motorgruppen
q	Maximalrelais
r	Hauptstromschützen
s	verstärktes Feld
t	normales Feld
D, U	Stromabnehmer-Schalter

Abb. 8. Steuerstromkreise (Kolben).

Digitized by Google

Selbstinduktion des Hauptstromkreises, die wegen der Kompensationswicklung der Motoren klein ist, dient eine Drosselspule (Abb. 14), um beim Abspringen und Wiederberühren des Stromabnehmers in rascher Fahrt Kommutatorfeuer zu vermeiden.

Der Hauptschalter mit Überstrom- und Nullspannungsrelais ist ein Schnellschalter. Das Nullspannungsrelais löst, wenn die Fahrdrahtspannung unter 800 V sinkt, elektropneumatisch aus. Bei Kurzschluß ist die Ausschaltzeit 0,02 s. Der Hauptschalter kann vom Führerstand auch elektropneumatisch und im Notfalle mit Seilzug mittels Handgriffs ausgeschaltet werden. Die Hauptschaltwalze (Abb. 15) hat 22 Stufen: 10 für Motoren in Reihe, 3 Übergangstufen, wobei ein Doppelmotor durch Widerstand nebengeschlossen wird, 6 für Motoren parallel, 3 parallel mit Feldschwächung. Es kommen 3 verschiedene Größen von Schützen in Anwendung, nämlich für die Reihenparallelschaltung (in Abb. 15 in der Mitte), zum Kurzschließen der Widerstandstufen (in Abb. 15 in der Mitte) und endlich zum Abschalten der Feldspulen (beiderseits an den Enden in Abb. 15). Der ganze Strom wird mit einem besonderen Schütz unterbrochen. Die 38 Schützen mit hammerartigen Kontakten ohne Wälzbewegung haben magnetische Bläser und werden alle von einer gemeinsamen Nockenwelle betätigt, die über eine Gallsche Kette von einem Hilfsmotor (Abb. 16) angetrieben wird; im Notfalle ist auch Handantrieb möglich. Die einzelnen Stufen der Gußeisen-Widerstände unterhalb des Daches bestehen aus zwei gleichen parallelgeschalteten Teilen, damit beim Springen des einen der Strom nicht unterbrochen wird. Besondere Kanäle belüften diese Widerstände.

Die zwei Fahrtwender (Abb. 17) für die zwei Motorengruppen betreibt je ein elektrisch gesteuerter Druckluftmotor.

Die vier Doppelmotoren mit je 425 PS bei 1350 V und 650 U/min (Abb. 18) sind vierpolig mit Wendepolen und Kompensationswicklung. Es sind drei Stufen zur Feldschwächung durch Abschalten von Windungen vorgesehen mit 82,5 %, 57,5 %, 40 % der normalen Erregung. Die Stufe 40 % macht die Kompensationswicklung unentbehrlich. Die Rotorachsen laufen in Pfannenlagern mit Ringschmierung. Bei einer der drei Lokomotiven werden Wälzlager eingebaut. Die Kühlluft tritt durch die perforierten Lagerschilder ein und wird auf der Kommutatorseite ausgeworfen. Jeder Doppelmotor wiegt 4900 kg bei einem Wirkungsgrad von 90 %. An allen Triebachsen sind

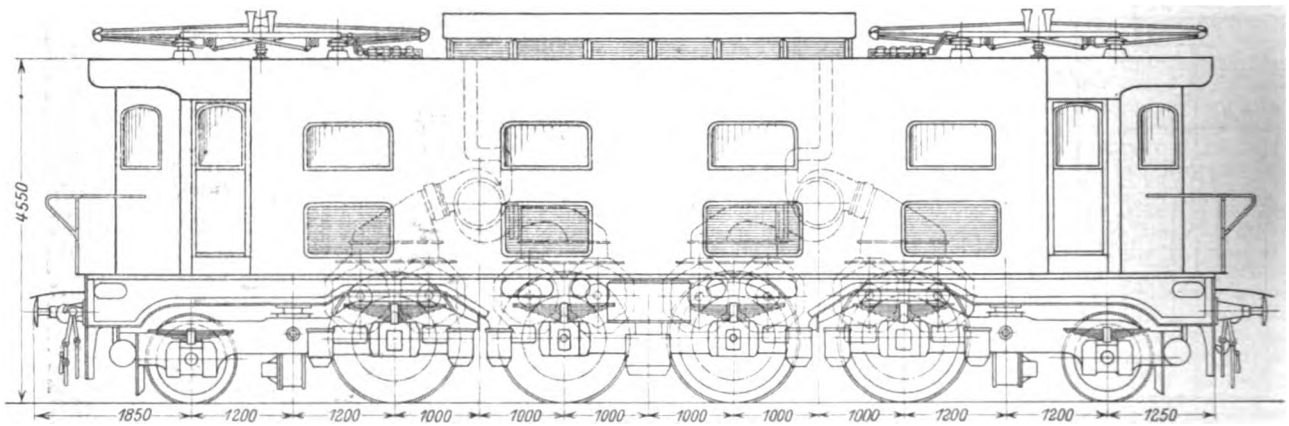


Abb. 10. Personen- und Schnellzuglokomotive der AG. vorm. Skodawerke.

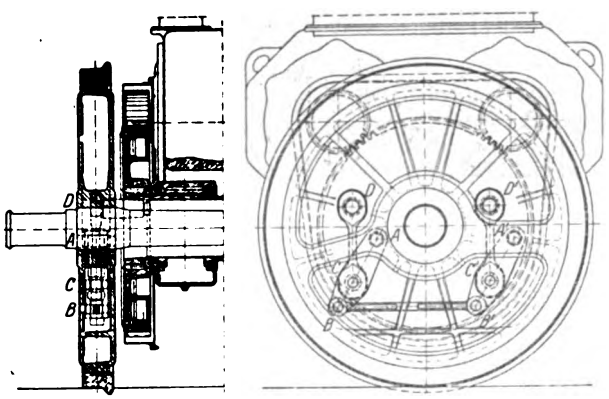


Abb. 11. Skoda-Gelenkkupplung.

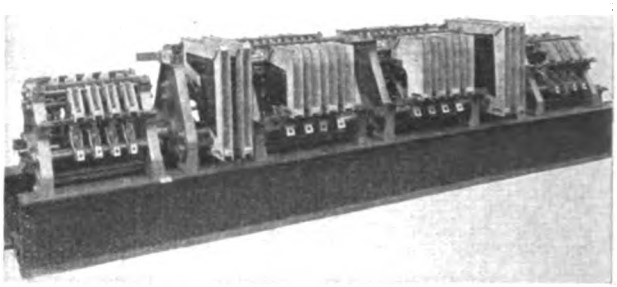


Abb. 15. Hauptschaltwalze (Skoda).

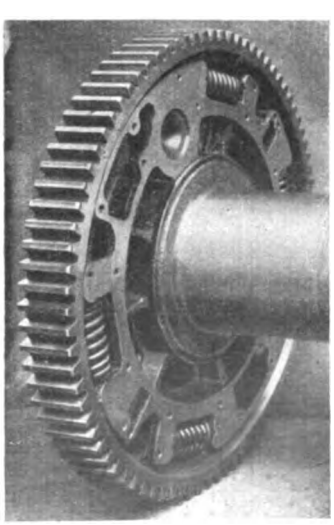


Abb. 12. Gefederter Zahnkranz (Skoda).

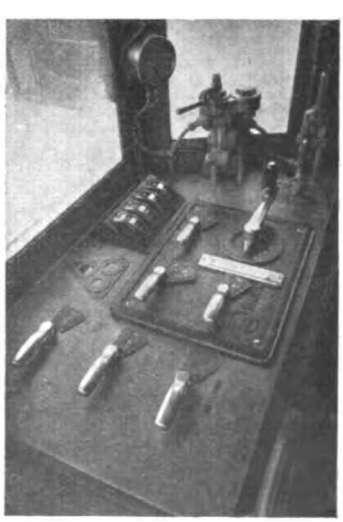


Abb. 13. Führerstand einer Skoda-Lokomotive.

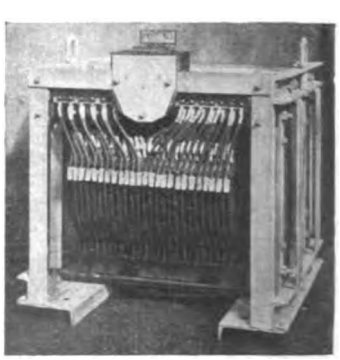


Abb. 14. Drosselspule im Hauptstrom (Skoda).

Digitized by Google

Schleifschuhe angebracht, zu denen auch die Erdungskontakte für die Stromabnehmer in heruntergedrücktem Zustand führen.

Die Steuerwalze (Abb. 19) mit Impulssteuerung wird mit vier Klinken mechanisch verriegelt. Die Stromabnehmerklinke macht bei heruntergedrücktem Stromabnehmer die Lokomotive unbedienbar. Durch die in zwei Richtungen verstellbare Hauptklinke wird der Steuerumschalter betätigt, der den Strom des Servomotors umschaltet und auch die Schützenschaltwalze (Hauptschaltwalze Abb. 15) im oder gegen den Uhrzeigersinn dreht. Acht Umdrehungen des Hilfsmotors (Abb. 16) von 1 PS, 48 V, 110 U/min entsprechen einer Stufe der Schützenschaltwalze. Für die genaue Lage des Hilfsmotors sorgt der Steuerschalter mit der Steuerwalze und Arretierungseinrichtung. Die tatsächliche Stellung der Hauptschaltwalze wird am Führerstand durch ein Zeigerbild angegeben.

Diese Impulssteuerung (Abb. 20) ermöglicht eine einfache gleichzeitige Steuerung von mehreren Lokomotiven. Zur Vielfachsteuerung zweier Lokomotiven sind acht Kabeladern und zusammen mit den Hilfsantrieben und Signalen ein zwanzigpoliger Stecker nötig, wobei die Hauptschaltwalzen genau synchron gedreht werden müssen. Das geschieht mittels einer Hilfschaltwalze, welche den Kreis der Hilfsmotoren gleichzeitig einschaltet und unterbricht. Der gestörte Synchronismus wird sofort durch Signale angezeigt. Bei der Notsteuerung entspricht einer Handradumdrehung eine Stufe an der Hauptschaltwalze, was ebenfalls am Führerstand durch Zeigerbild gemeldet wird. Wird an einem Führerstand gearbeitet, so führt der zweite keinen Steuerstrom.

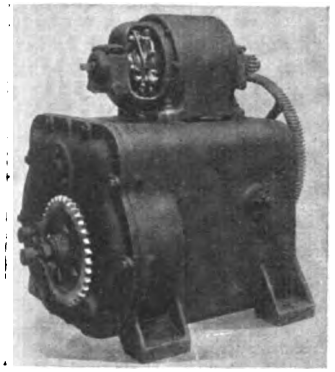


Abb. 16. Hilfsmotor für den Antrieb der Hauptschaltwalze (Skoda).

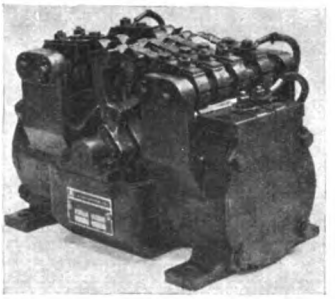


Abb. 17. Fahrtwender (Skoda).

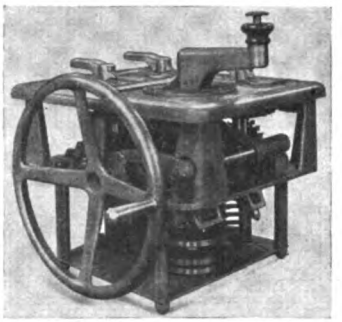
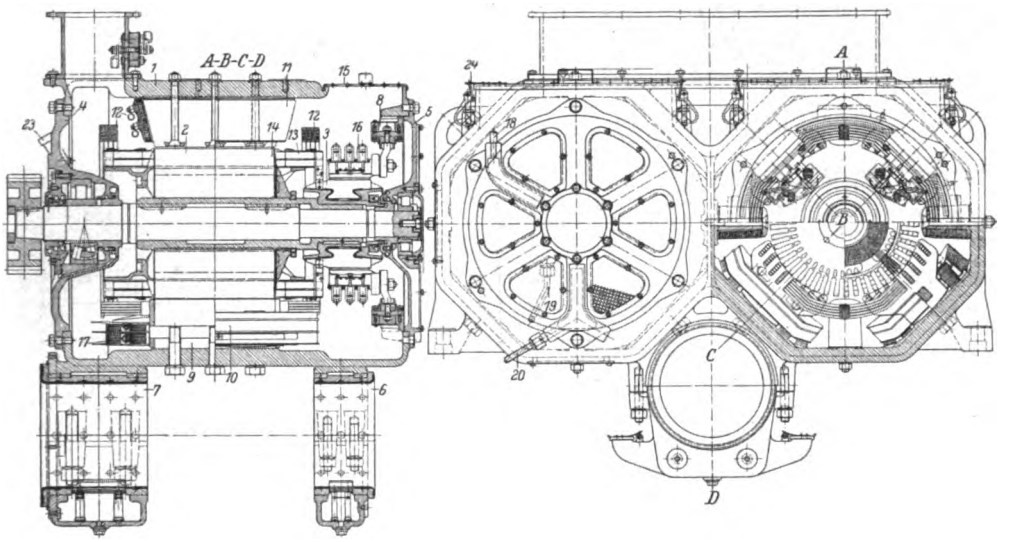


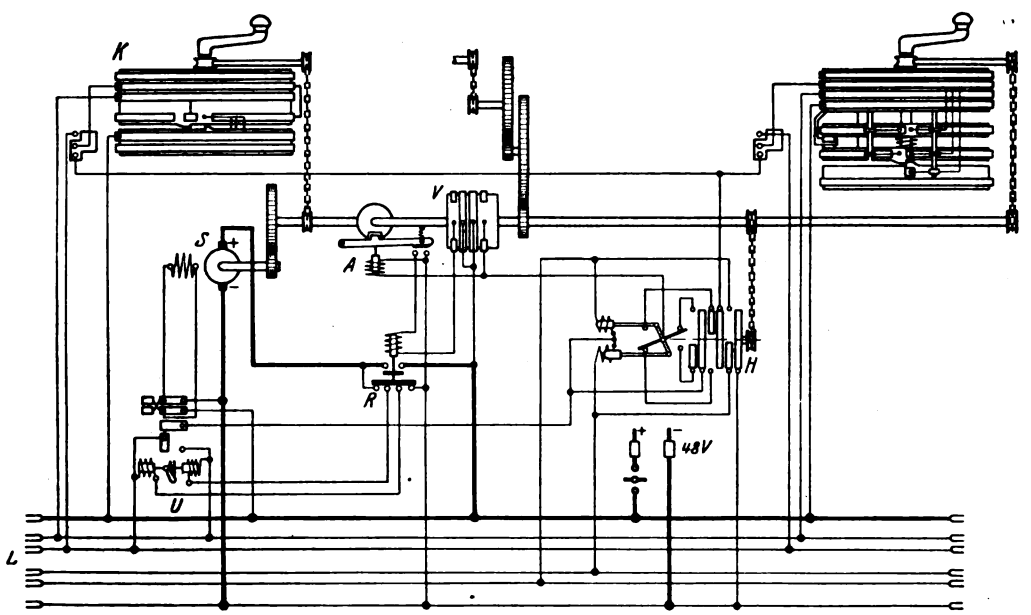
Abb. 19. Steuerwalze (Skoda).



1 Stator
2 Rotor
3 Kommutator
4 Motorschild, Zahnradseite
5 Motorschild, Kommutatorseite
6, 7 Lager für Hohlwelle
8 Ring mit Bürstenhaltern
9 Hauptpol
10 Hauptpolwicklung
11 Wendepol
12 Kompensationswicklung
13 Ankerwicklung
14 Blechpaket
15 Gitterdeckel für Kühluftaustritt
16 Bürsten
17 Kühlkanäle der Erregerwicklung
18, 19, 20, 23 Schmierkanäle
24 Verschlußklappe für Kommutator

Abb. 18. Doppelmotor der Skodawerke.

Die beiden Ventilatoren für je 230 m³/min, 95 mm Wassersäule treibt je ein zweipoliger Reihenschlußmotor von 10 kW Dauerleistung 1500 U/min, 1350 V, die Knorr-Druckluftpumpe (von 79 m³/min, 7 at) mit 4 Zylindern (2 Niederdruck-, 2 Hochdruckzylindern) mit Zwischenkühlung mit Zahnradübersetzung ein Motor von 12 kW, 1500 U/min, 1350 V, eingeschaltet durch einen Druckregler in den Grenzen 5 und 7 at. Die Vakuumpumpe ist eine Zentrifugalpumpe der Lokomotivfabrik Wi-



A Verriegelungsklinke, die die Nockenwelle freigibt
H Hilfschaltwalze zur Erzielung gleichzeitigen Arbeitens der Vielfachsteuerung mehrerer Lokomotiven
K Steuerwalze (Abb. 19)
L Vielfachsteuerleitungen
R Servomotorschalter
S Hilfsmotor (Abb. 16)
U Steuerumschalter
V Kontaktvorrichtung, die den Strom nach einem Impuls unterbricht

Abb. 20. Schaltbild der elektromechanischen Impulssteuerung (Skodawerke).

Digitized by Google

terthur für 245 m³/min Luft, 500 mm Quecksilbersäule, angetrieben durch einen 1500 V-Motor von 7 PS Halbstundenleistung bei 1450 U/min mit geschwächtem Hauptfeld. Der Motorgenerator von 1500 V auf 50 V läuft konstant mit 3000 U/min bei 900 ... 1650 V, was durch eine Gegenkompoundierung erreicht ist. Er nimmt 2,5 kW bei 1350 V auf, hat einen Zweistufenanlasser und leistet 1,5 kW bei 50 V und Fremderregung. Auch die Reihenschlußerregung geschieht fremd zwecks richtigen Zusammenarbeitens mit der Batterie, die max. 65 V erhält. Es sind zwei parallele Gruppen von je 24 Elementen mit 57 Ah je Gruppe bei 10stündiger Entladung eingebaut. Auf jedem Führerstand sind zwei Heizkörper für 1500 V, 1,2 kW und ein Wärmer für den Lokomotivführer von 500 W, 60 V.

Die von den Skodawerken für die tschechoslowakischen Staatsbahnen gebaute Güterzug- und Verschublokomotive B+B nach Abb. 21 hat eine Stundenleistung von 800 PS bei 30 km/h, max. 60 km/h. Zwei Zwillingsmotoren arbeiten über ein Zahnradvorgelege auf einen einfachen horizontalen Stangenantrieb. Die Steuerung geschieht mit elektropneumatischen Hüpfern (Abb. 21 a[*2]), an denen geeignete Blockierungkontakte vorgesehen sind. Für die Abschaltung der Feldwindungen ist ein elektropneumatisches Schütz mit Differentialkolben vorhanden, der vier Schaltstellungen ermöglicht.

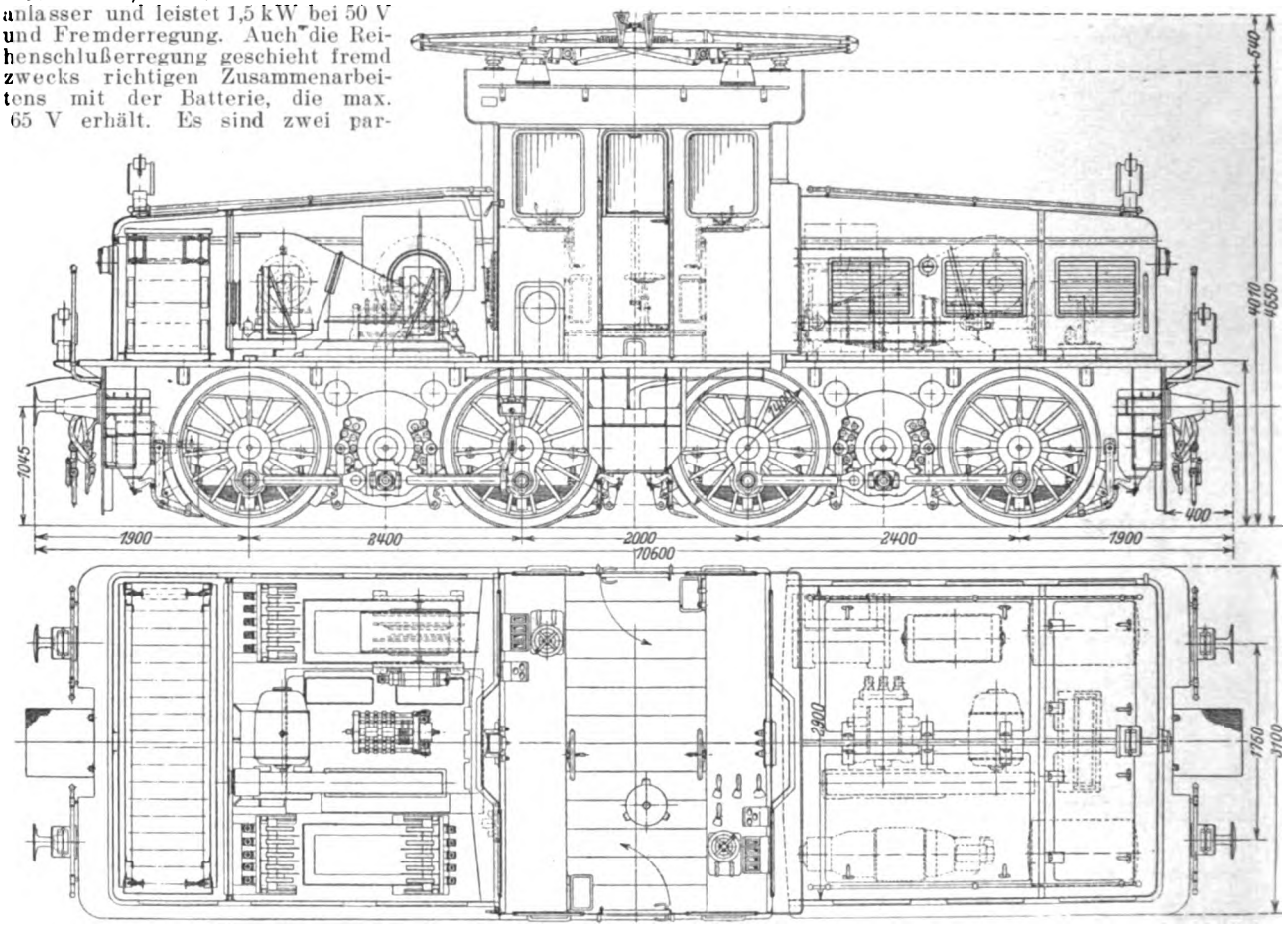


Abb. 21. Verschiebelokomotive der Skodawerke.

(Schluß folgt.)

[*2] Im Schlußteil.

Messung der Eigenzeit eines Klydonographen mittels Wanderwellen bekannter Zeitdauer.

(Mitteilung aus dem Hochspannungslaboratorium der Techn. Hochschule Berlin.)

Von **Carl Stoerk** und **Titus Bungardean**, Berlin.

Übersicht. Nach dem von Sommer angegebenen Meßverfahren mit in ihrer Dauer eingestellten Stoßwellen wird die Eigenzeit eines Klydonographen bestimmt. Der durch den Anstieg der Wellenstirn hervorgerufene Fehler wird durch rechnungsmäßige Ermittlung der Stirnform behoben; die abgeleiteten Gleichungen geben den Wellenverlauf in Abhängigkeit von nur 2 Beiwerten T und K, die aus den Angaben des Stromkreises zusammengesetzt sind. Mit Hilfe dieser Beiwerte können aus mitgeteilten Kurven für jede ähnliche Stoßanordnung Höhe und größte Steilheit der erzeugten Welle abgenommen werden. Die ausgewerteten Messungen ergeben eine Eigenzeit des untersuchten Klydonographen von rd. 40 ns für positive, 63 ns für negative Aufzeichnungen.

Die von Lichtenberg entdeckten elektrischen Figuren[1] haben eine technische Anwendung im Klydonographen gefunden, der trotz der beträchtlichen Streuung der erhaltenen Einzelwerte wegen der Einfachheit seiner Anordnung als Meßgerät zur Aufzeichnung schnell vorübergehender Spannungen eine weite Verbreitung gewonnen hat[2]. Für die Zuverlässigkeit der durch die Lichtenberg-Figuren bewirkten Angaben ist es wesentlich, daß die Aufzeichnung der Figur in möglichst kurzer Zeit vor sich gehe[3]. Über die zur Aufzeichnung einer vollständigen Figur benötigte Zeit liegen verschiedene Messungen und Angaben vor.

Sehr ausführliche Untersuchungen stammen von Pedersen[4]. Derselbe Spannungsstoß wird auf zwei um einen gewissen Längenbetrag verschiedenen Wegen zu zwei länglichen Elektroden geleitet, die nebeneinander auf der Schicht einer lichtempfindlichen Platte mit gemeinsamer Gegenelektrode auf der Rückseite derselben angeordnet sind. Durch Betrachtung der Begrenzungslinie der beiden ineinandergreifenden Figuren bei ver-

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 1890; G. Mierdel in Bd 13 d. Hdb. d. Experimentalphysik (1929) S. 297. Akad. Verlagsges. m. b. H., Leipzig 1929.

[2] Vgl. z. B. ETZ 1927, S. 737, 1199, 1492, 1815. — Har. Müller, Mitt. Hermsd.-Schomb. H. 34 (1927). — ETZ 1928, S. 55, 68, 1412. — W. W. Lewis, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 364 (1929).

[3] Har. Müller, Mitt. Hermsd.-Schomb. H. 27 (1926).

[4] O. Pedersen, Ann. Phys. Bd. 69, S. 205 (1922).

Digitized by Google

ändertem Längenunterschied der Zuleitungen schloß Pedersen auf ein Ausbreitungsgesetz der Figuren von der Form

$$r = R(1 - e^{-\alpha t}).$$

In obiger Formel ist r die jeweilige Länge der vom Pol ausgehenden Strahlen, R die endgültige Strahllänge der fertig ausgebildeten Figur, t die Zeit; für α fand er bei Atmosphärendruck $0{,}26 \cdot 10^8\ s^{-1}$ an positiven, $0{,}205 \cdot 10^8\ s^{-1}$ an negativen Figuren. Daraus erhält man eine Mindestzeit für die Ausbildung einer annähernd vollständigen Figur im Betrage von rd. $12 \ldots 15 \cdot 10^{-8}$ s. In einer späteren Arbeit[5] gibt Pedersen an, daß nach dieser Zeit ein weiterer Unterschied in den Strahllängen nicht mehr sicher festzustellen sei.

Peters[6] eichte seinen Klydonographen mit Spannungstößen bekannten Verlaufes und stellte fest, daß die gleiche Spannungshöhe bei Veränderung der gesamten Anstiegdauer zwischen 5 und 200 µs praktisch die gleiche Größe der Figuren ergab. Auf ähnliche Weise wie Pedersen fand er, daß eine positive Figur innerhalb einer Zeit von 10^{-7} s bereits voll ausgebildet ist. Müller-Hillebrandt[7] findet vollausgebildete Figuren bei einer gesamten Einwirkungsdauer der Spannung von $3 \cdot 10^{-8}$ s und einem Anstieg unter $1 \cdot 10^{-8}$ s; die höchste Spannung dürfte also während rd. $2 \cdot 10^{-8}$ s bestanden haben.

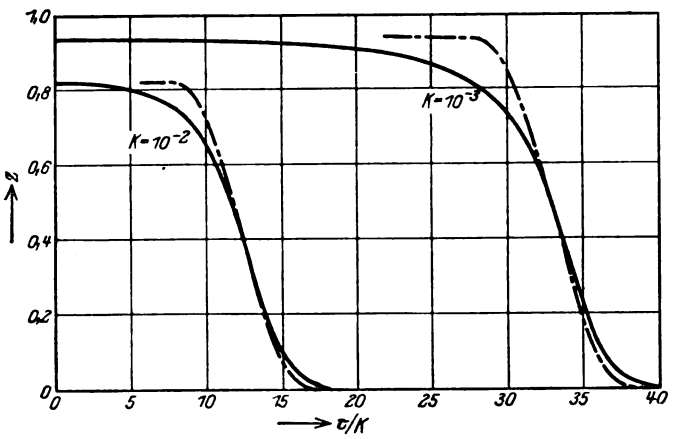


Abb. 1. Wellenformen und sinusförmige Ersatzbilder.

Da die erhaltenen Werte für die Ausbildungszeit der Lichtenberg-Figuren, d. h. für die Eigenzeit des Klydonographen, untereinander nur der Größenordnung nach übereinstimmen, erschien es nützlich, auf einem anderen Wege eine neue Bestimmung dieses Zeitwertes zu versuchen. Im Rahmen einer größeren Meßreihe an einem Klydonographen, die auf Veranlassung von Prof. Matthias im Hochspannungslaboratorium der T. H. Berlin durchgeführt wurde[8], wurden diese Messungen mit Hilfe des von Sommer[9] angegebenen Verfahrens vorgenommen. Eine Welle läuft auf einer Doppelleitung an dem Meßgegenstand, hier also dem Klydonographen, vorbei auf einen Kurzschlußbügel zu; die von diesem zurücklaufende Entladungswelle hebt die Spannung auf der Leitung auf, und bei bekannter Laufgeschwindigkeit v der Welle längs der Leitung kann aus dem Abstand A zwischen Prüfgegenstand und Kurzschlußbügel die Einwirkungszeit der Spannung zu $2\,A/v$ berechnet werden. Da bei den vorliegenden Messungen sehr kurze Zeiten festzustellen sind, muß dem Umstand Rechnung getragen werden, daß die Welle infolge des nur allmählich abnehmenden Widerstandes im Schaltfunken eine ansteigende Stirn von nicht zu vernachlässigender Länge aufweist. Will man also die Einwirkungszeit der höchsten Spannung ermitteln, so muß zunächst die Form der auf die Leitung geschickten Welle bekannt sein. Hierzu dienen die folgenden Überlegungen.

Ein auf die Spannung U aufgeladener Kondensator der Kapazität C entlade sich über eine Funkenstrecke der Schlagweite s auf eine Leitung mit dem Wellenwiderstande Z. Der Strom i im Schaltfunken ist dann in jedem Augenblick bestimmt durch die Gleichung

$$u_c = i R_F + i Z;$$

darin ist die Kondensatorspannung

$$u_c = U - 1/C \int i\,dt \equiv U - q/C \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

und der Funkenwiderstand nach Toepler[10] $R_F = k\,s/q$. Der Festwert k, die „Funkenkonstante", ist in den Zahlenrechnungen mit dem aus neueren Messungen folgenden Betrage von $0{,}13 \cdot 10^{-3}$ eingesetzt. Setzt man $z = i \cdot Z/U$, so ergibt sich aus

$$i = \frac{U - q/C}{k\,.\,s/q + Z}$$

mit den Abkürzungen $x = q/(C\,U)$ und $K = \frac{k\,s}{Z\,C\,U}$ die Beziehung

$$z = \frac{x(1-x)}{K+x} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Es folgt

$$x = \frac{1-z}{2}\left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4\,z\,K}{(1-z)^2}}\right) \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Für den Anstieg der Welle (Wellenstirn) ist die Wurzel negativ zu nehmen, für den abfallenden Teil (Wellenrücken) positiv. Für den Höchstwert verschwindet die Wurzel, und man erhält

$$z_{max} = 1 - 2\,K(\sqrt{1 + 1/K} - 1) \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

und das zugehörige

$$x_{(m)} = {}^1\!/_2(1 - z_{max}) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Bei sehr kleinen Werten K (d. h. bei ausreichend großer Stoßkapazität C) bestimmt sich die Wellenstirn angenähert aus $x = z\,K/(1-z)$; in diesem Falle wird die Welle sich nach Erreichen des Höchstwertes nur sehr langsam absenken, so daß ohne merklichen Fehler die Spannungshöhe streckenweise als gleichbleibend angesehen werden darf.

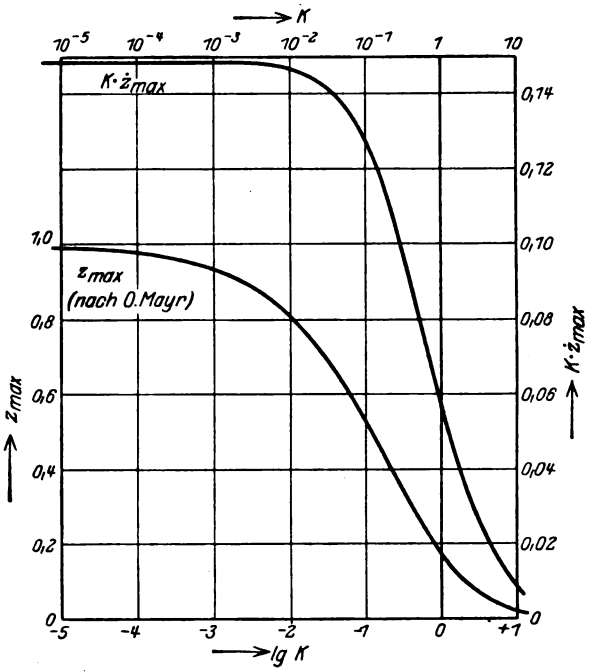


Abb. 2. Größte Höhe und Steilheit für veränderliches K.

Aus $i = \mathrm{d}\,q/\mathrm{d}\,t$ folgt nun $z = C\,Z\,\mathrm{d}\,x/\mathrm{d}\,t$; mit Einführung von $\tau = t/(C\,Z) \equiv t/T$ wird $z = \mathrm{d}\,x/\mathrm{d}\,\tau$, und man erhält[11] für den zeitlichen Verlauf der Welle die Bestimmungsgleichung[12]

$$\tau_0 - \tau = \int \frac{K+x}{x(1-x)}\,\mathrm{d}\,x = K\,.\ln\frac{1-x}{x} + \ln(1-x) \quad . \quad (6)$$

bzw. in den ursprünglichen Werten:

$$t_0 - t = \frac{k\,s}{U}\ln\frac{u_c}{U-u_c} + Z\,C\ln\frac{u_c}{U} \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

[5] O. Pedersen, Ann. Phys. Bd. 71, S. 317 (1923) (Messg. von Funkenverzögerungen). Weitere Kurzzeitmessungen: Har. Müller, Z. f. Techn. Physik Bd. 8 S. 49 u. 94 (1927) (Länge von Wellenstirnen). Iwatake, Bericht ETZ 1928, S. 625 (Zündverzug).

[6] J. F. Peters, El. World Bd. 83, S. 769 (1927). ETZ 1924, S. 753.

[7] D. Müller-Hillebrandt, Siemens-Z. Bd. 7, S. 547 u. 605 (1927). VDE-Fachber. 1927, S. 121.

[8] Die Messungen wurden von den Herren T. Bungardean und R. Kelp durchgeführt.

[9] E. M. K. Sommer, Elektrizitätswirtsch. Bd. 26, S. 508 (1927).

[10] M. Toepler, Ann. Phys. Bd. 21, S. 193 (1906).

[11] Es ist natürlich auch möglich, mit dem Ansatz $\mathrm{d}\,\tau = \frac{\mathrm{d}\,z}{z\,\mathrm{d}\,z/\mathrm{d}\,x}$ mittelbar eine Beziehung zwischen τ und z zu errechnen, jedoch bietet die so ermittelte Gleichung schon wegen der Zweideutigkeit von z weit geringere Übersicht als die Benutzung der beiden Gleichungen (3) und (6).

[12] Die Ableitung der Endgleichung (7) und der Formel (4) findet sich bereits bei O. Mayr, Arch. El. Bd. 17, S. 52 (1926) und bei J. Krutzsch, ETZ 1928, S. 607. Trotzdem erschien es mit Rücksicht auf die hier gewählte Darstellungsart zweckmäßig, die Berechnung nochmals im Zusammenhang vorzuführen. Mayr ermittelt aus Messungen auf Grund der Gl. (4) die Funkenkonstante k und findet rd. $0{,}1 \cdot 10^{-3}$; eine von uns in gleicher Weise ausgewertete Versuchsreihe ergab im Mittel $k = 0{,}13 \cdot 10^{-3}$.

Digitized by Google

Die so gewonnene Gleichung gibt die Vorgänge im ersten Beginn der Welle offensichtlich nicht richtig wieder, da zu kleiner werdendem x und z ins negativ Unendliche rückende Werte von τ gehören. Da das Gebiet sehr kleiner z ohnehin von geringer Bedeutung ist, kann man hier, solange keine den Funkenbeginn erfassende Gleichung besteht, durch eine willkürliche Abrundung der gezeichneten Welle den Anfang festlegen. Im Verlauf des Vorganges wird schließlich einmal (jedenfalls bei genügender Nachfuhr von Energie) der Funken in einen Lichtbogen mit anderer Gesetzmäßigkeit umschlagen. Man kann jedoch, solange nur Wellenstirn und Beginn des

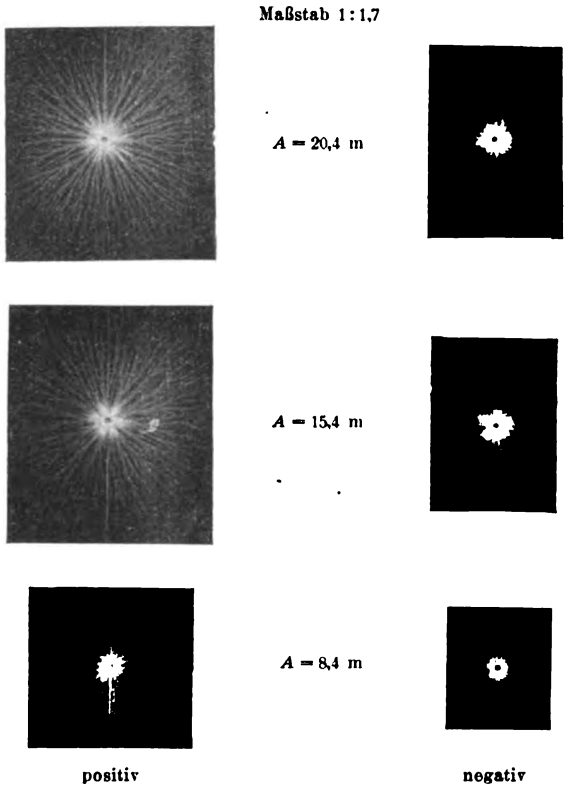


Abb. 3. Klydonogramme (verkleinert), aufgenommen bei gleicher Zündspannung und veränderlichem Bügelabstand A.

Rückens betrachtet werden, diesen Übergang außer acht lassen. Der in der Endgleichung verbleibende unbestimmte Festwert t_0 bzw. τ_0 kann beliebig gewählt werden, da es hier nur auf die Bestimmung der Gestalt der Wanderwelle ankommt. In Abb. 1 sind zwei Wellenformen, dargestellt durch z in Abhängigkeit von τ/K wiedergegeben; über den unbestimmten Festwert ist so verfügt, daß für beide Beispiele der Scheitelpunkt der Welle (z_{max}) in den Augenblick $\tau/K = 0$ verlegt ist. Außer den wie angegeben berechneten Wellenformen sind in der Abbildung noch die zu diesen gehörenden vereinfachten Ersatzformen für die Wellenstirn eingezeichnet. Die für Wanderwellenerscheinungen hauptsächlich kennzeichnenden Größen des Spannungsverlaufes sind die größte Höhe und die größte Steilheit; Abb. 2 zeigt in Abhängigkeit von K die Größe z_{max} und den Wert $K(\mathrm{d}z/\mathrm{d}\tau)_{max} \equiv K\dot{z}_{max}$, aus dem die größte Steilheit leicht zu errechnen ist. Für praktische Berechnungen genügt es meist, die Stirnform durch eine Sinus-Halbwelle nach Abb. 1 zu ersetzen. Diese Ersatzform wird dargestellt durch $z = {}^1/_2 z_{max}(1 - \cos \delta t)$; ihre größte Steilheit ${}^1/_2 \delta z_{max}$ setzt man der der berechneten Stirnform gleich. Mit Hilfe der Abb. 2 findet man die Ersatzwelle, indem man zu den aus den gegebenen Größen des Kreises berechneten Größen T und K den Höchstwert $U\dot{z}_{max}$ und die Steilheit

$$\frac{U\dot{z}_{max}}{T} \quad \text{bzw.} \quad \delta = \frac{2\dot{z}_{max}}{Tz_{max}}$$

bestimmt.

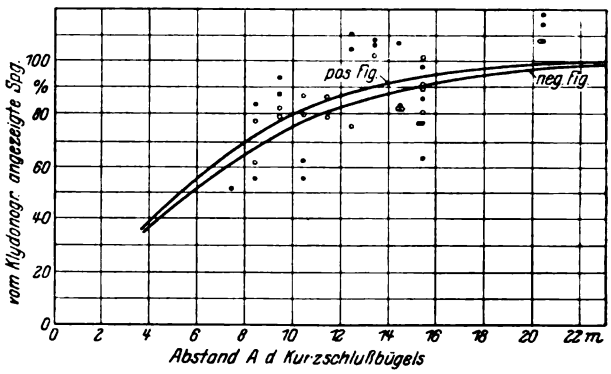


Abb. 4. Vom Klydonographen angezeigte Spannung bei veränderlichem Bügelabstand A.

Hat sich nun für den Kurzschlußbügel unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen eine Grenzlage A, die den zu messenden Vorgang eben noch zum Ablauf kommen läßt, herausgestellt, so ist von der wirksamen Lauflänge $2A$ die Stirnlänge der Welle abzuziehen, die sich für die Ersatzform zu $A_s = \pi r/\delta$ errechnet. Damit wird die tatsächliche Einwirkungsdauer der höchsten Spannung $t = 2A/v - \pi/\delta$. Für die Messung an Klydonographen wird man mit Rücksicht auf die beträchtliche Streuung der Aufzeichnungen (und in Übereinstimmung mit der oben erwähnten Feststellung von Pedersen) sinngemäß jene Einstellung A des Kurzschlußbügels der weiteren Berechnung zugrunde legen, bei der die von dem Klydonographen aufgezeichnete Figur einer noch merklichen Spannungsabsenkung, z. B. um 10 %, entspricht. In diesem Falle ist in die obige Formel für die Einwirkungszeit t statt π der Wert 2,5 einzuführen[13].

Legt man eine bestimmte Spannungsabsenkung zugrunde, so kann man aus der ursprünglich berechneten Wellenform, also ohne Zuhilfenahme des Ersatzbildes, die Einwirkungsdauer der Spannung ermitteln. Bei der Übereinanderlagerung von hinlaufender Ladewelle und zurücklaufender Entladewelle kommt nämlich der erste, von der Formel unzutreffend wiedergegebene Beginn der Welle nicht zur Geltung, und die oben erwähnte Einschränkung hinsichtlich des ersten Teiles der berechneten Form fällt fort. Man erhält so (hier z. B. für 10 % Spannungsabsenkung) die zugehörige Laufzeit $\Delta\tau$ in Abhängigkeit von K und kann dann aus der Bügelentfernung A die gesuchte Eigenzeit zu $2A/v - T\Delta\tau$ errechnen. Die Laufgeschwindigkeit v wurde für eine Doppelleitung in Luft (Leitungsdurchmesser 10 mm, Mittenabstand 650 mm, $Z = 585\ \Omega$) mit 300 000 km/s eingesetzt. Der benutzte Klydonograph war für Registrierzwecke mit Filmvorschub ausgestattet. Er besaß zwei durch kleine Kugeln

[13] Da hierbei die Spannung während der Einwirkungszeit der abgeschnittenen Welle kurzzeitig den betrachteten Wert von z. B. 90 % der höchsten Wellenspannung übersteigt, wird die Verzögerungszeit wahrscheinlich etwas zu klein gefunden; in Anbetracht der Streuung muß dieser Mangel in Kauf genommen werden.

Zahlentafel 1. Berechnung der Eigenzeit t für positive und negative Figuren des Klydonographen aus Kurzschlußversuchen mit Wanderwellen.

Reihe	Stoßkapazität C nF	Schlagweite s cm	Zündspann. U kV	$T = CZ$ µs	$K = \frac{ks}{TU}$ 10^{-3}	z_{max}	Einwirkungszeit $2A/v$ ns +	Einwirkungszeit $2A/v$ ns −	Stirnlänge $T\Delta\tau$ ns	Eigenzeit $2A/v - T\Delta\tau$ ns +	Eigenzeit $2A/v - T\Delta\tau$ ns −	δ µs^{-1}	Stirnlänge der Sinusform $2{,}5/\delta$ ns	Eigenzeit aus $2A/v - 2{,}5/\delta$ ns +	Eigenzeit aus $2A/v - 2{,}5/\delta$ ns −
1	5,45	0,3	11,8	3,19	1,04	0,94	80	81,5	41	39	40,5	94,5	26,5	53,5	55
2	0,445	0 4	14,7	0,26	13,62	0,79	76,5	126,5	28	48,5	98,5	104,5	24	52,5	102,5
3	5,45	0,4	14,7	3,19	1,11	0,935	90	103,5	43,5	46,5	60	89	28	62	75,5
4	5,45	0,5	17,6	3,19	1,16	0,93	73,5	100	45,5	28	54,5	86,5	29	44,5	71
									—	40,5	63,5	—	—	53	76

Mittelwerte:

Wellenwiderstand $Z = 585\ \Omega$; Wellengeschwindigkeit $v = 3 \cdot 10^{10}$ cm/s; Funkenkonstante $k = 0{,}13 \cdot 10^{-3}\ \Omega$ C/cm.

Digitized by Google

von 5 mm Dmr. gebildete Pole und zwei getrennte Gegenelektroden von 50 mm Breite und 90 mm Dmr. aus Staniol, es konnten also gleichzeitig positive und negative Figuren aufgezeichnet werden. Zwischen dem Film und der Gegenelektrode lag als isolierende Schicht ein Hartpapierzylinder von 2,5 mm Wandstärke.

Eine Reihe von bei Veränderung des Bügelabstandes erhaltenen Klydonogrammen zeigt Abb. 3. Die Abhängigkeit der durch den Klydonographen angezeigten höchsten Spannung von der Bügelentfernung A ist in Abb. 4 dargestellt. Die Zahlentafel 1 enthält die für die Messung wesentlichen Angaben mit den wie oben beschrieben ermittelten Eigenzeiten. Die in Zahlentafel 1 eingetragenen Werte für die Eigenzeit t des Klydonographen, die aus der eigentlichen Wellengestalt und vergleichsweise unter Zugrundelegung des sinusförmigen Ersatzbildes berechnet sind, liegen verhältnismäßig nahe beieinander. Die Ergebnisse streuen im Bereiche von $2{,}8 \ldots 4{,}85 \cdot 10^{-8}$ s für positive, von $4{,}05 \ldots 9{,}85 \cdot 10^{-8}$ s für negative Figuren. Der Mittelwert von $4{,}05$ bzw. $6{,}35 \cdot 10^{-8}$ s liegt zwischen den Angaben von Peters und Müller-Hillebrandt, jedoch wesentlich unter denen von Pedersen.

RUNDSCHAU.

Bergbau und Hütte.

Kübelförderanlage für Steinkohle. — Auf der Schachtanlage 2 der lothringischen Grube La Houve steht seit Anfang 1928 die erste französische Gefäßfördereinrichtung in Betrieb, die für einen ausziehenden und mit der Schachtschleuse a (Abb. 1) mit Deckel ausgerüsteten Wetterschacht gebaut ist und mit Seilführung arbeitet. Sie dient ausschließlich der Kohlenförderung. Am Füllort fehlt ein Vorratsbehälter vollständig, und der Beschickungsbehälter wird durch das

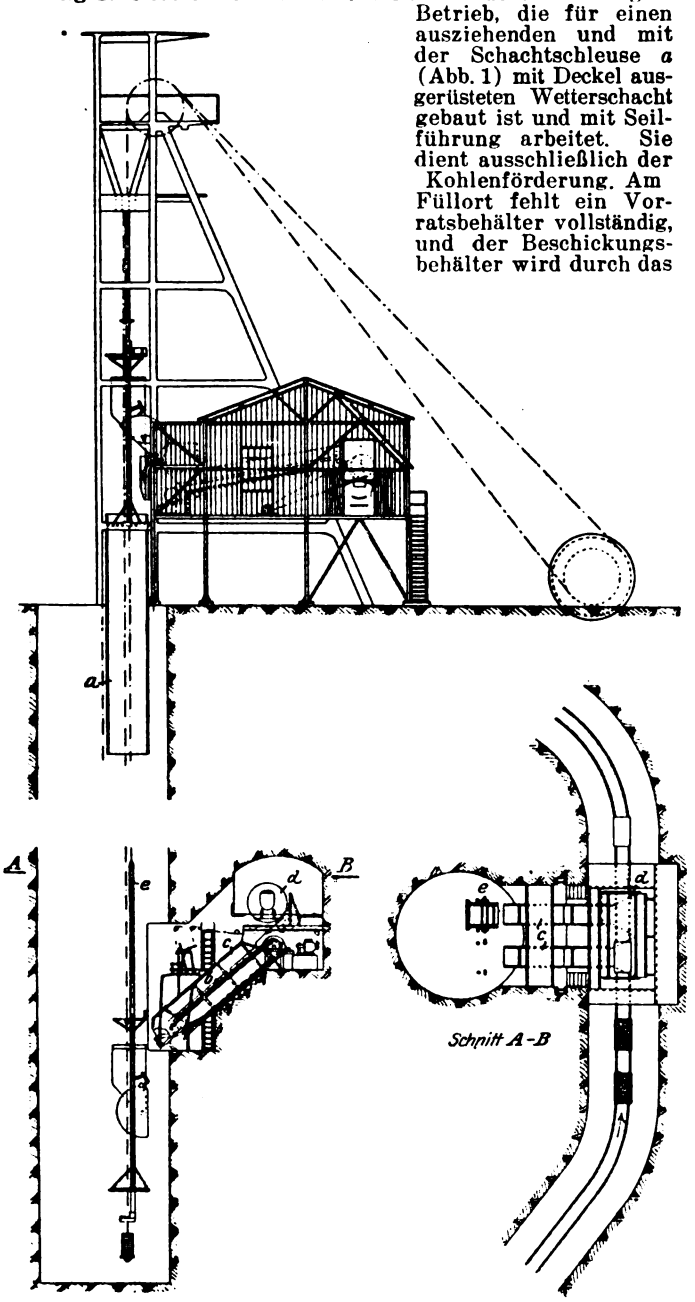


Abb. 1. Kübelförderanlage.

Plattenband b ersetzt, das den Boden der geschlossenen e bildet und den jeweiligen Behälterboden, der auf der Kette befestigt ist, zu verschieben gestattet. Auf die Beschickungsbänder für die beiden Kübel trägt der gemeinsame Wipper d aus, der für 2 Wagen hintereinander Raum bietet. Jede Wipperhälfte besitzt eine selbsttätige Bremsvorrichtung für die vollen Wagen. Nachdem der Bedienungsmann 3 Wagen auf der vorderen Hälfte gekippt hat, stellt er die Bremse der letzteren ab, um 3 weitere Wagen in die andere Wipperhälfte einlaufen zu lassen. Ein zweiter Mann bedient die Plattenbänder, indem er das abwärts gehende Band jedesmal um so viel wandern läßt, daß der oberhalb des beweglichen Bodens a freiwerdende Raum einem Wageninhalt entspricht. Die Bewegungen der Bänder vollziehen sich während des Treibens, so daß bei Ankunft des Kübels am Füllort die Belastung sofort erfolgen kann. An der Hängebank wird die Kohle von den Gummiförderbändern a, b, c aufgenommen und zur Wäsche gefördert.

Zur Bewältigung einer Förderung von 1000 t in 2 Schichten zu je 8 h reicht eine 150 PS-Maschine aus. Ungünstig für die Anlage stellt sich das zahlreiche Bedienungspersonal (5 Mann). Die Verwaltung rechnet aber damit, daß bei einer vollständig auf Kübelform zugeschnittenen Neuanlage 3 Mann bei wesentlich stärkerer Förderung genügen werden. Der Stromverbrauch der Gesamtförderanlage beträgt, auf 1 t Förderung berechnet, für die

Schachtförderung	1,53 kWh
Beschickung am Füllort	0,37 „
Förderung an der Hängebank . .	0,19 „
zusammen	2,09 kWh.

Da sich für Gestellförderung der Energieverbrauch auf 3 kWh/t stellt, ergibt die Kübelförderung immerhin eine Ersparnis von rd. 1 kWh/t.

Bei der Kübelförderanlage auf dem Gerhard-Schacht der Ilseder Hütte, die mit Vorratsbehälter arbeitet, erzielte man gegenüber Gestellförderung bei gleicher Fahrzeit und gleichem Nutzgewicht eine Verdoppelung der Schachtförderleistung[1]. (F. Herbst, Glückauf Bd. 65, S. 1075.) *Ka.*

Drehlichtbogen-Elektroden. — Bei den älteren Lichtbogenöfen mit niedriger Leistung ist die Lichtbogenspannung niedrig und die Lichtbogenlänge kurz. Dies hat einen verhältnismäßig unruhigen Betrieb zur Folge. Auch ist die wärmestrahlende Oberfläche des kurzen Lichtbogens klein und die Wärmeübertragung daher ungünstig; es tritt an den Elektroden leicht Überhitzung ein, ehe entferntere Ofenteile durch die strahlende Wärme erhitzt werden. Hieraus ergab sich das Bestreben, die Lichtbogenlänge durch Erhöhung der Lichtbogenspannung in den Hochleistungsöfen zu vergrößern, erst ohne Leistungssteigerung und später unter Steigerung der Leistungszufuhr, wobei die wesentliche Abkürzung der Einschmelzzeit einen weiteren Fortschritt bedeutete. Die Steigerung der Lichtbogenspannung ist jedoch durch die Forderung der Betriebsicherheit bald begrenzt. Auch bauliche Gründe stehen dieser Maßnahme entgegen.

Eine wesentliche Verbesserung der Lichtbogenwirksamkeit erstreben die russischen Erfinder Evreinoff und Tilney durch den Drehlichtbogen, der unter der Wirkung eines Magnetfeldes steht.

K. Dornhecker berichtet über die geschichtliche Entwicklung einer willkürlichen Beeinflussung des Lichtbogens und gibt eine Erklärung der Entstehung der Drehbewegung des Lichtbogens. Auf Grund der mathematischen Gleichungen in der russischen Originalarbeit werden die Ergebnisse der Untersuchungen der Eigenschaften des Drehlichtbogens, teilweise an Hand von Kurven, gebracht. Behandelt wird hierbei die Lichtbogenspannung, der Erregerstrom, der Lichtbogenstrom, die Temperatur, die

[1] Vgl. Glückauf Bd. 65, S. 629.

Digitized by Google

Länge des Lichtbogens usw., soweit erforderlich, in ihrer wechselseitigen Beziehung.

Die Untersuchung erstreckt sich sowohl auf Gleichstrom als auch auf Wechselstrom unter Berücksichtigung verschiedener Phasenverschiebungen.

Hervorzuheben ist, daß der Drehlichtbogen bei einer bestimmten Ofentemperatur durch die Verlängerung stetig wird, was bei dem gewöhnlichen Lichtbogen erst durch einen besonderen in den Stromkreis eingeschalteten Zusatz-Widerstand erreicht wird. Der Drehlichtbogen regelt sich also selbsttätig ein, u. zw. um so sicherer, je länger er durch die Drehung wird.

Es wird ferner das Verhalten des Drehlichtbogens bei verschiedenen Stadien des Ofens und seine Vorteile gegenüber dem gewöhnlichen Lichtbogen beschrieben. Sämtliche Untersuchungen und Feststellungen wurden an kleinen Öfen gemacht (Einsatz 70 ... 125 kg). Wie sich der Drehlichtbogen in einem größeren Herdraum verhält, muß die Erfahrung zeigen. (K. Dornhecker, St. u. E. Bd. 48, S. 106.) *V. E.*

Apparate.

Klemmenspannung des Röntgenapparates mit rotierendem Gleichrichter. — G. Varga bestimmt für den Röntgenapparat mit rotierendem Gleichrichter den Spannungsabfall der aus zwei Komponenten, dem Spannungsabfall des Hochspannungstransformators und dem der vier Funkenstrecken des Gleichrichters besteht. Der Spannungsabfall des Transformators setzt sich in bekannter Weise aus dem ohmschen und induktiven Spannungsabfall zusammen. Da der Röhrenstrom der heute beinahe ausschließlich gebräuchlichen Glühkatodenröhren innerhalb der nützlichen Spannungsgrenzen konstant ist, verläuft der ohmsche Spannungsabfall geradlinig, und der induktive Spannungsabfall ist gleich Null. Der Momentanwert der Röhrenstromstärke ist dem am Deprez-Milliamperemeter abgelesenen Werte nicht proportional, da sich die Zeit des Stromdurchganges mit der Belastung ändert und der Winkel des Lichtbogens im Luftspalt, der den Stromschluß herbeiführt, mit der Belastung sich vergrößert. Versuchsreihen des Verfassers, die er im Laboratorium der Etra AG. in Budapest durchführte, haben einen linearen Verlauf des Lichtbogenwinkels in Funktion der Belastung ergeben.

Der Spannungsabfall im Lichtbogen wurde ebenfalls auf Grund einer Versuchsreihe studiert und gefunden, daß er sich in Funktion des Drehwinkels ändert, u. zw. ist er bei Beginn und Ende des Röhrenstromimpulses ein Maximum und in der Mittelstellung der Bürsten ein Minimum. Der Spannungsabfall wächst mit der Röhrenstromstärke, u. zw. nach einer gegenüber dem linearen Verlauf tiefer liegenden Kurve.

Der Gesamtspannungsabfall kann durch folgende Form ausgedrückt werden:

$$\Delta u = J \frac{90^\circ}{\gamma + \varepsilon (VA)} R_2 + (a + b J + c J^2),$$

wo der erste Ausdruck den Spannungsabfall im Transformator, der zweite den im Luftspalt bedeutet. J ist der Röhrenstrom, γ und ε sind Konstanten des Gleichrichters, (VA) bedeutet die Multiplikation von Transformatorenspannung in Kilovolt und Röhrenstromstärke in Milliampere, R_2 den auf die Sekundärseite des Transformators reduzierten Widerstand des Hochspannungstransformators. a, b und c sind Konstanten der Luftfunkenstrecken im Luftspalt und von der Bürstenkonstruktion des Gleichrichters abhängig. (G. Varga, Fortschr. a. d. Gebiete d. Röntgenstr. Bd. 40, H. 1.) *Sb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Fernmeßeinrichtungen der General Electric Co. — Der Bedarf an Fernmeßeinrichtungen ist hauptsächlich dadurch entstanden, daß selbsttätige und fernbediente Kraftwerke gebaut wurden. Der Lastverteiler muß unbedingt Fernablesungen und Fernmessungen ausführen. Man hat die Verwendung von Fernsehbildern vorgeschlagen, das Verfahren ist aber gegenwärtig noch zu teuer, um eingeführt zu werden. Ein im J. Am. Inst El. Engs. veröffentlichter Aufsatz befaßt sich nur mit der Übertragung und Registrierung von Momentanwerten, nicht mit der Fernzählung für Verrechnungszwecke. Es wird darauf hingewiesen, daß die anzeigenden Einrichtungen nicht allein für die Ablesung, sondern auch für die Regelung und Steuerung von Bedeutung sind. Als Erfahrungswert für die Häufigkeit verlangter Fernmessungen wird folgende Aufstellung gegeben, wobei die Meßgrößen nach der Reihe der Verwendung geordnet sind:

1. Wechselstrom, Ampere
2. „ Watt
3. Gleichstrom, Volt
4. Wechselstrom „
5. Wattstunden
6. Blindleistung
7. Gleichstrom, Ampere
8. Gleichstrom, Watt
9. Volt-Ampere
10. Frequenz
11. Leistungsfaktor
12. verschiedene Größen bei industriellen Anwendungen.

Nach der Arbeitsweise der Fernmeßeinrichtungen kann folgende Aufstellung gegeben werden:

A. Eine Meßgröße wird stetig zur Anzeige übermittelt,
B. dgl., zu Regelzwecken;
C. mehrere Größen werden gleichzeitig übertragen,
D. dgl., verteilt auf zählende, anzeigende und schreibende Apparate sowie Regeleinrichtungen;
E. mehrere Größen werden auf Anruf des Lastverteilers übertragen, immer jeweils eine nach der andern;
F. eine Ablesung von jedem fernen Werk oder einer Summe von jeder Gruppe ferner Werke.

Bei der Betrachtung der Übertragungskanäle müssen die Ausnutzbarkeit der Kanäle und die Gestaltung der Endstation gleichzeitig studiert werden. Man muß möglichst viele Größen in einen Kanal leiten. Die Auswahl der Systeme der Übertragung muß je nach der Eignung des Systems für kurze oder längste Entfernungen erfolgen. Manche Systeme erfordern sehr teure Endstationen und kommen deshalb für kurze Entfernungen nicht in Frage. Umgekehrt können u. U. billige Systeme bei kurzen Entfernungen gewählt werden, trotzdem vielleicht eine Leitung mehr erforderlich ist. Als Übertragungskanäle kommen in Betracht:

a) Vielfachkabel,
b) Freileitungen,
c) Hochspannungsleitungen.

a) und b) sind meist vom Anfang bis zum Ende des Kanals metallisch geschlossen, in Ausnahmefällen sind Zwischentransformatoren vorhanden zur Ableitung elektrostatischer und elektromagnetischer Fremdfelder. Wird als Übertragungskanal eine Hochspannungsleitung verwendet, so sind Zusatzeinrichtungen und Kopplungskondensatoren notwendig. Infolgedessen kommt dieses letztere Übertragungsmittel nur für größte Entfernungen in Betracht. Bei der Verwendung von Telephonkabeln ist die Frage der Größe des erlaubten Stromes, der erlaubten Spannung und der zulässigen Watt wegen der Störung der anderen Adern zu prüfen. Eine Anzahl von Fernmeßeinrichtungen ist unter gleichzeitigem Sprechen benutzbar, insbesondere Verfahren mit Gleichstromimpulsen oder Hochfrequenz.

Fernmeßsysteme.

Im nachstehenden sind einige Systeme beschrieben, die den jeweiligen besonderen Umständen entsprechend entwickelt wurden.

A. Mit Hilfsbatterie. — Der Strom wird umgekehrt proportional der fernzumessenden Leistung eingestellt. Das Verfahren ist seit 1917 bei der Chicago, Milwaukee and St. Paul Railroad für die Lastverteileranlage im Betrieb und hat sich gut bewährt.

B. Induktionsübertragung (Selsyn-System). — Geber und Empfänger sind Kleinmotoren mit dreiphasigem Stator und einphasigem Rotor. Bei Drehung des Rotors im Geber dreht sich der des Empfängers in die gleiche Winkelstellung. Bei kurzen Entfernungen hat sich das Selsyn-System gut bewährt, bei längeren ist die Phasenverschiebung der Netzspannung an verschiedenen Orten oft störend, sie kann 20 ... 30 ° betragen. Ein Registrierapparat kann auf 3 km Telephonkabel Nr. 19, B & S (0,91 mm Dmr.), noch gut betrieben werden. Für Anzeige allein können 20 ... 30 km Telephonkabel eingeschaltet sein.

C. Gleichrichtertype. — Wenn es sich darum handelt, Strom oder Spannung mit einer sehr einfachen Anordnung zu übertragen, so kann man die in Abb. 2 dargestellte Gleichrichterschaltung verwenden, die sich auch ohne weiteres für Spannungsfernmessung verwenden läßt. Die Spannung an der Sekundärwicklung des Gleichrichtertransformators T ist proportional der zu übertragenden Stromstärke. Die Bürde, die er dem Stromwandler zufügt, ist etwa 10 VA, beim Ansprechen der Sicherheitsfunkenstrecke F 20 VA. Es werden in der gezeichneten Schaltung beide Wellen gleichgerichtet, die Kapazität $C = 2\,\mu F$ dient zum Glätten der Kurve. Der Glühfaden wird, um lange Lebensdauer zu erzielen, dauernd geheizt. Der Gesamtwiderstand der Leitung, des Schutzwiderstandes R_V und des Regelwiderstandes R_r ist 5000 Ω. Das Anzeigeinstrument wird entsprechend der zu über-

Digitized by Google

tragenden Meßgröße geeicht. Den wesentlichsten Schutz gegen Überspannungen auf dem Übertragungskanal gibt aber eine Neonglimmlampe *G*. Die Schaltung ist so getroffen, daß kein Strom übertragen werden kann, wenn die Neonlampe nicht eingesetzt ist. Die Durchschlagsicherung *DS* schließt die Leitung bei Überspannung kurz, falls die Neonlampe defekt oder der Regelwiderstand R_V unterbrochen sein sollte. Änderungen des Leitungswiderstandes machen bei der Strommessung sehr wenig aus, weil der Stromwandler selbsttätig nachregelt. Die Einrichtung ist selbstverständlich auch von der Wellenform beeinflußt.

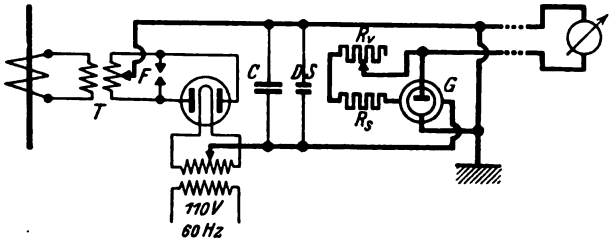


Abb. 2. Schaltung der Gleichrichter-Fernmessung der General Electric Co.

D. Impulsfrequenz-Fernmessung. — Dieses Verfahren, von Smith bei der Westinghouse Co. entwickelt, benutzt als Geber einen Wattstundenzähler mit einem über ein Paar Übersetzungsräder (meist 1 : 1) angetriebenen Kommutator, der aus einer Batterie sekundlich bei Vollast zwei Stromstöße in die Fernleitung sendet. Während aber die Westinghouse Co. die Frequenz dieser Impulse mit einem über Kondensatoren gespeisten Gleichstrominstrument mißt, benutzt die GEC ein eigenartiges „rotierendes Relais" zur Anzeige der Frequenz dieser Impulse, die ein Maß für die fernzumessenden Kilowatt sind. Die ankommenden Impulse werden von einem empfindlichen Relais aufgenommen, das seinerseits die Impulse in eine zunächst intermittierende Anzeige verwandelt. Das rotierende Relais besteht aus einem Motor mit einer durch das genannte Relais betätigten Klinke, die für jeden Impuls eine volle Umdrehung erlaubt. Diese intermittierend sich drehende Welle ist über eine Spiralfeder mit einer Schwungmasse verbunden, die aus einer Anzahl von Magneten besteht. Dieses Schwungrad erhält eine nahezu gleichförmige Drehbewegung proportional der Häufigkeit der Impulse. Die Anzeige der Drehgeschwindigkeit erfolgt dadurch, daß die Magnete (wie bei irgendeinem Autotachometer) in einer Kupfertrommel, die einen Zeiger trägt, Wirbelströme induzieren und sie aus ihrer durch eine Spiralfeder gegebenen Nullage proportional der Drehzahl, d. h. auch proportional der Belastung des Impulsgebers ablenken. Das Empfangssystem kann ohne weiteres schreibend ausgeführt werden, denn es entwickelt bei Endausschlag, mit 2 Impulsen in der Sekunde, ein Drehmoment von 200 gcm. Es kann auch (wie, wird nicht gesagt), die Leistungsrichtung angegeben werden. Die Summierung von zwei oder mehr Gebern wird durch ein Differentialrelais vorgenommen, das eine neue Serie von Impulsen entsprechend der Summe der Originalimpulse aussendet.

E. Hochfrequenz-Fernmessung. — Die Einrichtung arbeitet in der Weise, daß das Geberinstrument einen kleinen Drehkondensator betätigt, der einen Teil eines Schwingungskreises bildet, so daß die erzeugte Frequenz sich mit der Zeigerstellung ändert. Ein zweiter Sender arbeitet mit konstanter Frequenz. Die Schwebungsfrequenz beider, die verhältnismäßig klein ist, wird mit einem Elektronengleichrichter gleichgerichtet; diese Frequenz ist proportional dem Instrumentausschlag. Sie wird über die Leitung geschickt und speist über einen Verstärker einen direkt zeigenden Frequenzmesser, der in Kilowatt geeicht ist, bei kurzen Leitungen auch direkt. Das Verfahren kann auch für Hochfrequenzübertragung auf Starkstromleitungen Anwendung finden. Sind mehrere Größen zu übertragen, so werden mit selbsttätigen rotierenden, synchron laufenden Umschaltern auf der Geber- und Empfängerseite die Instrumente jeweils eine Sekunde lang angeschlossen. Sie sind solcher Bauweise (Kreuzspulinstrumente ohne mechanische Richtkraft), daß sie beim Abschalten der Erregung auf der letzten Stellung bleiben, bis der nächste Impuls kommt. Für zehn zu übertragende Instrumente wird also die Ablesung jeweils alle 10 s berichtigt. Die Synchronisierung der Umschalter erfolgt auf der gleichen Leitung.

Anwendung der Impulsfrequenz-Fernmessung. — Eine derartige Einrichtung ist bei der Montaup Electric Co. eingebaut, die an drei verschiedenen Punkten von der New England Power Co. Leistung übernimmt. Die Funktionen sind symbolisch in Abb. 3 ein-

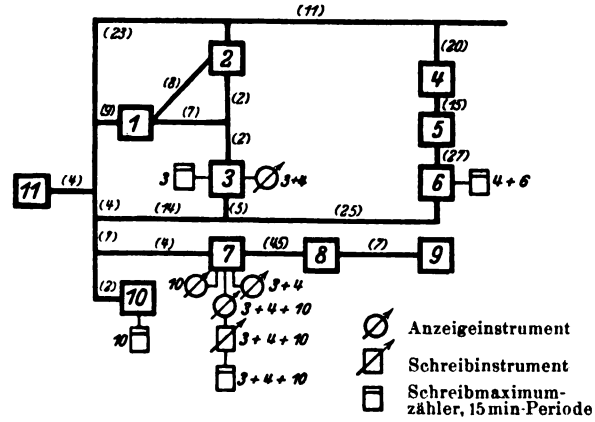


Abb. 3. Fernmeßsystem der Montaup Electric Co.

getragen. Die eingeklammerten Zahlen bezeichnen die Entfernung in Kilometern. (C. H. Linder, C. E. Stewart, H. B. Rex u. A. S. Fitz Gerald, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 183.) *Kth.*

Eine Kompensationsmethode zur Messung schwacher Ströme. — Zur Kontrolle der Eichkonstanten von Röntgen-Dosismessern werden meist Stromstandards benutzt, die aus einem Luftkondensator bestehen, dessen Platten unter Verwendung eines Schutzringes voneinander hochisoliert und gleichmäßig mit Uranoxyd belegt sind. Legt man an den Kondensator eine ausreichende Spannung, so bildet der Sättigungstrom ein Strometalon von stets gleicher Größe. Einen solchen Stromstandard kann man nun durch einfache mechanische Abschirmung variabel machen. Um einen ausreichenden Maximalstrom zur Verfügung zu haben, wurde eine Reihe von konzentrischen Zylindern kombiniert. Eine fast vollständige Abschirmung der radioaktiven Schicht läßt sich dadurch erreichen, daß für jeden Zwischenraum zwischen zwei Belegungen zwei zylinderförmige Blenden vorgesehen werden, die möglichst dicht vor jeder Belegung vorbeigeschoben werden. Bei einer Sättigungspannung von etwa 90 V steht dann ein Strom von $0 \ldots 5 \cdot 10^{-10}$ A zur Verfügung. Ein solcher variabler Stromstandard erlaubt, eine Reihe von Messungen wesentlich zu vereinfachen. Benutzt man ihn zur Kompensation des zu messenden Stromes, so kann man an der Blende direkt den Strom ablesen. Abb. 4 zeigt eine Kompensa-

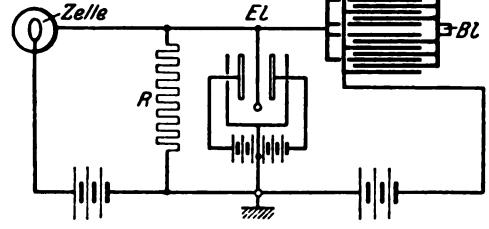


Abb. 4. Kompensationsmessung eines Photostromes (Methode des konstanten Anschlags).

tionsschaltung bei der Methode des konstanten Ausschlags am Beispiel eines Photostromes. Der den hochohmigen Widerstand *R* durchfließende Photostrom wird durch Einstellung der Stromblende *Bl* vollständig kompensiert, so daß das Elektrometer *El* keinen Ausschlag zeigt. Statt mit einem Elektrometer kann man auch mit einem Röhrenverstärker galvanometrisch arbeiten. Abb. 5 zeigt als Beispiel die Kompensationsmessung eines Ionisierungsstromes am Röhrengalvanometer, wie es beim Siemens-Röntgen-Dosismesser gebraucht wird. Der in der Ionisationskammer *J* (Batterie B_J) erzeugte Ionisierungsstrom durchfließt wieder einen hochohmigen Widerstand (je nach dem Meßbereich R_1, R_2, R_3). Dieser liegt zwischen Gitter und Kathode einer Verstärkerröhre *V* besonderer Art, für welche der Widerstand zwischen Kathode und Gitter groß gegen *R* ist. Statt wie sonst die Änderung des Anodenstromes zu messen, wird dieser wieder auf seinen ursprünglichen Wert zurückgebracht, indem der Ionisierungstrom durch den Stromstandard *St* (Batte-

Digitized by Google

rie (B_{St}) kompensiert wird. Der Ionisationsstrom kann dann direkt an der Blende *Bl* abgelesen werden, ohne daß die Röhrencharakteristik oder die Größe der Widerstände R_1, R_2, R_3 bekannt zu sein braucht. Die Spannung B_V verlegt die Messung auf den steilsten Teil der Charakteristik. Besonders bequem wird die Messung, wenn man den variablen Stromstandard bei der elektrometrischen Ablaufmethode benutzt, wie es Abb. 6 für die Messung eines

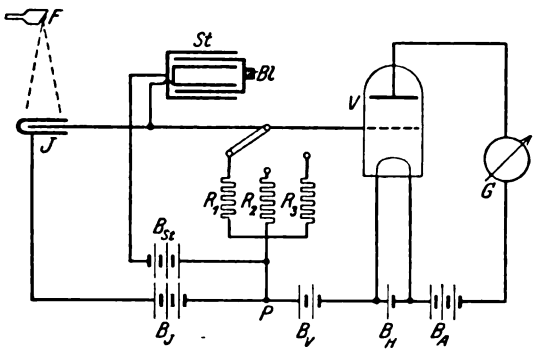


Abb. 5. Kompensationsmessung eines Ionisierungsstromes beim Röntgen-Dosismesser.

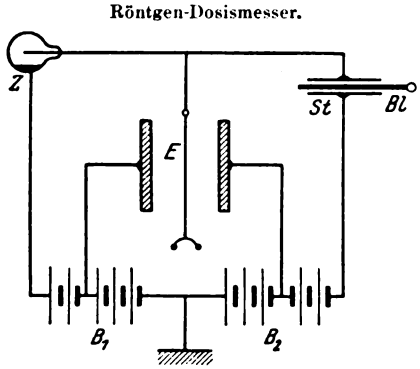


Abb. 6. Kompensationsmessung eines Photostromes (elektrometrische Ablaufmethode).

Photostromes zeigt. Man findet die Größe des zu messenden Stromes, indem man die Blende so einstellt, daß der Faden des Elektrometers *E* nicht mehr wandert. Eine Blendenverschiebung von 0,1 mm, entsprechend 0.1 % des gemessenen Stromes, ist so noch nachweisbar. Die Elektrometerempfindlichkeit oder die Kapazität der Anordnung braucht nicht bekannt zu sein. (R. Jaeger, Z. Phys. Bd. 52, S. 627.) *Br.*

Verschiedenes.

Ferntagungen Chemnitz-Annaberg. — Der Elektrotechnische Verein Chemnitz hat in der letzten Zeit wiederholt gut gelungene Ferntagungen mit seiner ihm ange-

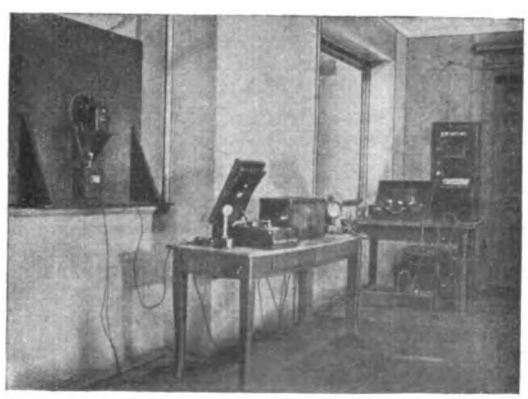


Abb. 7. Übertragungseinrichtung in der Staatl. Akademie für Technik in Chemnitz.

gliederten Bezirksgruppe Obererzgebirge in Annaberg durchgeführt. Über die erste gemeinsame Tagung wurde bereits berichtet[1]; in den letzten beiden Monaten sind ihr zwei weitere gefolgt. Das einemal wurde ein Lichtbildervortrag von Herrn Obering. Dörr, Friedrichshafen, über den Luftschiffbau Zeppelin, zum andern ein Vortrag von Herrn Obering. Graef, Frankfurt, über wärmewirtschaftliches Messen im Kraftwerk und Industriebezirk übertragen. Die Chemnitzer Mitglieder tagten in einem Hörsaal der Staatl. Akademie für Technik, die Annaberger Mitglieder waren in der Gewerbeschule versammelt. Namentlich der letzte Vortrag war durch die an den Vortrag sich anschließende Diskussion hinüber und herüber bemerkenswert. Beachtenswert war auch die Tatsache, daß die Lichtbilderfolge in Annaberg — beim letzten Vortrag 60 Bilder — vorzüglich klappte, wobei der Bildwechsel lediglich aus dem mit Lautsprecher vernommenen Vortrag

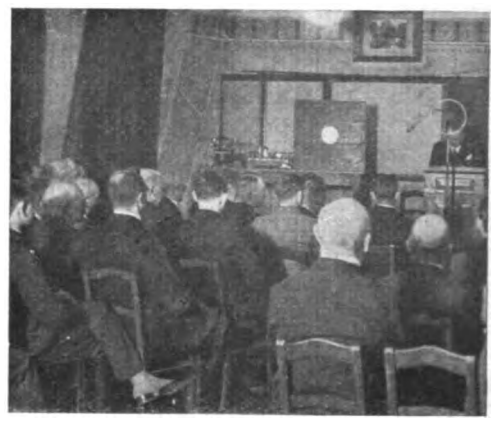


Abb. 8. Ausschnitt aus der Versammlung in Annaberg während der Diskussion.

hervorging. Die in Annaberg benutzte Lautsprecheranlage war einmal von der AEG, das anderemal von Rundfunk-Westsachsen-Telefunken zur Verfügung gestellt; in Chemnitz benutzte man Apparaturen des Instituts für Fernmeldetechnik an der Staatl. Akademie für Technik. Eine Fernader war von der Operpostdirektion Chemnitz zur Verfügung gestellt worden; die technische Übertragung lag in den Händen der Telegraphenämter Chemnitz und Annaberg. Abb. 7 zeigt die Übertragungsapparatur in Chemnitz; im Hintergrund der Vorverstärker für die Übertragung nach Annaberg, in der Mitte den Endverstärker für die Übertragung von Annaberg; links ist der elektrodynamische Lautsprecher zu erkennen (Rückseite), der die Sprache in den Vortragsaal abstrahlte. Abb. 8 zeigt im Ausschnitt die in Annaberg versammelten Zuhörer.

of

Energiewirtschaft.

Organisationsfragen der deutschen Elektrizitätswirtschaft im Spiegel des Enquetebericht. — Der Ausschuß zur Untersuchung der Erzeugungs- und Absatzbedingungen der deutschen Wirtschaft hatte u. a. einen Unterausschuß für Gewerbe: Industrie, Handel, Handwerk (III. Unterausschuß) eingesetzt und dieser wiederum eine besondere Arbeitsgruppe zur Prüfung der deutschen Elektrizitätswirtschaft gebildet. Diese bestand aus drei Mitgliedern: Präsident Dr. Mulert (Obmann), K. Hermann, Reichsminister a. D. H. v. Raumer, einem wissenschaftlichen Sekretär Dr. Neu und den beiden ständigen Sachverständigen Dr. h. c. H. Jahncke und B. Leopold.

Der Bericht, den diese Arbeitsgruppe erstattet hat, ist zu Beginn dieses Jahres der Öffentlichkeit übergeben worden[1] und beschränkt sich i. a. auf die öffentliche Elektrizitätsversorgung; Eigenanlagen werden nur zum Vergleich statistischer Angaben an einigen Stellen herangezogen. Die Berichterstatter sind bei ihren Arbeiten derart vorgegangen, daß 44 Sachverständige zu schriftlichen und mündlichen Gutachten aufgefordert wurden: sie gehörten den verschiedensten Gruppen der Elektrizitätswirtschaft an; Leiter und Angestellte großer deutscher Elektrizitätswerke und Elektrofabriken, der Reichsbahn und der an der Elektrizitätsversorgung interessierten Verbände, wie Metallarbeiterverband, Verband der Gemeinde- und Staatsarbeiter, Reichsverband der Elektrizi-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 941.

[1] Die deutsche Elektrizitätswirtschaft. Herausg. v. Ausschuß zur Untersuchung der Erzeugungs- und Absatzbedingungen der deutschen Wirtschaft. Verhandlungen und Berichte des Unterausschusses für Gewerbe: Industrie, Handel und Handwerk (III. Unterausschuß). Mit Abb., zahlr. Tab. u. einer Karte. XIV u. 534 S. in gr. 8°. Verlag E. S. Mittler & Sohn, Berlin 1930. Preis geh. 15,25 RM, geb. 16,75 RM.

Digitized by Google

tätsabnehmer, sowie unabhängige Sachverständige waren vertreten. Auf deren Ausführungen gestützt, hat die genannte Arbeitsdruppe dann ihren zusammenfassenden Bericht geformt (S. 1/82), der in folgende vier Hauptgruppen unterteilt wurde: Die Struktur der deutschen Elektrizitätswirtschaft, die Organisation dieser, die Elektrizitätspreise, Kapital, Kosten und Erlöse. Als Anhang (S. 83/141) ist eine ausführliche Beschreibung der Elektrizitätsversorgung von 12 in sich geschlossenen Wirtschaftsgebieten des Deutschen Reichs beigegeben und diesem die von der VdEW nach dem Stand von Januar 1930 aufgestellte Karte der Hochspannungsleitungen Deutschlands von 30 kV an[2]. Den größten Teil des Buchs (S. 142) bis 529) bilden die Anlagen, d. h. die Ausführungen von 34 befragten Sachverständigen in vollem Wortlaut. Ein Sachverzeichnis erleichtert das Studium des Werks wesentlich, weil die gleichen Fragen ja von zahlreichen Sachverständigen, also an den verschiedensten Stellen des Buchs behandelt sind. Da es unmöglich ist, in einem knapp bemessenen Referat auch nur auf die wichtigsten Ergebnisse der in dem Werk zusammengestellten umfassenden, wertvollen Arbeiten und Ausführungen näher einzugehen, soll hier nur eines der behandelten Teilgebiete besprochen werden, u. zw. die besonders interessante Frage der freien oder einer gesetzlichen Regelung der deutschen Elektrizitätswirtschaft, wie sie sich in dem zusammenfassenden Bericht der Arbeitsgruppe darstellt und von den einzelnen Sachverständigen beurteilt wird.

Die Elektrizitätsversorgung Deutschlands hat sich im Gegensatz zu anderen Ländern, z. B. Nordamerika, England, Polen, bisher ohne jeden gesetzgeberischen Zwang vollzogen. Ursprünglich war sie auf engumgrenzte Versorgungsgebiete, meist auf die Großstädte, beschränkt; das deutsche Unternehmertum, ebenso aber auch die öffentlichen Gewalten, Staaten, Provinzen, Kreise, hatten jedoch, sobald die Elektrotechnik die engen Raumfesseln gesprengt hatte, erkannt, daß es nur durch eine einheitlich durchgeführte Versorgung großer Gebiete und Landesteile, ohne Rücksicht auf die politischen Grenzen, möglich wäre, die Wirtschaftlichkeit zu heben und die Gestehungskosten so stark zu senken, daß die elektrische Energie allen Bevölkerungschichten als Licht-Kraft und auch als Wärmequelle zugänglich gemacht werden könnte. Diese Erkenntnis führte zwangläufig zu dem Streben, die bestehenden Unternehmungen möglichst weit auszudehnen und neue Großwerke zu schaffen. Daß hierbei die Interessenvertretungen oft hart aufeinanderplatzen mußten und gerade die geschäftstüchtigsten, durch keine übergeordnete Stelle behinderten führenden Persönlichkeiten mit ihren Nachbarn manchen Strauß ausfechten würden, war vorauszusehen. Diese Kämpfe sind auch nicht ausgeblieben. Bisher aber hat schließlich immer noch die wirtschaftliche Vernunft gesiegt; ein allen Teilen gerecht werdender „Elektrofrieden" und umfassende „Freundschaftsverträge" sind zustande gekommen, die neuerdings in der Gründung und weiteren Ausgestaltung der AG. für deutsche Elektrizitätswirtschaft eine wesentliche Kräftigung gefunden haben. Auf Grund dieser Feststellungen sind auch die Berichterstatter des Enquete-Ausschusses zu der Überzeugung gelangt, „daß Einblick und Verständnis in die wirtschaftlichen Notwendigkeiten der Elektrizitätswirtschaft eine unsachgemäße Beschränkung oder Ausweitung der vorhandenen Rechte unwahrscheinlich macht und eine Ergänzung der vorhandenen Rechtsmittel in diesem Zusammenhang erübrigt".

Interessant ist es, den Standpunkt kennen zu lernen, welchen einzelne Sachverständige diesen rechtlichen und organisatorischen Fragen gegenüber einnehmen:

O. v. Miller hält (S. 147) die Hebung der Elektrizitätsverwertung in Haushalt und Landwirtschaft für ganz besonders wichtig und erstrebenswert und tritt für die Schaffung einer groß angelegten Forschungsanstalt ein, deren Aufgabe nicht nur darin bestehen müsse, die Abnehmer mit den Anwendungsmöglichkeiten der Elektrizität bekannt zu machen, sondern auch die Hersteller der elektrischen Geräte mit den Bedürfnissen der Verbraucher.

Dr.-Ing. E. h. Oliven (Gesfürel) ist der Ansicht (S. 195), „daß ohne gesetzliche Regelung die Wirtschaftlichkeit, die wir im Wirtschaftskörper Europas durch die Elektrizität haben könnten, nicht schnell genug erreicht wird". Stromerzeugung, Fortleitung und Verteilung in eine einzige Hand zusammenzufassen, hält er für das Ideal, gibt aber zu, daß man sich gegenwärtig mit einer Zwischenlösung begnügen müsse, die er sich folgendermaßen denkt: Schaffung eines überstaatlichen Organs, ähnlich wie der Elektrizitätsbeirat; Ausarbeitung eines Generalplans für alle Leitungen über 60 kV; Genehmigungspflicht aller neu zu errichtenden Höchstvoltleitungen. Einsprüche gegen ihren Bau sind in erster Instanz durch Schiedsgerichte, in letzter durch das überstaatliche Organ zu regeln. Gegen die Erweiterung bestehender oder den Bau neuer Kraftwerke sollen benachbarte oder sonst günstig gelegene größere Unternehmungen Einspruch erheben können, über den ein dreiköpfiges, nötigenfalls vom überstaatlichen Organ eingesetztes Schiedsgericht in erster, das Reichswirtschaftsgericht in letzter Instanz entscheidet. Allen bestehenden Verteilungsnetzen soll in ihrem Gebiet das Enteignungsrecht ohne weiteres zustehen. Einen staatlichen Eingriff in die Preispolitik der Elektrizitätswerke hält Dr. Oliven nicht für notwendig.

Auf ähnlichem Standpunkt stehen drei Gutachter, Orlopp, Schliestedt und Klebe, die den Verband der Gemeinde- und Staatsarbeiter, den Metallarbeiterverband und den Maschinisten- und Heizerverband vertreten. Sie halten (S. 202) für die Beseitigung der Hemmungen, die der Steigerung der Wirtschaftlichkeit entgegenstehen, den Erlaß eines Reichs-Elektrizitätsgesetzes, das eine planmäßige Elektrizitätspolitik von Reichs wegen garantiert, für erforderlich, vor allem um die Eifersüchteleien der Länder um die Wahrung ihrer Hoheitsrechte zu unterbinden und den Ressortkrieg, das Gegeneinander- und Durcheinanderarbeiten der verschiedenen Elektrizitätsunternehmungen zu beseitigen. Viel würde schon durch eine reichsgesetzliche Regelung des Enteignungs- und Wegerechts erreicht.

Dipl.-Ing. zur Nedden (Reichskohlenrat) empfiehlt (S. 263) allergrößte Vorsicht bei der Entscheidung, ob seitens der Gesetzgebung etwas getan werden sollte oder könnte. Jede gesetzliche Maßnahme sei unvermeidlich mit einer Starrheit verbunden, und eine solche vertrage ein so labiles Gebiet, wie es unsere Elektrizitätswirtschaft mit ihren sich überstürzenden Fortschritten und Neuerungen ist, z. Z. nicht. Nur eine verhältnismäßig elastische Maßnahme und auch diese nur vorübergehend und probeweise wäre in Erwägung zu ziehen, wie sie in der Gesetzgebung Polens vorliegt, die bekanntlich Erweiterungen und Neubauten von Kraftwerken von der Feststellung ihrer wirtschaftlichen Notwendigkeit durch eine unparteiische Stelle vorsieht. Man schaffe damit freilich nur ein Korrelat für die notgedrungen monopolistische Verfassung der Elektrizitätsversorgung. Wichtiger als solche gesetzgeberischen Maßnahmen erscheint es dem Gutachter, das Vertrauen zwischen dem Elektrizitätswerk und seiner Abnehmerschaft zu stärken. Um dieses zu erreichen sei es aber notwendig, das z. Z. bestehende „elektrizitätsstatistische Halbdunkel" zu erhellen. Ebenso wie die englische Gesetzgebung vorschreibe, daß jedes Elektrizitätswerk seine Bilanz nach einheitlichem Schema aufzumachen und den Elektrizitätskommissaren einzureichen habe, wäre es wichtig, wenn auch in Deutschland den Elektrizitätswerken, die doch große monopolartige Vorrechte genießen, die Pflicht auferlegt würde, ihre Bilanzen nach gewissen einheitlichen Grundsätzen, d. h. mit einander vergleichbar, aufzustellen und zur Kenntnis zu geben, u. zw. einer ganz neutralen „Elektrizitätswirtschaftskammer", die auch alle anderen statistischen Unterlagen des In- wie des Auslandes zu sammeln und zu verarbeiten hätte und aus dem gesamten Material nicht Ergebnisse eines einzelnen Werks, sondern allgemeine Zusammenstellungen veröffentlicht, die zeigen, in welcher Richtung und wie stark der Fortschritt der Elektrizitätswirtschaft vor sich geht.

Dr.-Ing. Siegel (ELG) hält ein generelles Urteil darüber, ob durch Strombezug Vorteile gegenüber eigener Erzeugung erreicht werden können, für nicht möglich und bezeichnet es als bedenklich, in dieser Hinsicht irgendeinen Zwang auszuüben (S. 279).

Dr. Passavant (VdEW) warnt (S. 318) auf das eindringlichste vor der Schaffung einer besonderen Beratungstelle der Elektrizitätsversorgung, als deren einzige Folge er die sofortige Hemmung aller Bauplanungen sieht.

Aus diesen kurzen Auszügen geht hervor, daß unter den Sachverständigen z. Z. noch keine Einigkeit darüber herrscht, ob gesetzgeberische oder organisatorische Eingriffe in die bisher völlig freie Entwicklung der deutschen Elektrizitätswirtschaft anzustreben sind. Alle aber treten dafür ein, daß die mit so guten Erfolgen begonnenen Konzentrationsbestrebungen beschleunigt fortgesetzt werden müssen und es notwendig ist, die diesen noch entgegenstehenden, auf Eigenbrötelei, macht- und personalpolitischen Beweggründen beruhenden Einflüsse

[2] Die von der VdEW nach dem Stand vom 1. I. 1930 bearbeitete zweite, verbesserte Auflage der Karte verzeichnet jetzt auch die Hochspannungsleitungen von 30 kV an, kennzeichnet diese unterschiedlich nach solchen bis 80, 100 und 220 kV und enthält auch wieder die wichtigsten Kraftwerke, Umspann- und Schaltstationen. Sie ist von der Herausgeberin (Berlin W 62, Maaßenstr. 9) zum Preis von 20 RM zu beziehen.

Digitized by Google

tatkräftig zurückzudrängen. Nur wenn dieses gelingt, wird es möglich werden, zum Wohl der deutschen Gesamtwirtschaft das gesteckte Ziel zu erreichen, die Erzeugung und Verteilung der elektrischen Arbeit so günstig zu gestalten, daß diese allen Schichten der Bevölkerung zu tragbaren Preisen verfügbar gemacht werden kann. Thierbach.

RECHTSPFLEGE.

Berechnung des Strompreises bei ländlichen Elektrizitätsgenossenschaften. Befugnis zur Stromsperre. — Eine Elektrizitätsgenossenschaft, deren Zweck es ist, ihre Genossen mit Strom zu beliefern, den sie auf Grund eines Vertrages von einer Überlandzentrale bezieht, beabsichtigte, die für die Belieferung mit Strom von den Genossen zu zahlende Grundgebühr neu festzusetzen. In einer Generalversammlung wurde demnächst die Neufestsetzung beschlossen. Einige Genossen verweigerten die Zahlung und wurden alsbald aus der Genossenschaft ausgeschlossen. Der Strombezug wurde ihnen gesperrt. Sie erhoben daraufhin Klage, bestritten die Rechtsgültigkeit jenes Beschlusses, demzufolge die Wirksamkeit ihres Ausschlusses sowie auch für den Fall ihres Ausschlusses die Befugnis der Genossenschaft zur Sperre des Stromes und verlangten Schadensersatz. Ihre Klage wurde in erster Instanz abgewiesen. Ihre Berufung hatte keinen Erfolg. (Urteil des OLG. Rostock v. 23. X. 1929 — 2 Ee 244.)

Die Kläger machten zunächst geltend, daß die strittige Festsetzung von Grundgebühren für Kraft nach der Größe der Grundstücke statt der Bezahlung nach der Menge des bezogenen Stromes gegen den das Genossenschaftsrecht beherrschenden Grundsatz gleicher Verpflichtung der Genossen verstoße. Die Frage, ob in der Satzung den Genossen ungleiche, aber nach der Größe des Grundbesitzes abgestufte Verpflichtungen auferlegt werden können, ist zwar bestritten, das Gericht bejahte jedoch diese Frage. Im vorliegenden Fall lag insofern noch eine Besonderheit vor, als die Satzungen der Elektrizitätsgenossenschaft eine solche ungleiche Festsetzung der von den Genossen zu zahlenden Strompreise selbst nicht enthalten, sondern ihre Festsetzung dem Aufsichtsrat überlassen. Die Frage, ob damit dem Aufsichtsrat die Befugnis eingeräumt wird, die Preise für den Verbrauch elektrischer Arbeit nicht lediglich nach der Verbrauchsmenge zu bestimmen, sondern dabei auch eine Grundgebühr nach der Größe des belieferten Grundstücks festzusetzen, bejahte das OLG. Rostock ebenfalls. Denn die Strompreise dienten nicht nur der Bezahlung des gelieferten Stromes, sondern deckten auch die Kosten der Errichtung der Anlagen auf den einzelnen Grundstücken. Es liege auf der Hand, daß ein größeres Grundstück durchgängig mehr Strom verbrauche und die Kosten der Anlage auf ihm größer wären als auf einem kleinen Grundstück. Die vom Aufsichtsrat getroffene Bestimmung der Berechnung des Strompreises für Kraft nach der Größe der Grundstücke entspreche also annähernd dem Grundsatz gleicher Behandlung der Genossen und vereinfache die Berechnung. Wenn man weiter in Betracht ziehe, daß heute auch sonst bei der Berechnung des Stromverbrauchs von Grundpreisen ausgegangen werde, welche nach der Größe der Verbrauchstelle abgestuft seien, so dürfe angenommen werden, daß der Aufsichtsrat der Elektrizitätsgenossenschaft sich bei Festsetzung der für die Belieferung mit Kraft zu zahlenden Preise innerhalb der Grenzen seiner Befugnisse gehalten habe.

Die Rechtsgültigkeit des Ausschlußverfahrens prüfte das OLG. nicht, da die Elektrizitätsgenossenschaft auch dann zu der Stromsperre berechtigt sei, wenn die Kläger noch Genossen wären. Das Gericht begründete diese Auffassung wie folgt: Den Klägern ist zuzugeben, daß auf das Recht der Genossen zum Strombezug gegen Zahlung und die Pflicht der Genossenschaft zur Stromlieferung gegen Bezahlung die Grundsätze über gegenseitige Verträge nicht unmittelbar anwendbar sind. Das Recht des Genossen zum Strombezug ist ein Sonderrecht des Genossen und in solchen Sonderrechten mischen sich mitgliedschaftsrechtliche und schuldrechtliche Elemente. Aber in dem Strombezugsrecht treten gerade diese letzteren — die schuldrechtlichen Elemente — in den Vordergrund. Deshalb ist eine entsprechende Anwendung der Grundsätze über gegenseitige Verträge gerechtfertigt. Die Elektrizitätsgenossenschaft ist danach als berechtigt anzusehen, den Klägern den Strom zu sperren, solange sie ihre Weigerung zur Bezahlung der festgesetzten Strompreise aufrecht erhalten. Endlich ist auch der Einwand der Kläger unbegründet, nach den mit der Überlandzentrale getroffenen Vereinbarungen sei nur diese zur Sperre des Stromes berechtigt. Wenn die Überlandzentrale dies vereinbarte, so tat sie dies im eigenen Interesse, nicht aber im Interesse der Genossen. Wenn sie sich in ihrer Vereinbarung mit der Elektrizitätsgenossenschaft die Befugnis zur Stromsperre grundsätzlich selbst vorbehielt, so können die Genossen hieraus für sich keine Rechte ableiten.

Wann ist eine Montagebaustelle „Betriebstätte" im Sinne des Gew.-Steuerrechts? — Nach § 1 Abs. IV S. 1 GewStVO. ist „Betriebstätte" im Sinne der Verordnung jede feste örtliche Anlage oder Einrichtung, die der Ausübung des Betriebes eines stehenden Gewerbes dient. Nach dem Schlußsatz in Abs. IV gelten als Betriebstätten auch Bauausführungen, die die Dauer von 12 Monaten überschreiten. Der Begriff der Betriebstätte erfordert zwei Merkmale, einmal einen festen örtlichen Mittelpunkt, sodann aber eine gewisse Dauer, eine Stabilität des Betriebes. Danach ist eine Montagebaustelle, die nach dem Willen des Unternehmens dauernd dazu benutzt wird, um Montagen auszuführen, als „Betriebstätte" anzusehen. Zeitweise kurze Unterbrechungen der Arbeit zwischen den einzelnen Montagen schaden dabei nichts. Wird aber eine Montagebaustelle nur zur Ausführung einer einzigen, wenn auch längere Zeit in Anspruch nehmenden Montage benutzt, so ist gemäß § 1 Abs. IV GewStVO. das Merkmal der Stabilität nur vorhanden und damit diese Baustelle als Betriebstätte anzusehen, wenn die Ausführung der Montage die Dauer von 12 Monaten überschreitet. Kurze Unterbrechungen sind hier ebenfalls ohne Belang. Erst die Einstellung, u. zw. die dauernde, des Betriebes auf der Montagebaustelle beendet die Betriebstätteneigenschaft, dagegen nicht das Ruhen des Betriebes, also die vorläufige Einstellung. Allerdings ist für die Frage, ob ein Betrieb eingestellt ist oder nur ruht, die Zeitdauer der Unterbrechung des Betriebes als Beweismoment von Bedeutung. Ausschlaggebend für die Beantwortung dieser Frage ist aber vor allem der mit der Unterbrechung des Betriebes verbundene Wille des Betriebsinhabers. (Entsch. des OVG. v. 22. X. 1929 — G. St. 368/28.)

Dr. jur. C. v. dem Busch.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für Elektromaschinenbau (EVM) am Dienstag, dem 13. Mai 1930, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB Hörsaal 301.

Tagesordnung.

Vortrag des Herrn Dr.-Ing. Rudolf Mayer über das Thema: „Selbsterregte Schwingungen in Kreisen mit veränderlichen Selbstinduktionen."

Inhaltsangabe:

I. Entstehung von Frequenzen, die mit der aufgedrückten Frequenz in einem ganzzahligen Verhältnis stehen.

Beobachtete Erscheinung bei Frequenz-Vervielfachungsanlagen für drahtlose Telegraphie. Durch eine stark gesättigte Drossel ohne Gleichstromsättigung können Ströme der doppelten, vierfachen oder halben Frequenz erzeugt werden (und noch andere, die mit der aufgedrückten Frequenz in einem ganzzahligen Verhältnis stehen).

Die Erklärung dafür wird durch eine Analogie mit der Reluktanzmaschine (Synchronmaschine ohne Gleichstromerregung) gegeben.

II. Selbsterregte Amplitudenschwankungen in gekoppelten Kreisen.

Die Wechselstromquelle ist über ein Koppelglied mit einem Kreis verbunden, in dem eine eisengesättigte Selbstinduktion enthalten ist.

Digitized by Google

Die Bedingungen für das Entstehen stationärer Amplitudenschwankungen werden näher auseinandergesetzt.

Gäste willkommen.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstraße 1.

Fachausschuß für Elektromaschinenbau.
Der Vorsitzende:
Dr. Kloß.

Sitzung

am 25. März 1930, abends 7½ Uhr, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Direktor Dr.-Ing. Schapira.

Vorsitzender: In Vertretung des leider verhinderten Vereinsvorsitzenden eröffne ich die Sitzung und heiße Sie willkommen. Seit der letzten ordentlichen Sitzung sind 44 Neuanmeldungen eingegangen; die Liste liegt hier aus.

In der nächsten ordentlichen Sitzung wird Herr Prof. Dr. Philippi vortragen über das Thema: „Anforderungen und Fortschritte im Bau elektrischer Fördermaschinen."

Am 8. April findet ein Vortrags- und Diskussionsabend für jüngere Fachgenossen statt. Herr Obering. Plüer wird vortragen über das Thema: „Umschaltung in städtischen Gleich- und Drehstromnetzen unter Berücksichtigung der Abnehmeranlagen." Lebhafte Beteiligung der jüngeren Fachgenossen ist erwünscht.

Wir kommen zum 2. Punkt der Tagesordnung, zu dem Vortrage des Herrn Direktors Schiebeler über das Thema: „Neuerungen bei elektrischen Ausrüstungen von Hebezeugen und Tansportmaschinen." Ich bitte Herrn Direktor Schiebeler das Wort zu nehmen.

Der Vortrag wird gehalten.

Vorsitzender: Meine Damen und Herren! Sie haben durch Ihren lebhaften Beifall Ihrem Dank an Herrn Direktor Schiebeler Ausdruck gegeben. Ich eröffne nun die Diskussion und bitte um Wortmeldungen.

Vortrag und Diskussion werden demnächst veröffentlicht werden.

Vorsitzender: Herr Direktor Schiebeler hat auf einem interessanten Grenzgebiet von Maschinenbau und Elektrotechnik nicht nur uns Elektrotechnikern, sondern auch für den Maschinenbauer Neues und Wissenswertes gebracht. Ihr Beifall hat bewiesen, daß Sie ihm und den Herren Diskussionsrednern dafür Dank wissen. Ich danke Ihnen, daß Sie uns trotz der späten Stunde bis zuletzt Ihre Aufmerksamkeit geschenkt haben und schließe hiermit die Sitzung.

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Allwardt, Hugo, Elektrotechniker, Berlin
Andersch, Karl, Dipl.-Ing., Potsdam
Appel, Georg, Ingenieur, Nowawes
Beckmann, Hermann, Dipl.-Ing., Neuwied/Rhein
van den Bergh, Jacobus, Ingenieur, Den Haag
Beyer, Gerhard, Elektrotechniker, Berlin-Niederschönhausen
Böhm, Käte, Dipl.-Ing., Berlin
Borchert, Otto, Elektrotechniker, Berlin-Cöpenick
Chojeckl, Stefan, Dipl.-Ing., Dozent am Elektrot. Institut Uljanoff-Lenin, Leningrad
van Dijk, Dipl.-Ing., Den Haag
Eppmann, Wilhelm, Elektrotechniker, Berlin
Findeiß, Anton, Elektrotechniker, Berlin-Siemensstadt
Fischer, Reinhold, Ingenieur, Berlin-Pankow
Franke, Hans, Ingenieur, Berlin-Charlottenburg
Freytag, Heinz, Dipl.-Ing., Assistent a. d. Bergakademie, Clausthal-Zellerfeld
Funcke, Hans, Ingenieur-Praktikant, Berlin
Giebelhausen, Otto, Elektrotechniker, Berlin
Gnabs, Konstantin, Elektrotechniker, Berlin-Friedenau
Guhl, Alfred, Elektrotechniker, Berlin-Schöneberg
Hannich, Kurt, Elektrotechniker, Berlin-Friedrichsfelde
Hermessen, Erich, Elektroingenieur, Bochum i. W.
Inge, Lydia, Dr.-Ing., Leningrad-Lessnoje
Kaßner, Rudolf Elektrotechniker, Berlin
Keijser, Willem, Ingenieur, Direktor N. V. Nettenbouw, Amsterdam
Körber, Ernst, Elektrotechniker, Berlin-Oberschöneweide
Krammer, Alfred, Dipl.-Ing., Wien
Kunau, Harald, Elektroingenieur, Berlin-Wilmersdorf
Melchert, Werner, Dipl.-Ing., Berlin-Cöpenick
Mention, Joseph, Ingenieur, Brüssel
Müntner, Paul, Elektrotechniker, Berlin-Johannisthal
Nestel, Werner, Dipl.-Ing., Berlin-Schmargendorf
Pletsch, Hermann, Elektrotechniker, Berlin
Pollak, Ernst, Dipl.-Ing., Paris
Pröhl, Heinz, Elektrotechniker, Berlin-Buchholz
Purwin, Alfred, Dipl.-Ing., Berlin-Wilmersdorf
Semenza, Marco, Beratender Ingenieur, Mailand
Schneider, Erich, Elektrotechniker, Berlin-Niederschöneweide
Stawski, Hans-Wolf, Dipl.-Ing., Berlin
Steltenkamp, Ferdinand, Elektrotechniker, Berlin-Hermsdorf
Stöhr, Max, Regierungsbaumeister, Berlin
Technische Hochschule, Institut für elektrische Meßkunde und Hochspannungstechnik, Braunschweig
Vatterodt, Paul, Elektrotechniker, Berlin
Walter, Fritz, Physiker, Berlin-Schöneberg
Walther, Alexander, Ingenieur, Leningrad

Rückblick auf die wichtigsten Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrotechnik im Jahre 1929*.

(Schluß von S. 652.)

B. Elektrisches Nachrichtenwesen.

I. Fernsprechwesen.

1. Fernsprechweitverkehr.

Ende 1929 waren rd. 9100 km Fernkabel in Deutschland in Betrieb. Auch in den anderen Ländern hat der Ausbau des Fernkabelnetzes weitere Fortschritte gemacht.

Die Zahl der Vierdrahtleitungen im Fernkabelnetz wurde weiterhin erhöht. Es wurden eingerichtet und in Betrieb genommen

15 Leitungen innerhalb Deutschlands,
32 Leitungen zwischen Deutschland und dem Ausland,
1 Leitung zwischen zwei Auslandstaaten durch deutsches Gebiet.

Die Zahl der Ende 1929 in Betrieb befindlichen Vierdrahtleitungen beträgt 220. Diese setzt sich zusammen aus

62 innerdeutschen Leitungen,
142 Leitungen zwischen Deutschland und dem Ausland und
16 Leitungen zwischen Auslandstaaten im Durchgang durch deutsches Gebiet.

Eine Anzahl älterer Fernkabellinien wurden nachträglich mit Musik- und leichter Pupinisierung sowie zur Verbesserung der elektrischen Eigenschaften mit einem neuzeitlichen Kapazitätsausgleich versehen. Zur Herabminderung der Ungleichheiten im Wellenwiderstand der Fernkabel wird bei der Verlegung von Kabeln eine Gruppierung der Fernkabellängen nach den Mittelwerten der Betriebskapazitäten ausgeführt.

Auf dem neuen Fernkabel zwischen Hannover und Wiedenbrück, bei dem eine neue Art der Pupinisierung angewandt wurde, sind Versuchsleitungen in einer Gesamtlänge von etwa 15 000 km eingerichtet worden. Die Ergebnisse zeigten, daß die Erhöhung der Grenzfrequenz für die mittelstarke Pupinisierung um etwa 20% eine erhebliche Verbesserung der Verständlichkeit und eine bedeutende Reichweitenerhöhung der Zweidraht- und Vierdrahtleitungen gebracht hat. Der Einsatz von Phasenausgleich in mittelstark pupinisierte Vierdrahtleitungen dieser Art macht sie auf erhebliche Längen den teuren schwach pupinisierten Vierdrahtleitungen gleichwertig. Beide Ergebnisse bedeuten einen technischen Fortschritt und eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von Fernkabelanlagen. Auf der im Juni 1929 in Berlin abgehaltenen Vollversammlung des CCI für den Fernsprechweitverkehr wurde das vorgeschlagene neue Pupinisierungsverfahren mit erhöhter Grenzfrequenz als Methode II in die Empfehlungen des CCI aufgenommen.

In Kabeln dieser Art kann der Zweidrahtbetrieb im größeren Umfange als bisher für den Weitverkehr nutzbar gemacht werden. Dies erforderte eine Vermehrung der 1,4 mm starken Leitungen. Daher mußte der Fernkabelaufbau wesentlich geändert werden, um in den Fernkabeln eine größere Anzahl von 1.4 mm starken Aderpaaren unterzubringen. Dem wurde durch die Entwicklung von neuen Fernkabeln Rechnung getragen, mit deren Lieferung im Jahre 1930 begonnen werden wird. Der Kern dieser Kabel enthält abweichend von der bisherigen Form zwei elektrisch geschirmte Adernpaare für Rundfunkübertragungen und einen ungeschirmten Vierer in DM-Verseilung für Meßzwecke und den Dienstverkehr. Die bisherigen Fernkabelarten bleiben daneben bestehen.

Von der Ergänzung abweichender Spulenfeldlängen durch Kondensatoren ist in letzter Zeit abgegangen worden. Dafür sind neuerdings Kabel mit doppelter Betriebskapazität der Fernkabel entwickelt worden und bereits mit Erfolg verschiedentlich zur Anwendung gekommen. Mit den technischen Vorzügen dieser Kabel sind auch wirtschaftliche Vorteile verbunden.

Für die Überwachung und Störungseingrenzung von mit Verstärkern betriebenen Leitungen wurde eine größere Anzahl von Meß-

* Vgl. den Bericht über die Jahresversammlung, ETZ 1930, S. 408.

Digitized by Google

schränken beschafft, so daß in Kürze sämtliche Verstärkerämter und alle wichtigen Endämter mit Meßeinrichtungen versehen sein werden. Für die neuen Schränke wird der Pegelzeiger Verwendung finden, der gestattet, den Übertragungswert (Pegel) unmittelbar an einem Zeigerinstrument abzulesen.

Die Weiterentwicklung der Meßgeräte war durch den Übergang von subjektiven Meßmethoden zu objektiven Methoden mit optischer Ablesung, durch Erweiterung des Frequenzbereiches auf den Bereich von 50 ... 10 000 Hz und durch Erhöhung der Meßgenauigkeit auf Dämpfungswerte bis zu etwa 13 ... 15 Neper gekennzeichnet. In dieser Weise wurden fast sämtliche Geräte umgebaut, insbesondere die Geräte für die Wechselstrommeßschränke der Verstärkerämter. Wie für Sprechverbindungen, wurden auch für die Unterlagerungstelegraphieverbindungen, für die Wechselstromtelegraphie, die Trägerfrequenztelephonie, für elektroakustische und für Rundfunkgeräte Meßgeräte gebaut, die zur Prüfung und Betriebsüberwachung nötig sind.

Zur objektiven Messung des Übertragungsmaßes von Mikrophonen und Telephonen dient der im Abschnitt V aufgeführte Haupteichkreis. Er ist in allen Einzelheiten absolut eichbar und dient mit Anschluß an den Nullpunkt des Pariser Ureichkreises zur Eichung der Arbeitseichkreise.

Die technische Entwicklungsarbeit an Verstärkern und Zusatzapparaten für Vierdrahtleitungen wurde allgemein von dem Grundsatz geleitet, weitere Vereinheitlichung zu erzielen. So erfuhren die verzerrenden Verlängerungsleitungen für die verschiedenen Leitungsarten eine Zusammenfassung in konstruktiver und elektrischer Hinsicht dadurch, daß für alle Leitungsarten nur zwei verschiedene Konstruktionen vorhanden sind, bei welchen die erforderlichen Frequenzgänge der Dämpfung nach 6 bzw. 3 Verzerrungskurven eingestellt werden können.

Weiterhin wurden die Vierdrahtverstärker für Stoßstellen innerhalb des Fernkabelnetzes vereinheitlicht durch Entwicklung der Vierdrahtverstärker mit Mittelkurven. Diese Verstärker erfassen sämtliche Übergänge von Leitungen gleicher Schalt- und Pupinisierungsart. Für Stoßstellen von Leitungen verschiedener Pupinisierung wurden Verstärker mit getrennter Entzerrung für beide Richtungen entwickelt.

Die Einführung des neuen Fernkabelsystems (1,7 km Spulenabstand) bedingte neben der Entwicklung der Verstärker mit Mittelkurve

1. die konstruktive Einordnung der Phasenausgleichsmittel,
2. Ausarbeitung einer Methode zur Prüfung der nichtlinearen Verzerrung von Verstärkern.

Mit dem Ziel, die Restdämpfung auf Vierdrahtleitungen zu verringern und ihre Stabilität zu verbessern, wurden Rückkopplungssperren erprobt und an einer Betriebsleitung längere Zeit in ihrer Wirkung beobachtet. Sie gestatten, ohne Betriebsstörungen Vierdrahtleitungen mit der Restdämpfung 0 zu betreiben.

Zweidrahtleitungen. Die Vorbereitungs- und Entwicklungsarbeiten an älteren Verstärkern mit dem Ziele, diese Verstärker nachträglich für die Zwecke der Unterlagerungstelegraphie herzurichten, wurden im Berichtsjahre zu Ende geführt. Es wurden UT-Sperrkreise beschafft, die die Verstärkung unterhalb einer Frequenz von 300 Hz abschneiden.

Für das Tonfrequenz-Rufverfahren wurde ein neuer Rufsatz mit nur einer Verstärkerröhre und einem Trockengleichrichter entwickelt, bei dem die Verstärkerröhre mit Wechselstrom geheizt wird. An der Vereinheitlichung der Schaltung für alle Lieferfirmen sowie für Zweidraht- und Vierdrahtleitungen wird gearbeitet.

Zwischen Königsberg (Pr.) und Riga wurde eine zweite Hochfrequenz-Fernsprechverbindung mit einem Hochfrequenzzwischenverstärker in Libau in Betrieb genommen.

Eine neue Art des Fernsprechens auf Fernkabelleitungen, die Zweibandtelephonie, wurde erprobt und eine Verbindung zwischen Stralsund und Malmö versuchsweise in Betrieb genommen. Die Zweibandtelephonie vereinigt die Vorteile der Vierdrahtschaltung (rückkopplungsfrei, unabhängig von der Leitungsdämpfung) und der Zweidrahtschaltung (Erfordernis nur einer Doppelleitung). Bei der Zweibandtelephonie werden die Sprechströme auf einer schwach pupinisierten Doppelader in einer Richtung in normaler Weise über Vierdrahtverstärker geleitet, während sie in der anderen Richtung mit einer Trägerfrequenz übertragen werden. Es entsteht hierbei ein Überlagerungsfrequenzband, das unterhalb der Grenzfrequenz des Kabels, aber oberhalb des niederfrequenten Übertragungsbereichs liegt. Der Versuchsbetrieb hat so günstige Ergebnisse gezeitigt, daß die Ausrüstung weiterer sechs Leitungen nach Schweden mit Zweibandtelephonie in Angriff genommen ist.

Zwecks Ersparung von Reisen ist eine Fernkonferenzanlage entwickelt und inzwischen praktisch erprobt worden, die eine Zusammenlegung mehrerer Teilnehmer über die verschiedensten Fernleitungen zu einer gemeinsamen Konferenz mit guter gegenseitiger Verständigung gestattet.

2. Kabeltechnik.

a) Landkabel. In den elektrischen Eigenschaften der Fernsprechkabel wurde eine erhöhte Gleichmäßigkeit dadurch erzielt, daß zur Farbenkennzeichnung der Kabeladern nicht mehr farbiges Papier, sondern naturfarbenes Papier mit aufgedruckten Farbstreifen eingeführt wurde, nachdem sich gezeigt hatte, daß die durchgefärbten Papiere Unterschiede in den elektrischen Werten der einzelnen Adern verursachen.

Die auf Veranlassung der Deutschen Reichspost ausgeführten Versuche mit verschiedenen Legierungen für Bleimäntel führten zur Einführung der Antimonlegierung auch für Kabel der Reichspost.

Hinsichtlich der Konstruktion der Pupinspulen wurden weitere Verbesserungen vorgenommen, die sich besonders auf die Verringerung der Spulenausmaße und auf die Herabsetzung der Verluste erstrecken. Durch Wahl verbesserter Materialien für die Herstellung der Spulenkerne gelang es, die Hystereseverluste der Spulen wesentlich herabzusetzen. Die geringen Hystereseverluste, die zur Vermeidung störender nichtlinearer Verzerrungen gefordert werden müssen, haben besondere Bedeutung bei Seekabeln hoher Betriebsdämpfung wegen der hohen Stromstärke der Sprechströme am Kabelanfang.

Auf dem Gebiete der gewöhnlichen Anschlußkabel sind Fabrikationsversuche abgeschlossen worden, die den Zweck hatten, Anschlußkabel mit möglichst hoher Sprechkreiszahl herzustellen. Bei Einhaltung des mit Rücksicht auf die Röhrenkanäle zulässigen Höchstdurchmessers von 85 mm über Blei ergeben sich Stadtkabel mit 1416 Doppeladern von 0,6 mm Leiterstärke, die bezüglich ihrer elektrischen Werte den Postvorschriften genügen und in einer Reihe von Aufträgen an die Reichspost geliefert worden sind. Unter Überschreitung des postseitig zugelassenen Kapazitätshöchstwertes ließ sich die Paarzahl noch auf 2128 steigern.

Bei Vergrößerung des Durchmessers über Blei auf das für die Herstellung gerade noch zulässige Höchstmaß von 115 mm wurden Kabel gewonnen, die bei Einhaltung der Postvorschriften 2508 Doppeladern und unter Zulassung höherer Betriebskapazitäten 4048 Doppeladern von 0,6 mm Leiterstärke enthielten. Dieses Kabel, bei dem je vier Sternvierer zu besonderen Verseilgruppen zusammengefaßt sind, dürfte das höchstpaarige bis jetzt hergestellte Bleikabel sein.

b) Seekabel. Das Interesse an Fernsprechseekabeln ist auch im vergangenen Jahre sehr groß gewesen. Die Vorarbeiten für transatlantische Fernsprechkabel sind mit großem Eifer fortgesetzt worden. Sie erstreckten sich sowohl auf die Entwicklung eines für Tiefsee geeigneten papierisolierten Kabeltyps als auch auf die Ausgestaltung der mit guttaperchaähnlichen Stoffen isolierten Kabel für diesen Zweck. Die in elektrischer Hinsicht zu stellenden Anforderungen wurden in eingehenden Untersuchungen geklärt, wobei auch die wirtschaftlichen Möglichkeiten geprüft wurden. Es ist zu erwarten, daß bereits das kommende Jahr die Verlegung von Probekabeln bringen wird.

Bei den kürzeren Seekabeln war durch die erfolgreichen Verlegungen der letzten Jahre der Beweis für die Zuverlässigkeit der Pupinkabel erbracht worden. Es ist daher für eine ganze Reihe von Strecken die Planung solcher Kabel im Berichtsjahr in Angriff genommen worden. Für die Verbindung von Gotland mit Schweden ist bereits ein Auftrag auf ein 170 km langes Kabel mit sieben Vierern erteilt worden.

Das im Oktober 1928 für eine neue Verbindung nach Ostpreußen bestellte neue Fernsprechseekabel ist im Sommer 1929 verlegt worden. Es enthält 22 Vierdrahtkreise und ein Rundfunkpaar. Es ist bemerkenswert, daß eine hohe Dämpfung für dieses Kabel zugelassen werden konnte, die bei 2400 Hz 5,8 Neper beträgt, also wesentlich mehr als bei den bisherigen Fernsprechseekabeln. Hieraus ergibt sich eine ganz beträchtliche Ersparnis an Herstellungskosten für das neue Kabel, da die hohe Dämpfungsgrenze es erlaubte, mit 1 mm starken Leitern auszukommen gegenüber einer Drahtstärke von 2,1 mm, wie sie für die früher verlegten Ostpreußenkabel angewendet ist. Einen bedeutsamen Fortschritt in der Seekabeltechnik be-

Digitized by Google

deuten auch die an dem neuen Ostpreußenkabel erzielten Werte der Übersprech- und Gegenübersprechdämpfung, die den Garantiewert von 12,5 Neper erheblich übersteigen. Für den Betrieb dieses Kabels wurden Kaskadenverstärker entwickelt.

3. Technik des Nahverkehrs.

Um bei Orts- und Fernverbindungen der Fernsprechteilnehmer eine ausreichende und gleichmäßige Sprechverbindung sicherzustellen sowie einen planmäßigen und einheitlichen Aufbau der Ortsnetze zu ermöglichen, sind die für Ortsverbindungsleitungen und Fernvermittlungsleitungen je nach ihrer Länge zu verwendende Leiterart sowie die etwa erforderliche Pupinisierungsweise allgemein geregelt worden. Nach ähnlichen Grundsätzen sind Dämpfungsgrenzen für Überweisungsleitungen zwischen kleinen Ortsnetzen ohne eigenes Fernamt und dem ihnen zugeordneten Überweisungsamt sowie für Schnellverkehrsleitungen festgesetzt und entsprechende Regeln über Leiterart und Pupinisierungsweise gegeben worden.

Auch für die in oberirdisch geführte Fernsprechleitungen einzuschaltenden Kabelstrecken sind Normen aufgestellt, die für solche Kabelstrecken eine möglichst weitgehende Anpassung an den Wellenwiderstand der Freileitung bezwecken, die also die Homogenität der Leitungen und damit ihre Eignung für den Verstärkerbetrieb sicherstellen sollen.

Für wichtigere Fernleitungskabel — z. B. in Schnellverkehrsnetzen — ist Viererausnutzung vorgesehen, die durch erhöhte Anforderungen an die Gleichmäßigkeit des Kabelaufbaues sowie durch nachträglichen Einbau von Nebensprechausgleichsmitteln ermöglicht werden soll.

4. Selbstanschlußtechnik, Amtsbau.

Auch im vergangenen Jahre hat die Ersetzung des Handbetriebes durch den Selbstanschlußbetrieb bei den Fernsprechvermittlungstellen erhebliche Fortschritte gemacht. Die Zahl der an Selbstanschlußämter herangeführten Hauptanschlüsse beträgt 40,2 % gegen 28,2 % im Jahre vorher. Seit Beginn dieses Jahres wurden insgesamt 258 neue Selbstanschlußämter in Betrieb genommen. In mehreren großen Ortsnetzen, z. B. in Köln, Hannover, Breslau, in denen bisher noch Hand- und Selbstanschlußbetrieb nebeneinander bestanden, ist der reine Selbstanschlußbetrieb durchgeführt worden. In einer Reihe solcher Ortsnetze mit doppelter Betriebsweise, z. B. in Berlin, Hamburg, Frankfurt (Main), Bremen, Chemnitz, werden die dem gleichen Ziele dienenden Arbeiten mit Nachdruck fortgesetzt.

Neuerungen in den Ortsämtern. Die im Jahre 1928 begonnene Entwicklung eines neuen Systems mit Heb-Drehwählern neuer Ausführung (Viereckwählern M 27) und Flachrelais (M 28) für große und kleine SA-Ämter, wurde abgeschlossen. Die ersten großen SA-Ämter dieser Art sind aufgebaut und werden demnächst in Betrieb genommen.

Die Schaltungen stimmen mit denen des bisherigen Systems in den Grundzügen überein, so daß Ämter beider Arten ohne Zwischenschaltung von Übertragungen miteinander in Verbindung gesetzt werden können. Die Möglichkeit zweiadrigen Verkehrs wurde überall vorgesehen.

Die Frage der Großsammelanschlüsse wurde zum Abschluß gebracht (Einführung eines Mischwählers mit Voreinstellung, wobei an Stelle besonderer Leitungswähler die gewöhnlichen für Sammelanschlüsse verwendet werden).

Für den Anschluß von Hilfsämtern an Selbstanschlußämter wurden Stromstoßübertragungen und Schaltungen für Überbrückungsverkehr sowohl bei zwei- als auch bei dreiadrigem Verkehr entworfen.

Für die kleinen Selbstanschlußämter (bis 100 Anschlüsse) wurden zwecks Platzersparnis, zur Verringerung der Aufbaukosten und zur Betriebsvereinheitlichung folgende Verbesserungen konstruktiver Art durchgeführt:

a) Zusamenfassung der bisher getrennt aufgestellten Teile der Amtseinrichtungen: Hauptverteiler, Speisebrücken, Rufstromquelle und Ladeeinrichtung in einem Gestelle — Zusatzgestell —, das mit den Wählergestellen verbunden wird;

b) Einführung von Ruf- und Signalmaschinen zur Vereinheitlichung der Signale. Es werden fünf VA-Einanker-Umformer verwendet, die außer dem Rufstrom von 25 Hz noch einen hohen und tiefen Summerton von 450 bzw. 150 Hz liefern. Durch die neuen Einrichtungen wird eine Raumersparnis von rund 25 % erzielt;

c) An Stelle der bisherigen Argonalgleichrichter, die sich wegen ihrer Größe zum Einbau in das Zusatzgestell nicht eigneten, werden Glühkathodengleichrichter kleinerer Abmessungen als Ladeeinrichtung verwendet.

Das Ladegerät ist mit einem Transformator ausgerüstet, der je nach den Netzverhältnissen die Verbindung mit 115, 125, 135, 200, 220 und 240 V Spannung ermöglicht. In jedem Ladegerät werden als Gleichrichter zwei Röhren in Parallelschaltung verwendet. Die Anschaltung des Netzes an die Ladeeinrichtung (Pufferschaltung) geschieht selbsttätig beim Anruf eines Teilnehmers.

Neuerungen im Fernverkehr. Die Schaltungen für Fernschränke (Fernplätze und besondere Durchgangsplätze) wurden verbessert, ebenso die Schaltungen für das Ferntischsystem, das in Mannheim, Elberfeld und Berlin eingeführt ist und auch im neuen Fernamt Hamburg Anwendung finden soll.

Vorbereitet sind Betriebsversuche, durch die geeignete Maßnahmen zur Vereinfachung, Verbilligung und Beschleunigung des Fernverkehrs ermittelt und erprobt werden sollen (z. B. Wahl des fernen Teilnehmers vom Fernplatz des Abgangsamtes aus usw.).

Versuche mit Tonfrequenzfernwahl zwischen Berlin und Mannheim wurden abgeschlossen. Ein größerer Betriebsversuch ist zwischen Berlin und Hamburg in die Wege geleitet.

In Betrieb genommen wurden 13 neue Fernämter, darunter das in Berlin (am 18. 5. 1930). Dieses Fernamt umfaßt z. Z. einen Meldesaal mit 190 Meldeplätzen und drei Fernsäle mit zusammen rd. 695 Arbeitsplätzen (einschließlich Vorrat). Die Zahl der zum Betrieb eingeführten Fernleitungen beträgt rd. 980, davon sind 600 Leitungen für den Durchgangsverkehr benutzt. Ferner sind 3000 Fernvermittlungsleitungen nach den Berliner Ortsämtern, rd. 500 Meldeleitungen und rd. 450 sonstige Leitungen, z. B. Ausnahmequerverbindungen, Börsenleitungen, Funkleitungen vorhanden. Durchgangsgespräche werden in einem besonderen Durchgangsamt mit Einrichtungen für unverstärkten Verkehr und Verkehr mit Verstärkern (Zweidraht und Vierdraht) hergestellt.

Neuerungen im Schnellverkehr und Überweisungsverkehr. Im Schnellverkehr hat es sich als erforderlich erwiesen, die Angabe der Rufnummer des anmeldenden Teilnehmers auf ihre Richtigkeit hin zu prüfen. Hierfür ist ein Überwachungschrank für SA-Ämter nach dem Tausender-System entwickelt worden. Er gestattet sowohl auf Anfordern des Knotenamts-A-Platzes wie unabhängig von diesem die vom Teilnehmer angesagte Rufnummer zu prüfen und für den Fall, daß die Nummer unrichtig angegeben ist, die Auflösung der vom Teilnehmer hergestellten Verbindung zu verhindern, „den Teilnehmer zu fangen".

Zur Herabsetzung der Selbstkosten für den Schnellverkehr in der Ortszone, der gegen eine Gebühr von 10 Rpf abgewickelt wird, wurden Schaltungen entwickelt, die eine selbsttätige Zählung der Gespräche bewirken.

Um die Berechnungsmethoden verschiedener statistischer Aufgaben des Fernsprechverkehrs (Wartezeiten im Schnellverkehr, Berechnung des Gesprächsverlustes auf einer Wählerstufe u. a.) auf eine neue Grundlage zu stellen, wurde unter sehr allgemeinen Voraussetzungen eine exakte Theorie des Wartens (z. B. vor mehreren parallel arbeitenden Schaltern) aufgestellt.

5. Nebenstellentechnik und Sprechstellenapparate.

a) Nebenstellen. Die höheren Anforderungen, die der Selbstanschlußbetrieb im Gegensatz zu den bisherigen Betriebsweisen (OB- und ZB-Betrieb) an die Beschaffenheit der Apparate in den Teilnehmersprechstellen stellt, führten dazu, die Glühlampenschränke einer Umgestaltung, insbesondere auch hinsichtlich der Isolation, zu unterziehen.

Dem Zuge der Zeit folgend, die nach Automatisierung und Mechanisierung der Verkehrseinrichtungen drängt, hat die Reichspost eine neue Nebenstellen-Selbstanschlußanlage, die SA-Nebenstellenanlage 29, entwickelt. Sie hat ein Fassungsvermögen von 5 Amts- und 50 Nebenstellenleitungen und kann nötigenfalls bis auf 10 Amtsleitungen und 90 Nebenstellen erweitert werden. Der Verkehr der Nebenstellen untereinander sowie in abgehender Richtung zum Amt ist vollselbsttätig (Nummernscheibe). In ankommender Richtung geht der Amtsverkehr über einen kleinen Vermittlungsschrank, an dem die Verbindungen mit den gewünschten Nebenstellen unter Benutzung von Stöpseln hergestellt werden. Sprechstellen, die vom Verkehr mit dem Amt ausgeschlossen werden sollen, können in einfacher Weise dieser Forderung angepaßt werden. Die selbsttätigen Verbindungsorgane, fünf an der Zahl, bestehen aus je einem Anrufsucher zu 50 Leitungen und einem Hebdrehwähler neuester Bauart (Hebdrehwähler

Digitized by Google

M 27). Da die Schaltelemente nur eine Spannung von 24 V benötigen, da ferner die Aufladung der Batterie während des Betriebes durch Pufferung vorgesehen ist, genügt für die Anlage eine kleine ortsbewegliche Batterie von zwölf Sammlerzellen.

b) Teilnehmerapparate. Es ist eine neue Mikrophonsprechkapsel mit der Bezeichnung SA 28 eingeführt worden, die nur 70 ... 150 Ω Widerstand hat und so gebaut ist, daß keine Unterbrechungen des Stromwegs bei ungünstiger Schräglage des Handapparates auftreten können.

Im weiteren wurde als zweiter Hörer der Muschelfernhörer 29 (Benaudi-Fernhörer) eingeführt, der den Vorteil hat, daß er auf die Ohrmuschel gehängt werden kann und somit die rechte Hand frei läßt.

Ferner wurde ein Fernsprechhäuschen für öffentliche Sprechstellen entwickelt, das möglichst in allen Orten nach einheitlichem Muster eingeführt werden soll; es ist mit einem Wertzeichengeber ausgerüstet.

Die neuen Münzfernsprecher für Selbstanschlußämter, die sowohl für den Orts- als auch für den Fern- und Schnellverkehr sowie zur Aufgabe von Telegrammen bestimmt sind und Einwurföffnungen für 5, 10 und 50 Rpf sowie 1 RM-Stücke haben, wurden schaltungstechnisch den neuen SA-Apparaten 28 angepaßt und in einigen Punkten noch konstruktiv verbessert. Über 2500 Münzfernsprecher sind bisher aufgestellt worden.

6. Verstärkereinrichtungen.

a) Verstärkeramtsbau. Die stetig voranschreitende Entwicklung der Verstärkertechnik hat auch auf dem Gebiete des Fernsprech-Verstärkeramtsbaus Fortschritte gebracht. Als besonders wichtig ist hier folgendes zu erwähnen:

Wirtschaftliche, betriebliche und fabrikatorische Gründe führten zu einer Vereinheitlichung der von verschiedenen Firmen gelieferten Verstärker in Schaltung und Aufbau. Der konstruktive Aufbau der neuen Verstärker, von denen die ersten 1929 in den Betrieb kamen, ist kurz dadurch gekennzeichnet, daß die allen Verstärkerarten gemeinsamen Teile wie Vor-, Nachübertrager, Verstärkeröhren usw. zu einer Einheit auf einer Platte für sich vereinigt sind und die nach der Leitungsart verschiedenen Entzerrerteile, Reglungswiderstände usw. auf einer zweiten Platte untergebracht sind. Beide zusammen bilden den Verstärkersatz.

Entsprechend dem schnell zunehmenden Umfang des Fernkabelnetzes, der Zunahme des Verkehrs und der fortschreitenden Gütebesserung der Fernkabel wurden eine Anzahl von Verstärkerämtern neu eingerichtet und zahlreiche bestehende Ämter neuzeitlich ausgebaut und erweitert.

b) Schnurverstärker. Die Bedeutung der Schnurverstärker für die Abwicklung des Fernsprechweitverkehrs hat auch weiterhin stark zugenommen. Zahlreiche neue Schnurverstärkerämter sind eingerichtet, vorhandene in großem Ausmaße erweitert worden. Dabei hat sich die Notwendigkeit ergeben, die Zahl der für den Durchgangsverkehr zwischen den Vierdrahtleitungen bestimmten, in die Schnurverstärkeranlagen eingegliederten Schalteinrichtungen zu vermehren. Von besonderer Bedeutung war die Inbetriebnahme der Schnurverstärkeranlage des neuen Fernamts Berlin, sowohl was den Umfang als auch die Schaltung anbetrifft. Bei dieser Schaltung sind die Verbindungsorgane für den Durchgangsverkehr über Schnurverstärker und Vierdrahtleitungen zu einer Einheitsklinken- und Einheitsschnurschaltung zusammengefaßt. Die Schnurpaare enthalten gemeinsam die Schnurverstärker und die Vierdrahtzusätze, die innerhalb der Schnurschaltung mittels Relais selbsttätig ein- und ausgeschaltet werden.

II. Telegraphie.

1. Telegraphie auf Landleitungen.

Das deutsche Fernkabelnetz wurde in großem Maßstabe mit Geräten für Unterlagerungstelegraphie ausgerüstet. Ferner wurden Geräte für Tonfrequenztelegraphie mit zwölf Telegraphierkanälen auf einer Leitung fertiggestellt und zwischen Zürich, Frankfurt a. M. und Berlin in Betrieb genommen.

In der Tonfrequenztelegraphie wurde durch Einführung von Trockengleichrichtern an Stelle von Richtverstärkern und durch Entwicklung einer neuen Empfangschaltung mit Impulsverstärkung und Haltestrommitteln eine größere Betriebsicherheit erreicht, an der auch der Ersatz der Röhrengeneratoren durch Tonfrequenzmaschinen wesentlichen Anteil hat.

Der Springschreiber wurde als Betriebsapparat für Nebentelegraphen zugelassen und in größerem Umfange im allgemeinen Telegraphenverkehr der DRP eingeführt. Er bietet den Vorteil, daß er ohne dauernden Gleichlauf arbeitet. Da sein Sender ein Tastenwerk besitzt, das mit dem der Schreibmaschine weitgehend übereinstimmt, kann der Apparat von jedem ohne lange Ausbildung — also auch von Privatpersonen — bedient werden. Der Druck erfolgt auf Streifen oder auf Blätter. Die Leistung beträgt bis zu 80 Telegrammen/Sekunde. Das Telegraphenamt Leipzig wird für den Fern- und Stadtverkehr als Musteramt mit diesen Springschreibern ausgerüstet.

Die guten Erfolge, die mit den bekannten Apparatkonstruktionen dieser Art in der Praxis erzielt wurden, haben die Weiterentwicklung auf diesem Gebiete sehr befruchtet. Eine verbesserte mechanisch arbeitende Fernschreibmaschine für Bogen- und Streifendruck wurde entwickelt und gründlichen Dauerversuchen unterworfen, in denen sie sich vorzüglich bewährte, so daß die Fabrikation aufgenommen wurde. Auch eine elektrisch arbeitende Fernschreibmaschine wurde versuchsweise dem Betrieb übergeben.

Da die Erfahrungen mit dem Springschreiber in technischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Hinsicht befriedigt haben, wird die DRP ihn als Einheitsapparat als Ersatz für die zahlreichen bisher verwendeten Apparate einführen. Sie denkt außerdem an die Einrichtung eines öffentlichen Fernschreibnetzes, auf dem die angeschlossenen Teilnehmer mittels ihres eigenen Springschreibers schriftlich Nachrichten austauschen können, genau so, wie sie heute den Fernsprecher zum mündlichen Nachrichtenaustausch benutzen.

Weitere Bildtelegraphenstationen wurden in Frankfurt a. M., Hamburg, Stockholm und Kopenhagen in Betrieb genommen. Die deutsche Presse verwendet in steigendem Maße den Bildtelegraphen für ihren Bilder-Nachrichtendienst auf eigenen, von der Reichspost gemieteten Leitungen.

2. Seekabeltelegraphie.

Auf dem Gebiete der Seetelegraphenkabel ist von den Norddeutschen Seekabelwerken für die Deutsch-Atlantische Telegraphengesellschaft ein Kabel Emden—Vigo als Ersatz für das im Kriege verlorene verlegt worden; es ist im Oktober in Betrieb genommen worden. Dieses Kabel hat eine wesentlich größere Aufnahmefähigkeit als das Vorkriegskabel. Es dient dem Verkehr mit Spanien, Portugal, den Mittelmeerländern, Südamerika, Afrika, Asien und Australien. Die im Jahre 1926 eingerichtete Kabelverbindung Emden—Eastern bleibt neben dem Vigokabel bestehen.

Zur Beschleunigung des Berliner Telegrammverkehrs mit Nordamerika hat die Deutsch-Atlantische Telegraphengesellschaft im Februar 1929 eine unmittelbare Verbindung Berlin—New York ohne jegliche Umtelegraphierung auf Zwischenämtern eingerichtet. Die Leitung wird in Berlin im Haupttelegraphenamt mit Syphon-Rekorder (Heberschreiber) betrieben und endet in New York in dem Amt der Western Union Telegraph Company. Die Verbindung hat sich sehr bewährt.

Beim Haupttelegraphenamt Berlin besteht ferner eine Kabelstelle, die Telegramme aus Übersee den Empfängern in Berlin zuspricht und von Kunden Telegramme nach Übersee annimmt. Mehrere Firmen mit großem Überseeverkehr haben eigene Fernsprechverbindungen mit dieser Kabelstelle.

Das Permalloy-Kabel Emden—Horta—New York vom Jahre 1926 wird bekanntlich in fünf Kanälen unmittelbar zwischen Emden und New York mit einer Geschwindigkeit von 300 Druckbuchstaben in der Minute pro Kanal betrieben. Es sind Versuche im Gange, je einen Kanal von Emden nach Berlin und Hamburg durchzuschalten, um die Umtelegraphierung in Emden zu ersparen.

III. Beeinflussung zwischen Starkstrom und Schwachstrom.

Zur Kennzeichnung der Fernsprechstörwirkung von Starkstromanlagen sind in größerem Umfang Störspannungsmessungen an Drehstrom-Hochspannungsleitungen, an Einphasenleitungen und an Fahrleitungen von Gleichstrombahnen vorgenommen worden. Insbesondere an Gleichstrombahnen sind Messungen nötig geworden, um zahlenmäßige Unterlagen über die Störspannungen der Gleichstromerzeuger für die „Gleichrichterleitsätze" zu erhalten. Nach den bisherigen Messungen an etwa 50 Stromerzeugern betragen die Störungsspannungen in Prozent der Gleichspannung im Mittel:

bei Sechsphasengleichrichtern . .	2,5 bis 3
„ Kaskadenumformern	1.0 „ 1.5
„ Einankerumformern	0,4 „ 0.5
„ Generatoren	0,1.

Digitized by Google

Gleichrichterstörungen. Die Glättungseinrichtungen gegen die Einwirkungen von Gleichrichteranlagen auf Fernmeldeleitungen haben eine weitere Verbesserung dadurch erfahren, daß die sog. Stromresonanzschaltung zu den bisher üblichen Spannungsresonanzkreisen hinzutritt[1]. Infolge dieser Kunstschaltung kann bei Glättungseinrichtungen für hohe Dauerstromstärken z. B. von 2000 A an aufwärts die Gleichstromdrosselspule bei gleicher Drosselwirkung mit kleinerer Induktivität als bisher ausgeführt werden, d. h. die Windungszahlen der Drosselspule, durch die der gesamte Strom der Gleichrichteranlage fließt, können kleingehalten und damit auch die Kupferverluste der Drosselspule ganz erheblich verringert werden. Daher beeinflußt die neue Glättungseinrichtung auch bei den höchsten Dauerstromstärken den Gesamtwirkungsgrad der Anlage nur um Bruchteile eines Prozentes.

Die Auswertung der im Vorjahre durchgeführten Messungen der Gegeninduktivität zwischen zwei Leitungen mit Erde als Rückleitung (Oldenburger Moor und Rauhe Alb) ist abgeschlossen worden. Berücksichtigt man die — an sich unbekannte — Abhängigkeit der Bodenleitfähigkeit von der Frequenz durch ein einfaches, empirisch gefundenes Gesetz, so läßt sich eine recht gute Übereinstimmung der Meßwerte mit der Theorie nach Pollaczek-Carson erreichen. Eine Berücksichtigung der endlichen Leitungslängen hat sich nicht als notwendig erwiesen.

Zur Vorausberechnung der Induktionsstörungen elektrischer Bahnen ist die Kenntnis der kompensierenden Wirkung der Schienenströme notwendig. Es sind daher systematische Messungen von Schienenstrom und induzierter Spannung bei den Frequenzen 16 ... 2000 Hz vorgenommen worden, u. zw. an zwei Vollbahnstrecken, an einer Straßen- und einer Schnellbahnstrecke. Die Ergebnisse sind, soweit nötig, in die Leitsätze hineingearbeitet worden.

Durch den zunehmenden Bau von 220 kV-Leitungen ist die Frage der Beeinflussung von Fernmeldeleitungen bei Kreuzungen und schrägen Näherungen in den Vordergrund getreten. Es sind Modellversuche im Maßstab 1 : 50 im Gange, die die Richtigkeit der theoretischen Formeln von Klewe bestätigen sollen. Außerdem sind entsprechende Messungen an wirklichen Leitungen in Vorbereitung.

Zum Schutze der Fernsprechbeamtinnen und der Teilnehmer gegen Knallgeräusche sind im In- und Ausland eine Reihe von Maßnahmen im Gebrauch. Die Wirksamkeit dieser Apparate usw. wird z. Z. unter verschiedenen Betriebsbedingungen systematisch untersucht.

IV. Funkwesen.

1. Funktelegraphie.

Die Großfunkstelle Nauen wurde entsprechend der fortschreitenden Verwendung kurzer Wellen im drahtlosen Übersee-Nachrichtenverkehr mit mehreren neuen Kurzwellensendern ausgestattet. Dazu gehören auch zwei 75 m hohe Strahlwerferanlagen für den Nord- und Südamerikaverkehr. Die gleichen Antennenanlagen sind auf der im Ausbau befindlichen Funkempfangsstelle in Beelitz errichtet worden.

Die Großfunkstelle Nauen wurde mit der Betriebszentrale der Transradio AG. im Haupttelegraphenamt durch ein neues hochwertiges Kabel verbunden, das für Telegraphie, Telephonie und Bildtelegraphie geeignet ist.

Die Station Eilvese, die bis zum April noch für den Überseedienst eingesetzt war, wurde in diesem Monat stillgelegt, da die durch die kurzen Wellen geschaffenen technischen Verbesserungen den Betrieb dieser Langwellenstation nicht mehr als rentabel erscheinen ließen.

Der Ausbau der deutschen Funkverbindungen nach Übersee machte weitere Fortschritte. Im Januar wurde Siam an dieses Netz angeschlossen, im April der direkte Funkverkehr nach Chile, im August nach Mexiko eröffnet. In Pernambuco wurde eine Zweigstelle für den Verkehr mit Brasilien errichtet. Die bisher einseitig betriebene Funkverbindung nach Japan ist im vergangenen Frühjahr zu einer doppelseitigen ausgebaut worden. Der Verkehr wickelt sich glatt und zufriedenstellend ab und hat infolgedessen in kurzer Zeit an Umfang erheblich zugenommen.

Auch im Verkehr der Hauptfunkstelle Norddeich wurden in steigendem Maße Kurzwellen erfolgreich verwendet. Auf der Empfangstelle wurde behelfsmäßig eine neue Richtempfangsanlage hergestellt, die dazu dient, trotz der starken Störungen durch andere Betriebe, denen Norddeich infolge seiner geographischen Lage ausgesetzt ist, den Verkehr durchzuführen.

Für die Sicherung der Schiffahrt sind durch internationale Vereinbarungen selbsttätige Alarmgeräte für Seenotfälle vorgeschrieben worden. Einige Geräte dieser Art wurden entwickelt.

In der Kurzwellentechnik haben sich die großen Strahlwerferanordnungen und Horizontalantennen sehr bewährt. Die Leistung konnte bei den kürzesten technisch verwendeten Wellen (15 m) bis auf 40 kW gesteigert werden.

Beim Bau von quarzgesteuerten Kurzwellensendern mittlerer und größerer Leistung wurde für die Überbrückung eines größeren Wellenbereiches zwecks möglichst vereinfachter Bedienung die Wellenstufenschaltung eingeführt, wobei alle Stufen mit einem einzigen Handgriff umgeschaltet werden.

Empfangstechnik. Die vor zwei Jahren begonnenen Versuche der Verwendung des Fernschreibers für drahtlose Telegraphie wurden von den beteiligten Firmen gemeinsam mit dem Wolff-Telegraphen-Büro, der Telegraphen-Union und dem Reichspostzentralamt wiederholt und erweitert, wobei besonderer Wert auf die Schaffung eines einfachen Empfangszusatzgerätes für Fernschreiber gelegt wurde.

Durch die Einführung von Schirmgitterröhren sind bei den verschiedensten Empfangschaltungen Fortschritte erzielt worden. Neben den Typen für Hochfrequenzverstärkung werden diese Röhren auch für die Niederfrequenzstufen mit Erfolg angewendet. Erschütterungsunempfindliche Kurzwellenempfänger größerer Leistungsfähigkeit für Fahrzeuge jeder Art wurden durchgebildet.

2. Funktelephonie.

Die Telephonie kommt neben der Telegraphie im Überseeverkehr mehr und mehr zur Geltung. So konnten an den Telephonieverkehr Deutschland—Argentinien im Laufe des letzten Jahres mehrere europäische Länder angeschlossen werden. Der Telephonieverkehr mit Niederländisch-Indien wurde am 23. XII. 1929 aufgenommen. Eine Reihe erfolgreicher Versuche mit drahtlosem Gegensprechen ist von Deutschland aus durchgeführt worden, u. zw. mit Australien, Siam, Java, Brasilien und Mexiko.

Zur Erprobung von Neuerungen wurden Versuche mit den Kurzwellensendern Berlin und Hamburg angestellt, die sich besonders auf den beiderseitigen Anschluß der drahtlosen Strecke an Fernsprechleitungen bezogen. Zur Einfügung von Kurzwellenverbindungen in den normalen Fernsprechverkehr wurden Endschaltungen, Rückkopplungsperren und Fadingausgleichmittel entwickelt, die gleichzeitigen Fernsprechverkehr und Telegraphie auf derselben Kurzwellenverbindung ermöglichen. Auch die mehrfache Ausnutzung eines Senders einerseits für 6 Telegraphiekanäle, anderseits für Telephonie und zwei Telegraphiekanäle, wurde erfolgreich durchgeführt. Im Anschluß hieran wurden die bereits vor einigen Jahren begonnenen Versuche über Gegensprechen mit Schiffen in See wieder aufgenommen.

Durch umfangreiche Versuche wurde die Frage geprüft, ob ein sicherer 24stündiger drahtloser Telephoniebetrieb auf kurzen Wellen innerhalb Deutschlands möglich ist. Diese Versuche erstreckten sich über ein Jahr; elf Beobachtungstellen waren beteiligt. Es stellte sich heraus, daß für die in Frage kommenden Entfernungen die Wellen unter 40 m bei Tage günstig sind, bei Nacht die Wellen über 70 m. Die Überlappungen der Wellen sind aber so unsicher und von der Jahreszeit abhängig, daß ein sicherer 24stündiger Betrieb auch mit zwei festen Wellen nicht gewährleistet werden kann.

Die Entwicklung der Kurzwellen-Kleinstation für Gegensprechverkehr ist gefördert worden. Sender und Empfänger können unter Anwendung einer Ausgleichschaltung bei einem Wellenunterschied von mehr als 10 % der Wellenlänge an einer gemeinsamen Antenne betrieben werden.

3. Bildfunk und Fernsehen.

Die Versuche, Bilder zwischen Berlin und Buenos-Aires zu übertragen, wurden abgeschlossen. Es können auf dieser Linie in 9 min 2 dem² Bildfläche bei sehr feinem Raster übertragen werden, bei gröberem Raster die gleiche Fläche innerhalb 5½ min. Die Aufnahme eines öffentlichen Bildfunkdienstes zwischen Deutschland und Argentinien steht bevor. Dabei ist folgendes Verfahren vorgesehen: Die Faksimiletelegramme werden auf

[1] Das ist der „Wellenschlucker" in der Bezeichnung der Kettenleitertheorie.

Digitized by Google

der Strecke Berlin—Buenos-Aires funktelegraphisch befördert, über Buenos-Aires hinaus durch Eil- oder Flugpost. Die Beförderung von und bis Berlin geschieht (soweit sie nicht schon bildtelegraphisch möglich ist, wie z. B. auf der Strecke Frankfurt a. M. und evtl. Wien, Kopenhagen, Stockholm) ebenfalls durch Eil- oder Flugpost, in Berlin durch Rohrpost.

Bildübertragungsanlagen wurden auch im Polizeifunkdienst eingeführt. Der drahtlose Sender in Berlin wird dabei durch den Bildgeber über eine Fernsprechteilnehmer-Leitung von 15 km Länge ferngetastet. Außerdem wird der Bildfunk bei der Übermittlung von Wetterkarten für die Seeschiffahrt benutzt, besonders nach dem chemigraphischen Verfahren. Für dieses wurde ein neues Papier entwickelt, das lichtbeständig ist und eine Schreibgeschwindigkeit von 50 cm/s zuläßt.

Auf dem Gebiete des Fernsehens wurden brauchbare Glimmlampen entwickelt, im besonderen eine Hochfrequenzglimmlampe mit Argon-Quecksilber-Füllung. Ein neuartiges Fernsehgerät, der sog. Tageslichtfernseher, wurde durchgebildet, mit dem es möglich ist, Bilder aus hellerleuchteten Räumen oder aus dem Freien zu übertragen. Im Gegensatz zu den Systemen von Baird und Karolus, bei denen die Abtastung im Dunkeln durch einen bewegten Lichtstrahl erfolgt, wird beim Tageslichtfernsehsender das Bild des Gegenstandes auf der Nipkowschen Scheibe entworfen. Einen Überblick über den Stand des Fernsehens in Deutschland gab im September 1929 die auf der 6. Großen Deutschen Funkausstellung von der Deutschen Reichspost gezeigte Sonderschau. Mit Rücksicht auf die durch normale Rundfunksender und Empfänger gegebene Übertragungsmöglichkeit wurde das Frequenzband beim Fernsehen auf 5000 ... 7000 Hz beschränkt. Dies entspricht etwa 900 Bildpunkten bei 10 ... 16maliger Abtastung in der Sekunde. Um der am Fernsehen beteiligten Industrie die Herstellung von Geräten zu erleichtern und gleichzeitig den Empfang von Sendungen mit den in Betracht kommenden Systemen im Rundfunk zu ermöglichen, wurden Vereinbarungen über die bei den drahtlosen Versuchsendungen zu benutzenden Mittel und Einrichtungen getroffen. Nach dieser vorliegenden Normung erhält die Lochscheibe 30 Löcher bei gleicher Winkelbildung. Die Bildzahl wurde auf 12,5 in der Sekunde festgesetzt. Zur Ermöglichung einer selbsttätigen Synchronisierung der Empfängerscheibe wird im Bildwechselstrom die Frequenz 375 Hz besonders ausgeprägt. Seit Oktober 1929 finden täglich Bildsendungen über den Rundfunksender Berlin-Witzleben für Versuchszwecke statt. Dabei werden zunächst nur sog. Fernkinosendungen versucht.

4. Rundfunk.

Die Zahl der Rundfunkteilnehmer hat im vergangenen Jahre in Deutschland 3 Millionen erreicht. Die Technik hatte sich auf der ganzen Linie auf Massenfertigung von Empfängern eingestellt. Man beschränkte sich auf wenige Typen und führte diese meist in einer Stückzahl von mehr als 50 000 aus. Am meisten eingeführt sind Empfänger mit 3 ... 4 Röhren, alles heute nur mit Netzanschluß. Die meisten Empfänger haben für die Hochfrequenzverstärkung, teilweise auch für die Endstufe, Schutznetzröhren. Anzahl der fabrizierten Röhren (geschätzt) ungefähr 15 Millionen.

In bezug auf den Bau der Rundfunksender geht man auf weniger und größere Sender bzw. höhere Antennen über. Die großen Röhreneinheiten, 100 kW, sind hierbei noch immer nicht ganz aus dem Experimentierstadium herausgekommen.

In Zeesen wurde der Deutschlandsender hinsichtlich der Modulationseinrichtungen und der Stromversorgung verbessert. Ursprünglich wurden die Senderöhren aus dem Drehstromnetz geheizt, später aus einer 10 000-Periodenmaschine, neuerdings mit Gleichstrom. Außerdem wurde ein neuer Kurzwellensender (Leistung 40 kW), der sog. Weltrundfunksender, aufgestellt und in Betrieb genommen.

Der Rheinlandsender erhielt eine Gleichstromspeisemaschine für 12 000 V.

Der Gleichwellensenderbetrieb Berlin O—Stettin—Magdeburg wurde eröffnet.

Weiterhin wurden erfolgreiche Versuche, u. zw. zunächst am Rundfunkmaschinensender München, unternommen, um bei der Modulation von Rundfunksendern die durch Phasenverschiebung entstehende Frequenzänderung und die dadurch bedingte Fadingverzerrung zu beseitigen.

Zur aktuellen Berichterstattung durch die Rundfunksender wurde ein fahrbarer Kurzwellensender entwickelt, der dazu dient, Augenblickberichte einem Rundfunksender zu übermitteln.

An der Beseitigung der Rundfunkstörungen wurde weitergearbeitet. Zu den Vorschriften des VDE über Hochfrequenzheilgeräte wurde ein Prüfverfahren ausgearbeitet, nach dem von der Prüfstelle des VDE eine Prüfeinrichtung hergestellt worden ist, so daß nunmehr das VDE-Zeichen an diejenigen Geräte erteilt werden kann, die den Bestimmungen genügen. Inwieweit derartige Bestimmungen für elektrische Maschinen zu erlassein sein werden, unterliegt noch der Prüfung.

Rundfunkübertragungen.

Die Ausrüstung der musikpupinisierten Kernvierer mit Rundfunkleitungsverstärkern (Hauptverstärker mit zwei OCK-Röhren in Transformatorkopplung und g. F. einem Zusatzverstärker mit einer OCK-Röhre) hat im Laufe des Jahres 1929 erhebliche Fortschritte gemacht. Bis Ende 1929 waren insgesamt etwa 4000 ... 5000 km Musik-Kernvierer betriebsbereit.

Mit Hilfe der zweistufigen Rundfunk-Leitungsverstärker ist es möglich, über die musikpupinisierten Kernvierer ein Frequenzband von etwa 50 bis 7000 Hz gleichmäßig zu übertragen. Um dies zu erreichen, werden die Verstärker mit Entzerrern ausgerüstet, die diesem Tonbereich entsprechen. Bei dem großen Dämpfungsunterschied von 1,0 Neper bei 50 Hz und 4,5 Neper bei 7000 Hz innerhalb eines Verstärkerfeldes von 75 km lassen sich diese Entzerrer indessen ohne Aufwendung unverhältnismäßig hoher Kosten nicht über einen gewisen Genauigkeitsgrad von etwa ± 0,1 bis ± 0,15 Neper herstellen. Für jede längere Musikleitung werden daher die in der Übertragung noch vorhandenen Unebenheiten durch zusätzliche Entzerrer ausgeglichen. Hierdurch wird erreicht, daß die Amplituden der am Ende der Leitung ankommenden Ströme für zwei beliebige Frequenzen im ungünstigsten Falle im Verhältnis 1 : 1,4 stehen.

Zur Ausführung der Messungen an Rundfunkleitungen ist die Entwicklung von Schwebungsnummern und Pegelzeigern im Gange. Die Frequenzabhängigkeit der zwischen den Verstärkerämtern und den Verstärkerräumen der Rundfunkgesellschaften bzw. den Rundfunksendern ausgelegten Rundfunksonderkabel wurde genauer untersucht, um bei Verbindung dieser Kabel mit den musikpupinisierten Kernvierern Verluste durch den Einbau geeigneter Entzerrer und Anpassungsschaltungen beseitigen zu können.

Zur Festsetzung der Mindestanforderungen, die man an die Rundfunkleitungsverstärker und die mit diesen Verstärkern ausgerüsteten Musikleitungen zu stellen hat, sind für die Rundfunkleitungsverstärker und für die Musikleitungen Pflichtenhefte ausgearbeitet worden. Sie enthalten Einzelangaben über den Übertragungsbereich, die Verstärkung, die Verzerrung, das Übersprechen, die Übertragungsleistung, die Klirrdämpfung, den Pegel usw. Entsprechende zwischenstaatliche Vereinbarungen sind durch das CCI den beteiligten Telegraphenverwaltungen als Empfehlungen übermittelt worden.

Infolge der technischen Fortschritte haben die Rundfunkübertragungen auf weite Entfernungen, insbesondere auch die internationalen Übertragungen, weiter an Umfang zugenommen. Einzelne Reden bedeutender Staatsmänner aus der Genfer Völkerbundsversammlung und wichtige sportliche Veranstaltungen sind mehrfach gleichzeitig auf die Rundfunksender mehrerer europäischer Staaten übertragen worden. Die Vorbereitungen sind beendet, um in ähnlicher Weise wie zwischen Berlin, Warschau, Prag, Wien und Budapest in Kürze auch einen regelmäßigen Programmaustausch von Musikdarbietungen zwischen Berlin, Brüssel und London aufzunehmen. Auch zwischen Berlin und Paris sind Musikübertragungsversuche zu dem gleichen Zweck im Gange. Wiederholt sind bereits Musikübertragungen zwischen benachbarten europäischen Ländern im Durchgang durch das deutsche Leitungsnetz mit Erfolg ausgeführt worden, so z. B. zwischen Paris und Prag, Wien und London usw.

5. Wellenausbreitung und atmosphärische Störungen.

Systematische Messungen der Absorptionen, welche Rundfunkwellen innerhalb Deutschlands bei ihrer Ausbreitung erfahren, haben ergeben, daß auch die größten vorkommenden Feldstärken noch hinter denen zurückblieben, die bei verlustfreier Wellenausbreitung nach der Hertzschen Formel zu erwarten sind.

Gelegentlich von Messungen an dem neuen Kabel Emden—Vigo wurden gleichzeitig die Störungen im Kabel und in einem drahtlosen Empfänger registriert. Dabei zeigte sich, daß bei den Kurzwellen der drahtlosen Telegraphie nur einzelne Störvorgänge übereinstimmten, daß jedoch bei längeren Wellen fast alle Luftstörungen auch im Kabel beobachtet werden konnten.

Digitized by Google

6. Ultrakurze Wellen

Die Folge der raschen Entwicklung der Kurzwellentechnik bedingte, daß man wegen der gegenseitigen Störungen der Kurzwellensender gezwungen war, sich noch mehr mit den Wellenbereichen zu beschäftigen, die technisch bisher noch nicht ausgenutzt worden sind, d. h. den Wellen unter 10 m. Wenn auch diese Wellen für große Entfernungen nicht in Betracht kommen, so bleiben hier doch Möglichkeiten offen für die Verkehrsbedürfnisse auf kurzen Entfernungen. Es gelang hier, brauchbare Sende- und Empfangsanlagen in dem Wellenbereich 3 bis 4 m zu schaffen. Das erste Anwendungsgebiet für diese Anlagen ist die Nachrichtenverbindung in Güterzügen von vorne nach rückwärts. In der Weiterentwicklung der Sender größerer Leistung für ultrakurze Wellen wurde die Fremdsteuerung eingeführt, um einwandfreie Modulation zu ermöglichen

Aus in dem Wellenbereich unter 1 m wurde intensiv gearbeitet. Hier wurden Funken- und Röhrensender geschaffen, Röhrensender sogar für Energien bis 100 W bei 50 cm Welle. Es konnten verschiedene Modulationsarten mit Erfolg angewendet werden, außerdem wurden in diesem Wellenbereich Versuche mit Vielfachmodulation durchgeführt. Die ersten praktischen Versuche über See zur Feststellung der mit Sicherheit zu überbrückenden Entfernung wurden angestellt.

Interessant sind auch die Versuche, den Wellenbereich des Infrarot mit für die Fernübertragung heranzuziehen.

V. Technische Akustik.

Durch die neuen elektro-akustischen Meßmethoden ist die Möglichkeit gegeben, den Wirkungsgrad normaler Mikrophone und Telephone besser zu erfassen. Ein sogenannter „Haupteichkreis", der ähnlich wie das Normalmeter für Längenmessungen, als Normalapparat für Lautstärkemessungen dient, ist im Reichspostzentralamt aufgestellt worden. Auch einfache Normalapparate — „Arbeitseichkreise" — sind in Betrieb genommen worden. Sie finden in Abnahmestellen Verwendung, wo die zu untersuchenden Apparate durch Lautstärkervergleichsmessungen an ihnen geeicht werden.

Das zunächst zu Schallmessungen entwickelte Kondensatormikrophon ist auch im Rundfunk mit gutem Erfolg erprobt worden. Neben seiner Geräuschfreiheit und kleinen nichtlinearen Verzerrung hat es den großen betriebstechnischen Vorteil, daß seine Frequenzabhängigkeit jederzeit durch eine einfache Messung kontrolliert werden kann.

Die Speisung der Verstärker und Lautsprecher aus dem Starkstromnetz tritt immer mehr in den Vordergrund, besonders bei den Geräten, die zur Wiedergabe von Grammophondarbietungen dienen, und die gleichzeitig den Rundfunkempfang gestatten. Derartige Geräte werden zur Zeit für Tonfrequenzleistungen bis zu 200 W geliefert.

Anlagen zur Übertragung von Musik und Sprache fanden in größerem Umfange Einführung in Opernhäusern, Musikhochschulen, Bädern und Kurorten. Der moderne Bahnbetrieb bedient sich in steigendem Maße zur Übermittlung von Befehlen und Bekanntmachungen der Verstärker und Lautsprecher. Ferner finden sie Anwendung bei Kommando-, Ruf-, Diktier-, Konferenz- und Lauschanlagen.

Die Bedeutung des sprechenden Films ist erheblich gewachsen. Dem steigenden Interesse wurde durch Vervollkommnung der Aufnahme- und Wiederabgabeapparate Rechnung getragen. In einer erheblichen Anzahl besonders größerer Kinotheater laufen Tonfilme. Die größten bisher verfügbaren Wiedergabegeräte haben Tonfrequenzleistungen von der Größenordnung 1 kW und verwenden Großlautsprecher, von denen besonders die großen Konuslautsprecher, die Blatthaller und Riffellautsprecher bemerkenswert sind.

VI. Fernmeldewesen.

Die Spezialfernsprecher für Zugüberwachungsdienst (Dispatchingfernsprecher) wurden vervollkommnet und in weiteren Eisenbahnbezirken eingeführt. Die Berliner Stadtbahn wurde vollständig mit elektrischen Zugabrufern und Zugfolgemeldern ausgerüstet.

Auf dem Gebiet der Feuermeldeanlagen wurde die Neukonstruktion von Alarm-Schalteinrichtungen für Feuerwehren durchgeführt als Ersatz für das bisherige Alarmpostament unter ausschließlicher Verwendung von Relais, Drehschaltern und sonstigen Einzelobjekten der Selbstanschlußtechnik, ferner die Neukonstruktion eines Zeigeapparat-Feuermeldesystems, das den gleichzeitigen Eingang zweier Meldungen ermöglicht.

Für Polizeimeldeanlagen wurde eine vereinfachte Raumschutzeinrichtung geschaffen, die sich für den Einbruchsschutz von Privatwohnungen eignet, außerdem eine Sicherungs- und Überfall-Alarmanlage für Banken mit vollselbsttätiger Überwachung sämtlicher Teile der Gesamtanlage, einschließlich der Wecker.

Bemerkenswert ist endlich die Neukonstruktion einer Lauschanlage, die selbsttätig beim Auftreten von Geräuschen in den zu sichernden Räumen die Alarmeinrichtungen zum Ansprechen bringt und mittels Lautsprechern eine Fernüberwachung bzw. Fernkontrolle der gesicherten Räume durch den Wächter ermöglicht. Sie hat selbsttätige Störungsanzeige für alle funktionswichtigen Teile einschließlich der Verstärkerröhren sowie Kombinationsmöglichkeit mit Tresorsicherungsanlagen.

Für die Herstellung von Karten für die Jacquardweberei ist eine lichtelektrische Steuerungsmethode entwickelt worden. Diese soll auch zur direkten Steuerung der Jacquardwebstühle nach der Musterkarte verwendet werden.

Ferner werden derartige Einrichtungen zum Sortieren einiger industrieller Massenerzeugnisse, bei denen es auf Tonwerte bzw. Farbunterschiede ankommt, benutzt.

Elektrotechnischer Verein:
Der Generalsekretär.
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

**Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.**

Jahresversammlung des VDE.

In diesem Jahre findet keine Jahresversammlung des VDE mit Rücksicht auf die im Juni in Berlin stattfindende Weltkraftkonferenz sowie die zeitlich daran anschließende IEC-Tagung in Skandinavien im Juli 1930 statt.

Dagegen wird Sonntag, den 15. Juni 1930, 15 h, eine Ausschußsitzung abgehalten, die durch Beschluß der Jahresversammlung 1929 ermächtigt ist, die der Jahresversammlung satzungsgemäß zustehenden Entscheidungen über Verabschiedung und Außerkraftsetzung von Verbandsarbeiten, über Festsetzung des Jahresbeitrages, über evtl. Satzungsänderungen usw., im Jahre 1930 selbst zu treffen. (Siehe Veröffentlichung ETZ 1929, S. 1134.)

Anträge auf Satzungsänderung sind spätestens bis 17. Mai 1930 der Geschäftstelle einzureichen.

Kommission für Installationsmaterial.

In der ETZ 1930, S. 69, war ein neuer Wortlaut zu § 58 c) der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K.P.I./1928" veröffentlicht, ohne daß dabei sachliche Änderungen gegenüber dem z. Z. gültigen Text vorgenommen wurden. Da Einsprüche gegen den Entwurf nicht eingegangen sind, wird er dem mit Vollmacht versehenen VDE-Ausschuß 1930 zur Annahme vorgelegt.

In der ETZ 1930, S. 69, waren gleichfalls Erläuterungen zu dem neuen Wortlaut des § 58 c) veröffentlicht. Auf Grund der eingegangenen Einsprüche ist der Text geändert worden.

Der Wortlaut des § 58 c) sowie der Erläuterungen werden in ihrer endgültigen Fassung nachstehend bekanntgegeben:

„§ 58 c)

der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K.P.I./1928."

Zur Erfüllung der Forderung des § 58 a können Fassungsmantel und Berührungschutzkragen aus einem oder mehreren Teilen bestehen.

Wenn Fassungsmantel und Berührungschutzkragen aus mehreren Teilen bestehen, darf der Berührungschutzkragen vom Fassungsmantel nur mittels Werkzeugs abtrennbar sein, es sei denn, daß nach Entfernen des Berührungschutzkragens die Gewindehülse oder das diese ersetzende Kontaktstück spannungslos wird, oder nicht mehr zum Einschrauben der Lampe geeignet ist oder durch die Lampe nicht mehr unter Spannung gesetzt werden kann.

Erläuterung.

Der Berührungschutzkragen ist die Vorrichtung, die den Spannung führenden Lampensockel so abdeckt, daß

(Fortsetzung auf S. 693.)

Digitized by Google

Bekanntmachungen.

Kommission für Isolierstoffe.

Soeben sind die folgenden Entwürfe erschienen:

1. „Leitsätze zur Prüfung von Hartpapierplatten", nebst Erläuterungen von Herrn Direktor W. Senst;
2. „Leitsätze zur Prüfung von gewickelten Hartpapierrohren mit kreisförmigem Querschnitt (Rundrohre)", nebst Erläuterungen von Herrn Dr. Wandeberg.

Die Entwürfe können kostenlos von der Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, bezogen werden.

Einsprüche sind in doppelter Ausfertigung bis spätestens 5. Juni 1930 an die obengenannte Geschäftsstelle zu richten.

Kommission für Maschinen und Transformatoren.

Die Unterkommission für Anschlußbedingungen hat beschlossen, gelegentlich der diesjährigen, mit den Vollmachten einer Jahresversammlung ausgestatteten Ausschußsitzung die sofortige Außerkraftsetzung der seit 1. Januar 1923 gültigen „Normalbedingungen für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke" zu beantragen, da die genannten Bestimmungen als nicht mehr befriedigend anzusehen und auch bereits seitens einzelner Elektrizitätswerke durch Sonderbestimmungen ersetzt worden sind.

Eine Neubearbeitung der vorgenannten Bestimmungen untersteht seit geraumer Zeit der Beratung, jedoch war es nicht möglich, die Arbeiten hieran so rechtzeitig abzuschließen, daß eine gleichzeitige Inkraftsetzung der Neubearbeitung möglich gewesen wäre.

Der Entwurf, der voraussichtlich im nächsten Jahre zur Beschlußfassung vorgelegt werden soll, wird zu gegebener Zeit an dieser Stelle angekündigt werden.

Kommission für Handgeräte.

In den „Vorschriften für Christbaum-Beleuchtungen" (ETZ 1925 S. 865, 1323, 1526 und 1928 S. 1426) ist für die Gültigkeit des § 4 a) (Mindestquerschnitt der Fassungsader) eine Karenzzeit bis zum 31. Dezember 1929 vorgesehen.

Mit Rücksicht auf vorhandene Bestände wird beantragt, die Karenzzeit bis zum 31. Dezember 1930 zu verlängern. Der Antrag wird, falls keine Einsprüche bis zum 1. Juni 1930 bei der Geschäftstelle eingehen, dem mit Vollmacht versehenen VDE-Ausschuß 1930 zur Genehmigung vorgelegt.

Kommission für Installationsmaterial.

Auf S. 691 u. 693 wird der neue Wortlaut zu § 58 c der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K. P. I./1928" bekanntgegeben.

Kommission für Fernmeldetechnik.

Die Unterkommission „Galvanische Elemente" hat nunmehr die Vorarbeiten für die zu den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von galvanischen Elementen" noch fehlenden Normblätter abgeschlossen, so daß nachstehend die Normblattentwürfe

DIN VDE 1205 „Galvanische Elemente. Trockenelemente und Trockenfüllelemente, etwa 1,5 V",

DIN VDE 1206 „Galvanische Elemente. Naßelemente etwa 1,5 V"

bekanntgegeben werden.

Einsprüche gegen diese Normblattentwürfe sind bis zum 31. Mai 1930 in doppelter Ausfertigung an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
P. Schirp

Kommission für Fernmeldetechnik.

Noch nicht endgültig

Galvanische Elemente

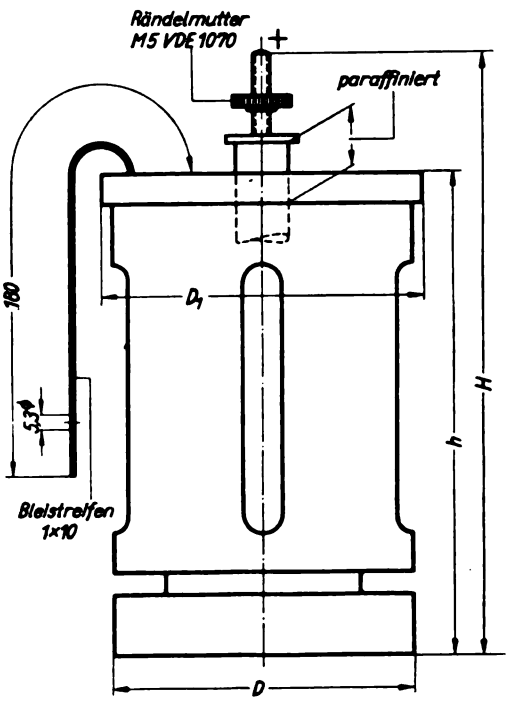
Naßelemente

etwa 1,5 V

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 1206

Maße in mm



Das Bild ist für die Ausführung nicht maßgebend.

Bezeichnung eines Naßelementes der Klasse ZKB 9:
Naßelement ZKB 9 VDE 1206

Klasse	D	Deckel D_1	Deckel Zulässige Abweichung	h Größtmaß	H Größtmaß
ZKB 9	100	107	± 3	160	200
ZKB 10	125	132	± 3	250	300

Werkstoff: Gefäß: Glas
Elektroden: Zink, Kohle-Braunstein (ZKB) oder gleichwertige Stoffe

Technische Lieferbedingungen

12 Stunden nach Aussetzen des Elementes

a) muß die offene Spannung des Elementes mindestens 1,5 V betragen,

b) darf zur Prüfung des inneren Widerstandes und damit des guten Zustandes des Elementes der Spannungsabfall bei Belastung mit einem Meßwiderstand von 10 Ω die in der untenstehenden Tafel angegebenen Werte nicht überschreiten,

c) muß das Element bei Entladung gemäß §§ 10 und 13 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von galvanischen Elementen" des VDE die in der untenstehenden Tafel angegebenen Mindestwerte in Wh ergeben.

Klasse ZKB	9	10
Spannungsabfall in V bei Belastung mit 10 Ω	0,05	0,05
Mindestleistung in Wh bei Entladung bis 0,7 V	20	40
Mindestleistung in Wh bei Entladung bis 0,4 V	30	55

Trockenelemente und Trockenfüllelemente siehe DIN VDE 1205

Mai 1930

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Verband der Batterie-Industrie E. V.

Digitized by Google

Galvanische Elemente

Trockenelemente Trockenfüllelemente

etwa 1,5 V

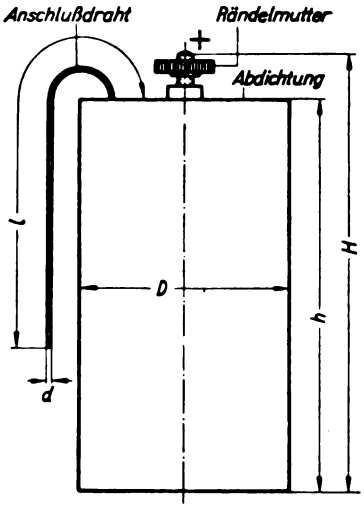
Noch nicht endgültig

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 1205

Maße in mm

Bezeichnung eines Trockenelementes der Klasse ZKB 1:
Trockenelement ZKB 1 VDE 1205
Bezeichnung eines Trockenelementes der Klasse ZKB 1 F:
Trockenelement ZKB 1 F VDE 1205



Das Bild ist für die Ausführung nicht maßgebend

Klasse		D			h	H	Rändelmutter	Anschlußdraht	
Trockenelement	Trockenfüllelement	quadratisch	rund	Zuläss. Abweichung	Größtmaß	Größtmaß		d	l Kleinstmaß
ZKB 1	ZKB 1 F	32 × 32	—	± 1	73	85	M 3,5 VDE 1070	1	55
ZKB 2	ZKB 2 F	55 × 55	—	± 2	110	125	M 5 VDE 1070	1	90
ZKB 3	ZKB 3 F	63 × 63	—	± 2	140	160	M 5 VDE 1070	1	90
ZKB 4	ZKB 4 F	80 × 80	—	± 3	180	200	M 5 VDE 1070	1,4	120
ZKB 5	ZKB 5 F	—	70	± 2	130	145	M 5 VDE 1070	1	90
ZKB 6 V	ZKB 6 VF	76 × 76	—	± 3	165	185	M 5 VDE 1070	1,4	120
ZKB 6 R	ZKB 6 RF	—	75	± 3	165	185	M 5 VDE 1070	1,4	120
ZKB 7	ZKB 7 F	—	80	± 3	150	170	M 5 VDE 1070	1,4	120
ZKB 8	ZKB 8 F	—	85	± 3	180	200	M 5 VDE 1070	1,4	120

Werkstoff: Gefäß: Lackpappe, Glas usw.
Anschlußdraht: weicher Kupferdraht verzinnt, Kupferlitze (blank oder isoliert)
Elektroden: Zink, Kohle-Braunstein (ZKB) oder gleichwertige Stoffe

Technische Lieferbedingungen für Trockenelemente [1])

In frischem Zustande, d. h. innerhalb einer Frist von 2 Wochen nach Eintreffen bei dem Abnehmer

a) muß die offene Spannung des Elementes mindestens 1,5 V betragen,

b) darf zur Prüfung des inneren Widerstandes und damit des guten Zustandes des Elementes der Spannungsabfall bei Belastung mit einem Meßwiderstand von 10 Ω die in der untenstehenden Tafel angegebenen Werte nicht überschreiten,

c) muß das Element bei Entladung gemäß §§ 10 und 13 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von galvanischen Elementen" des VDE die in der untenstehenden Tafel angegebenen Mindestwerte in Wh ergeben.

Klasse ZKB	1	2	3	4	5	6V	6R	7	8
Spannungsabfall in V bei Belastung mit 10 Ω	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Mindestleistung in Wh bei Entladung bis 0,7 V	3	15	22	40	18	30	30	20	30
Mindestleistung in Wh bei Entladung bis 0,4 V	4	21	30	55	24	40	40	30	40

[1]) Für Trockenfüllelemente sind z. Z. noch keine technischen Lieferbedingungen festgelegt.

Naßelemente siehe DIN VDE 1206

Mai 1930

Verband Deutscher Elektrotechniker E.V.
Verband der Batterie-Industrie E.V.

(Fortsetzung von S. 691.)

der Sockel weder beim Einsetzen noch bei eingesetzter Lampe zufällig berührt werden kann. Der Fassungsmantel deckt die Spannung führenden Einbauteile der Fassung ab.

Bestehen Fassungsmantel und Berührungschutzkragen aus einem Stück, so ist als Fassungsmantel der Teil des Ganzen anzusehen, der die Spannung führenden Fassungsteile abdeckt, während das übrige als Berührungschutzkragen zu bezeichnen ist. Dieses zusammenhängende Stück (Mantel und Berührungschutzkragen) darf ohne Werkzeug von der Fassung entfernbar sein.

Bestehen Fassungsmantel und Berührungschutzkragen nicht aus einem Stück, so darf der Mantel einen Teil der Aufgaben des Berührungschutzkragens oder der Berührungschutzkragen einen Teil der Aufgaben des Mantels übernehmen. In diesen Fällen kann der Fassungsmantel also kürzer oder länger sein, als zur Abdeckung aller Spannung führenden Einbauteile der Fassung nötig wäre. Der Mantel muß aber mit dem Berührungschutzkragen zusammen den im § 58 a) verlangten Berührungschutz gewährleisten.

Zur Erfüllung des § 58 sind mehrere Ausführungsarten möglich:

Fassungsmantel und Berührungschutzkragen bestehen aus einem Stück;

Fassungsmantel und Berührungschutzkragen bestehen aus mehreren Teilen;

Fassungsmantel und Berührungschutzkragen bestehen aus zwei Teilen, die jedoch so miteinander verbunden sind, daß sie wie ein Stück wirken.

Bestehen Fassungsmantel und Berührungschutzkragen aus mehreren Teilen, dann soll, falls diese nicht durch eine Verbindung wie ein Stück wirken, bei Entfernen des Berührungschutzkragens die Lampe keinesfalls Spannung annehmen können, oder die Fassung muß so konstruiert sein, daß eine Lampe bzw. die Prüflehre nicht ordnungsgemäß eingesetzt werden kann."

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Digitized by Google

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betr.: Streichung von Genehmigungen zur Führung des VDE-Zeichens.

Die der Firma

Märkisches Isolierrohrwerk G. m. b. H., Kottbus,

seinerzeit erteilte Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens für Isolierrohre mit verbleitem Eisenmantel ist gestrichen worden, da sich die Firma in Liquidation befindet.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Braunschweig. 8. V. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 3 des Hochspannungsinstituts der T. H. Braunschweig, Eingang Hamburger Straße: Lichtbildervortrag Dr.-Ing. Vogel, „Allgemeine Aufgaben der Hochspannungskabeltechnik und einige bemerkenswerte Kabelanlagen".

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 15. V. 1930, abds. 7½ h, Staatl. Akademie für Technik, Hörsaal 199: Vortrag Baurat Wiener, „Vom Bau des Shannon-Kraftwerkes".

Elektrotechn. Verein des Berg. Landes, Elberfeld. 14. V. 1930, „Saal der Technik", Wuppertal-Elberfeld, Alexanderstraße: Vortrag Dipl.-Ing. Kissel, „Wanderjahre als Akkordarbeiter durch U.S.A.".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Frankfurt a. M. 7. V. 1930, abds. 8 h, Vortragssaal des Telegraphen-Bauamtes Senckenbergstr. 14—16, Eingang Katzenpforte, 2. Stock: a) Obering. J. Wallich, „Vorführung des Hescho-Zeitlupenfilms von Lichtbogenüberschlägen großer Leistung an Isolatoren mit und ohne Schutzarmaturen (1500 Aufnahmen in 1 s)". b) Die Elektrotechnik auf der Leipziger Messe im Film vom Verein Haus der Elektrotechnik e. V., Leipzig".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Nürnberg. 9. V. 1930, abds. 8 h, Vortragsaal der SSW, Frauentorgraben: Vortrag Dipl.-Ing. Thurow, „Welchen Einfluß wird die automatische Telephonie auf den Fernverkehr ausüben?".

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 14. V. 1930, abds. 8 h, gr. Hörsaal des Elektrot. Inst., Militärstr. 3: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Schäfer, „Fernsteuerung, Fernmeldung und Fernmessung als Betriebsmittel in der modernen Großkraftversorgung".

Deutsche Gesellschaft für techn. Physik, Berlin. 16. V. 1930, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. d. T. H.: Experimentalvortrag E. Falkenthal, „Das Verhalten gitterartig durchbrochener Flächen im Luftstrom".

PERSÖNLICHES.

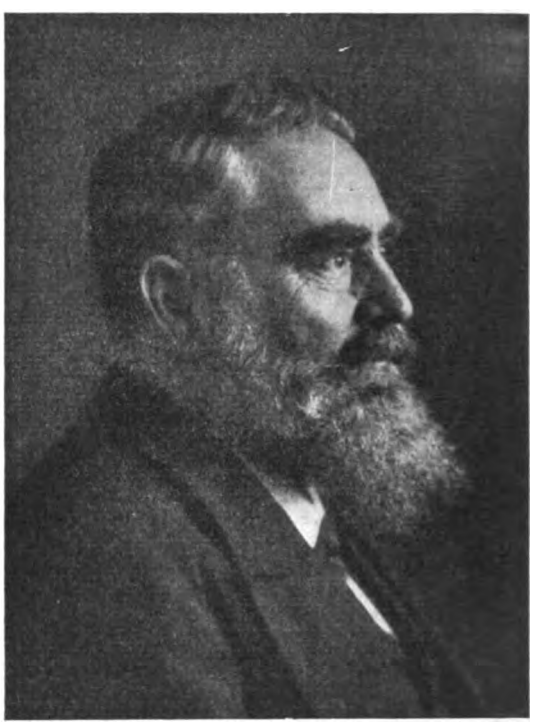
(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Oskar von Miller.

Oskar von Miller, der tatkräftige Wegebereiter der Elektrotechnik, konnte am 7. Mai d. J. das Fest seines 75. Geburtstages begehen. Er wurde 1855 als zehnter Sohn des Erzgießers Ferdinand von Miller in München geboren; seine Persönlichkeit kennzeichnet Wilhelm Exner[1] mit folgenden Worten:

„Oskar von Miller ist ein gewaltiger Mann, der den Erzguß persönlich versinnbildlicht; ein immenses vielseitiges Wissen, eine gigantische Tatkraft, die nie erlahmt, ein beneidenswerter Reichtum an Ideen zeichnen ihn aus, er hat eine sieghafte Art, den einmal gefaßten Vorsatz durchzuführen."

Wollen wir uns einen wenn auch nur gedrängten Überblick über sein Wirken verschaffen, so müssen wir bei der Elektrotechnischen Ausstellung in München 1882 beginnen, bei der von Miller die erste elektrische Fernübertragung von Miesbach nach München veranlaßte[1]. In vergrößertem Maßstabe wurde, wiederum auf seine Anregung, eine derartige Übertragung gelegentlich der Frankfurter Ausstellung 1891 (Lauffen—Frankfurt a. M.) wiederholt[2], und das gute Gelingen dieses Versuches gab



Dr. Oskar von Miller, Exc., Geh. Oberbaurat.

den Anstoß zu der ungeheuren Entwicklung der elektrischen Kraftübertragung, deren segensreiches Wirken uns heute eine Selbstverständlichkeit geworden ist. Von 1884 ... 1890 war O. von Miller gemeinsam mit Emil Rathenau Leiter der Deutschen Edison-Gesellschaft und nachmaligen AEG; 1890 gründete er ein selbständiges Ingenieurbüro in München, das bald auf dem Gebiete der Energiewirtschaft eine führende Stellung einnahm. Durch seine Initiative und unter seiner Leitung entstand eine Reihe großer Kraftwerke, von denen nur die Etschwerke, die städtischen Werke in Wiesbaden, Nürnberg, Riga, die Pfalzwerke, das Bayernwerk und das Walchenseewerk genannt seien. Die Tat, die seinen Namen weitesten Volkskreisen bekannt werden ließ und ihn zum wahrhaft populären Mann machte, war die 1903 erfolgte Gründung des Deutschen Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München. Die Vollendung dieses Werkes wurde durch den Krieg und seinen unglücklichen Ausgang aufs schwerste gefährdet, und der bald 70jährige Gründer mußte noch einmal seine ganze Tatkraft einsetzen, um die Fertigstellung doch noch zu ermöglichen. An seinem 70. Geburtstage, im Jahre 1925, konnte der Neubau feierlich seiner Bestimmung übergeben werden[2], und z. Z. ist der Schöpfer des Ganzen unermüdlich mit der Erweiterung der Sammlungen und der Überwachung der Arbeiten am Bibliotheksneubau beschäftigt, der in diesen Tagen vollendet und an von Millers 75. Geburtstag eingeweiht wurde.

Das Wirken Oskar von Millers hat öffentliche Anerkennung in reichstem Maße erfahren. Ihm wurde die

[1] W. Exner, Erlebnisse, S. 123. Verlag Julius Springer, Wien 1929.

[1] Vgl. W. Petersen, ETZ 1930, S. 108.
[2] ETZ 1925, S. 681.

Digitized by Google

Würde eines Dr.-Ing. E. h. und eines Dr. oec. publ. h. c. verliehen. Er erhielt die Grashof-Denkmünze des VDI und den Siemens-Ring, wurde Mitglied wissenschaftlicher Gesellschaften und lebenslängliches Mitglied des Bayerischen Reichsrates. 1924 ernannte ihn der VDE zu seinem Ehrenmitglied, die gleiche Würde übertrug ihm der EV im Januar 1930, und im Juni d. J. wird O. von Miller als Ehrenpräsident die Sitzungen der Weltkraftkonferenz in Berlin leiten. Mögen unserem Volke und der deutschen Technik die Schaffenskraft und der große Wille dieses Mannes noch recht lange erhalten bleiben!

B. Salomon.

Am 6. V. d. J. beging Herr Prof. Dr.-Ing. E. h. Bernhard Salomon, Generaldirektor der Elektrizitäts-Akt.-Ges. vormals W. Lahmeyer & Co. in Frankfurt a. M., das Fest seines 75. Geburtstages. Die Elektrotechnische Gesellschaft Frankfurt a. M. nahm diesen Tag zum Anlaß, Herrn Prof. Salomon, „den unermüdlichen Förderer der deutschen Elektrizitätswirtschaft, den Schöpfer bedeutender Werke zur Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie in Würdigung seiner Verdienste um die Elektrotechnik und um die Elektrotechnische Gesellschaft Frankfurt a. M. zu ihrem Ehrenmitglied zu ernennen".

Prof. Dr. Bernhard Salomon.

Neben seiner Tätigkeit als Leiter der Lahmeyer-Gesellschaft und der dieser angeschlossenen Unternehmungen wirkt Prof. Salomon in verschiedenen dem Allgemeinen dienenden Körperschaften; so ist er Mitglied des Industrie- und Handelstages, Vizepräsident der Handelskammer in Frankfurt a. M. und Mitglied des Reichspostrats im Reichspostministerium. Im Jahre 1925 verlieh ihm die T. H. Darmstadt die Würde eines Dr.-Ing. E. h. in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die technische Einrichtung, Durchbildung und Betriebsführung von Kraftwerken und Netzen.

Auszeichnungen. — Herr Ing. W. Lang sen. wurde am 12. IV. d. J. anläßlich seines 82. Geburtstages vom Elektrotechnischen Verein Düsseldorf zum Ehrenmitglied ernannt.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Geschäftswelt. — Die Deutschen Kabelwerke AG., Berlin-Lichtenberg, erinnern in ihrem Geschäftsbericht für 1929 daran, daß das heute rd. 2000 Beschäftigte zählende Unternehmen am 2. I. 1930 sein 40jähriges Bestehen feiern konnte. Die Umsätze haben sich sowohl bei ihm wie bei den Tochtergesellschaften gegen das Vorjahr weiter erhöht. In dem durch den allgemeinen Kapitalmangel ungünstig beeinflußten Draht- und Kabelgeschäft konnte der Rückgang des deutschen Anteils durch vermehrten Export mehr als ausgeglichen werden. Die Branche leidet noch immer unter den während der Kriegs- und Inflationsjahre erfolgten viel zu zahlreichen Neugründungen von Fabriken im In- und Ausland. Isolierte Leitungen will die Gesellschaft demnächst ebenfalls in dem sich sehr gut bewährenden Ketschendorfer Werk herstellen. Bruttogewinn: 5 003 099 RM (4 141 487 i. V.), Reingewinn: 983 561 RM (334 332 i. V.). Die Dividendenzahlung soll mit 6 % auf 10 Mill RM Stammaktienkapital wieder aufgenommen werden. — Trotz der wirtschaftlichen Depression hat sich die Beschäftigung des Kabelwerks Duisburg 1929 ungefähr auf der Höhe des Vorjahres gehalten. Per Fabrikationswarenkonto wurden 2 642 853 RM eingenommen (2 575 076 i. V.). Reingewinn: 896 951 RM (791 191 i. V.); als Dividende kamen wieder 10 % auf 7,2 Mill RM Aktienkapital zur Verteilung. — Den Vereinigten Isolatorenwerken AG., Berlin-Pankow, ist es 1929 gelungen, durch Erweiterung des Kundenkreises einigermaßen einen Ausgleich für die Verringerung des Bedarfs der alten Abnehmer zu finden und dadurch, daß sie sich von gewissen, als unrentabel erkannten Gebieten des Fabrikationsprogramms zurückgezogen haben, trotz Verkleinerung des Gesamtumsatzes ein etwas besseres Ergebnis zu erzielen. Bruttogewinn: 410 410 RM (331 026 i. V.), Reingewinn: 76 568 RM (47 571 i. V.). Die Dividende betrug 6 % auf 0,5 Mill RM Stammaktienkapital (i. V. nur auf Vorzugsaktien).

In das Handelsregister wurden eingetragen: Philips Electromedicin G. m. b. H., Berlin (0,2 Mill RM): Herstellung und Vertrieb medizinischer und elektrotechnischer Waren und Apparate, besonders elektromedizinischer Produkte nach den Verfahren der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken und der N. V. Philips' Radio, Eindhoven.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Im März 1930 verteilte sich der Außenhandel im Tarifunterabschnitt 18 B folgendermaßen:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	März	Jan./März	März	Jan./März
Einfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	3 264	8 389	995	2 492
Elektrot. Erzeugnisse	2 994	9 541	2 705	8 979
Ausfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	39 286	108 960	10 791	29 649
Elektrot. Erzeugnisse	97 656	297 309	39 954	118 278

Die Einfuhr ist gegen den Vormonat (6358 dz bzw. 3,954 Mill RM) um 100 dz und 0,254 Mill RM (6,4 %) gefallen, verglichen mit dem Parallelmonat von 1929 (4984 dz bzw. 3,195 Mill RM), aber um 1274 dz (25,5 %) und 0,505 Mill RM (16 %) gestiegen. Die Ausfuhr hat sich, einschl. 11 053 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 3,203 Mill RM gegenüber dem Vormonat (132 727 dz bzw. 48,187 Mill RM) um 4215 dz (3 %) bzw. 2,558 Mill RM (5 %) und gegen den März 1929 (110 058 dz bzw. 39,581 Mill RM) um 26 884 dz (24,4 %) bzw. 11,164 Mill RM (28 %) erhöht. Für das erste Vierteljahr ergibt der Vergleich mit der entsprechenden Periode des Vorjahres beim Import eine Abnahme um 3168 dz (15 %) und 0,283 Mill RM (2,4 %), beim Export aber eine Steigerung um 45 240 dz (12,5 %) und 16,288 Mill RM (12 %). Die Einfuhr umfaßte 1134 Lichtmaschinen (4402 i. V.), 21 444 Dynamos, Elektromotoren usw. (45 653 i. V.), 828 Bogen- usw. Lampen (406 i. V.),

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 735; 1930, S. 555.

Sonderheft der ETZ zur Weltkraftkonferenz
Heft 24 vom 12. Juni 1930
Schluß der Anzeigenannahme am **20. Mai**

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		März	Januar/März		März	Januar/März	
		1930	1930	1929	1930	1930	1929
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren . . .	26	102	302	767*	1 829*	1 921*
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	2 893	7 638	8 667	36 539*	100 674*	67 939*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	345	649	202	1 980*	6 457*	4 819*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden) .	314	947	1 462	4 704*	13 921*	11 802*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	672	1 773	2 814	37 485*	115 003*	124 158*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	9	48	29	457	1 008	1 359*
911 a	Metallfadenlampen	211	783	581	1 017	3 032	2 982*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	7	34	8	27	98	104*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	8	34	26	30	97	61*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittelungseinrichtungen; Bestandteile davon .	23	91	141	1 485*	4 536*	4 164*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	382	1 404	1 610	5 274*	16 107*	13 931*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	178	436	490	2 084*	7 424*	8 682*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon . .	—	—	13	688	2 287	1 549*
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	116	614	423	1 358*	4 032*	3 919*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon .	2	6	3	24	71	51*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	144	553	735	2 495*	6 231*	6 352*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	23	44	35	844*	2 836*	2 799*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	813	2 517	3 262	31 065*	86 694*	74 607*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	47	147	116	1 495*	4 116*	4 281*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon .	21	58	127	4 401	20 285	19 091
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	22	49	25	6	6	6
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	2	3	27	54	180	182*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	2 669*	9 350*	6 274*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet .	—	—	—	—	1	2
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz . .	6 258	17 930	21 098	136 942*	406 269*	361 029*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*3 700*	*11 471*	*11 754*	*50 745**	*147 927**	*131 639**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	46	96	73	1 434	3 413	3 915
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	3	17	22	86	233*	176
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	115	115	224	740	2 161	2 083
648 d	Elektroden	306	1 286	1 971	25 060	66 906	56 951
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	—	173	5 558*	16 449*	14 446*
740 a	Glühlampenkolben	—	61	45	1 617	4 554	4 025
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	155	463	394	8	8	8
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	267	355	205			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	162	542	658	14 398*	42 025*	34 514*

1,738 Mill Metalldrahtlampen (1,284 i. V.) und 60 800 Kohlefaden- usw. Lampen (17 400 i. V.), während im Rahmen der 35 104 dz bzw. 9,395 Mill RM an Reparationssachlieferungen einschließenden Ausfuhr 18 956 Lichtmaschinen (20 326 i. V.), 180 938 Dynamos, Elektromotoren usw. (162 584 i. V.), 9619 Bogen- usw. Lampen (11 373 i. V.), 17,957 Mill Metalldrahtlampen (15,560 i. V.) und 0,278 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,319 i. V.) dem Ausland geliefert worden sind. Der Überschuß des Exports betrug 388 339 dz im Wert von 136,456 Mill RM (339 931 dz bzw. 119,885 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 21: Welche Firma stellt Kabeleinführungen aus braunem Isolierstoff mit dem Zeichen „Beka D.R. G.M." her?

Abschluß des Heftes: 2. Mai 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

AEG-Freileitungs-Streckenschalter.

Mitteilung der AEG.

Streckenschalter für Hochspannungs-Freileitungen sind überall da zu verwenden, wo es darauf ankommt, die Leitungen entsprechend den Errichtungsvorschriften des VDE streckenweise spannungslos zu machen. Sie wären noch viel häufiger anzutreffen, wenn sie nicht infolge nicht zweckentsprechender Konstruktion oft Veranlassung zu unliebsamen Störungen gegeben hätten.

Je enger die Vermaschung der Überlandnetze wird, um so mehr Schalter sind erforderlich, denn die Errichtung zahlreicher gemauerter Stationen ist, wenn nicht nach den gegebenen Verhältnissen die nach dem Leichtbausystem ausgeführten Kunststeinstationen aufgestellt werden können, immer noch zu teuer, insbesondere dort, wo es sich um ländliche Elektrizitätsversorgung handelt. Anderseits muß die Vermaschung immer enger werden, da man auch auf dem Lande die Betriebssicherheit großstädtischer Netze bieten will und muß. Diese Aufgabe führt zur weiteren Durchbildung von Ringleitungen, die meist offen betrieben werden, aber so eingerichtet sein müssen, daß Umschaltungen in kürzester Zeit vorgenommen werden können. Dies wird durch zuverlässige Freileitungs-Streckenschalter ermöglicht.

Bei einer von der AEG neuerdings entwickelten Ausführung ist, um einen für jede Witterung und die betriebsmäßig rauhe Behandlung dauerhaften Schalter zu bieten, auf größte Sicherheit sowohl in mechanischer

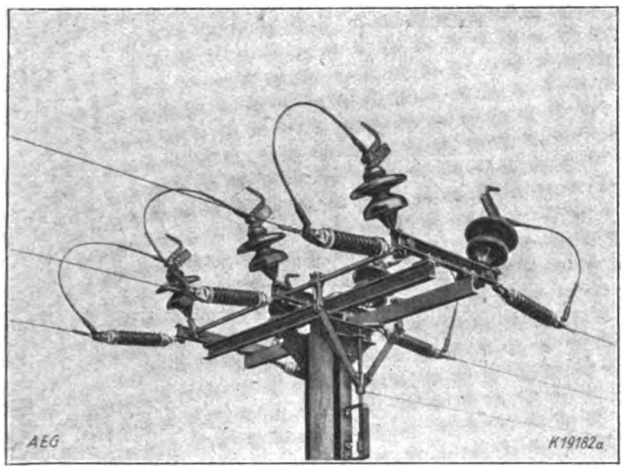


Abb. 1. Schalter Ds geöffnet.

als auch elektrischer Beziehung geachtet und daher ein besonders kräftiger Bau gewählt worden. Als Schaltisolatoren werden durchschlagsichere Vollkern-Stützen-Isolatoren verwendet, die am Kopf mit einer kräftigen Eisenkappe versehen sind, an denen die mit kurzen Hörnern befestigten Kontakte aufgesetzt werden. Diese durchschlagsichere Bauart ist gewählt worden, um eine möglichst hohe elektrische Sicherheit an den wichtigen Schaltstellen zu erzielen. Die Spezialstützen für die Isolatoren werden in je einen auf der Welle angeordneten besonders kräftigen Gußbock eingeschraubt. Die Wellen sind in Messinglagern geführt, die Zuführungsleitungen an besonderen gleichfalls durchschlagsicheren Stabisolatoren abgespannt, wodurch die Schaltkontakte vom Zug entlastet sind und ein einwandfreies Schalten gewährleistet ist. Die garantierte Zugfestigkeit der Abspannisolatoren beträgt etwa 3000 kg, sie können daher für Leitungsquerschnitte bis 50 mm² verwendet werden. Die Schalter sind ferner so konstruiert, daß sich beim Schaltvorgang beide kontakttragenden Isolatoren in entgegengesetzter Richtung bewegen. Hierdurch entsteht zwischen den stromführenden Teilen in ausgeschaltetem Zustande eine Entfernung von rund 650 mm, die weitestgehend Schutz gegen Überbrückung durch Vögel oder andere Fremdkörper bietet. Die Verbindung zwischen den Schaltkontakten und der Freileitung besteht aus flexiblem Kupferseil von 50 mm², das in besonderen Spiralen geführt wird, damit in allen Stellungen der erforderliche Abstand von geerdeten Teilen gewahrt bleibt. Die Schalter werden durch ein Gestänge aus Rundeisen betätigt, das mit Anschlagfedern zur Dämpfung der Schaltbewegungen in den Endstellungen versehen ist. Der Antrieb der beiden Schalterwellen erfolgt durch eine Kniehebelübertragung. Man erreicht hierdurch selbst bei langsamer Bewegung des Handhebels eine relativ schnelle Bewegung der Schaltkontakte. Außerdem wird durch diese Antriebsweise ein großes Drehmoment in der Einschaltstellung erzielt, so daß auch bei vereistem Schalter die Ausschaltung mit geringem Kraftaufwand möglich ist. Am oberen Ende des Gestänges ist ein Delta-Isolator H 20 oder auf Wunsch ein durchschlagsicherer Isolator zur Erhöhung der Sicherheit des Bedienungspersonals eingebaut. Das Schalten erfolgt durch Umlegen eines verriegelbaren Handhebels, an dessen Lagerbock sich die zur Erdung des unteren Gestängeteiles erforderliche Erdungsschraube befindet.

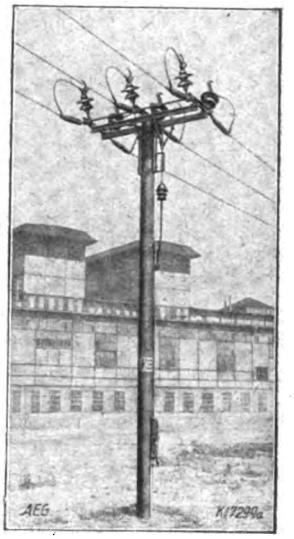


Abb. 2. Schalter Ds geöffnet mit Antrieb.

Die Freileitungs-Streckenschalter werden zunächst in folgenden Ausführungen hergestellt:

a) dreipolig mit durchschlagsicheren Vollkern-Stützen-Isolatoren Ds 15 für 15 kV (Abb. 1 und 2),

b) dreipolig wie vor Ds 25 für 25 kV.
Wenn eine höhere Sicherheit gegenüber der übrigen Leitungsisolation nicht verlangt wird, werden bei sonst gleicher Ausführung auch

c) dreipolige Schalter mit Delta-Isolatoren Dl 20 für 20 kV geliefert (Abb. 3).

Die Schalter können auf Holz- und Eisenmasten befestigt werden. Alle stromführenden Teile sind aus Bronze bzw. Kupfer für eine Stromstärke von 200 A bemessen. Die Schalter entsprechen den Regeln für die Errichtung elektrischer Hochspannungsanlagen (REH 29). Sämtliche Isolatoren werden im allgemeinen braun glasiert geliefert.

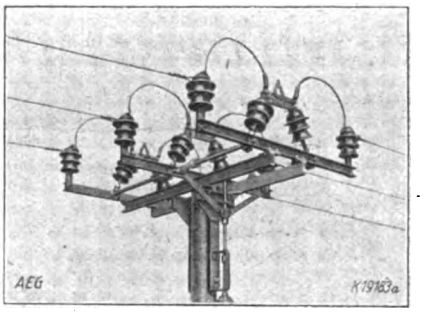


Abb. 3. Schalter Dl geschlossen.

Abschaltversuche, die an diesen Freileitungsschaltern im Hochspannungslaboratorium der AEG unter künstlichem Wind vorgenommen wurden, ergaben eine Grenzabschaltleistung von 6500 kVA. Es kann also mit einer sicheren Abschaltung von Strömen bis 100 A gerechnet werden.

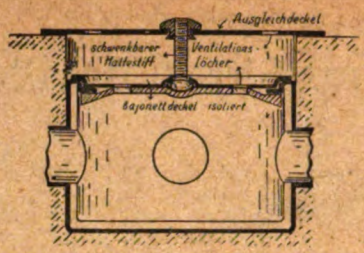
Mehrjährige Betriebserfahrungen in einem der größten Überlandnetze haben die Überlegenheit dieser Schalter gegenüber anderen Ausführungen bewiesen*).

*) Dr. H. Osten, Freileitungs-Streckenschalter in 15 kV-Ueberlandnetzen, AEG-Mitteilungen 1930, Heft 1, S. 11.

Digitized by Google

Der **neue**
wandebene
Verschlußdeckel
» Duplex «
für Abzweigdosen Unterverputz
D.R.P. a. und D.R.G.M.

paßt für alle Dosen mit Bajonettring



Zu tief eingemauerte Abzweigdose mit Duplex-Deckel abgeschlossen

Stets eine schöne glatte Wandfläche
Lieferbar für 55, 70 u. 78er Dosen

FRITZ WIELAND
Elektrische Industrie / Fabrik elektrischer Spezialartikel

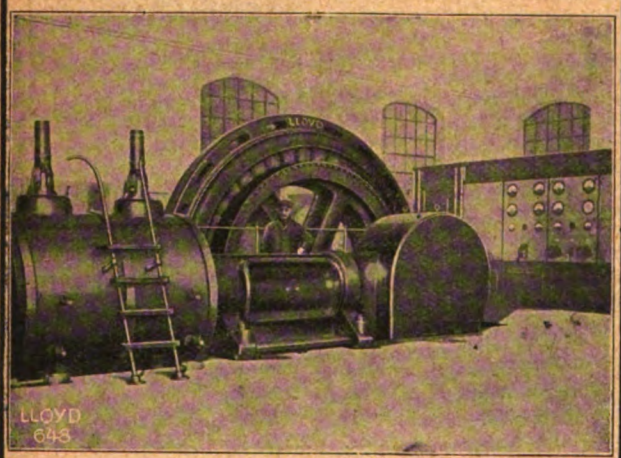
heute millionenfach bewährt!!
Wieland-Klemmen
mit geteiltem Isoliermantel
In jeder Grosshandlung erhältlich
Anfang: 1912
Den V.D.E.-Vorschriften entsprechend
D.R.P. 6 GRÖSSEN 2,5-120 □
D.R.P. 3 GRÖSSEN 6-35 □

mit 1 Klemmschraube

mit 4 Klemmschrauben

BAMBERG (BAYERN)

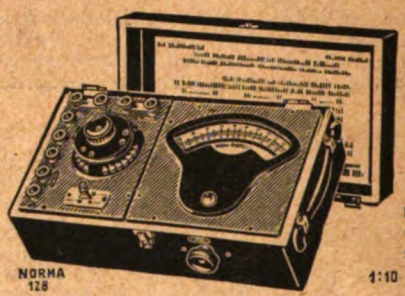
LLOYD
GENERATOREN



Drehstrom-Generator 715 kVA, 220/380 Volt, 150 UpM.
geliefert für eine Zuckerfabrik

LLOYD DYNAMOWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BREMEN.

NORMA



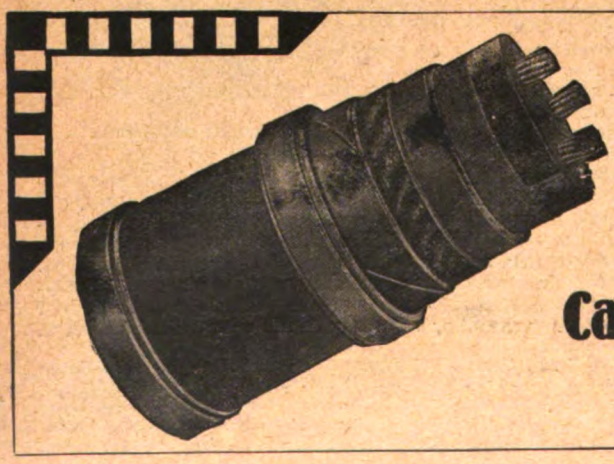
NORMA-UNIVERSAL
OHMMETER
SYSTEM KÜHNEL

WIDERSTANDSMESSGERÄTE

FÜR DIREKTE ABLESUNG MIT MESSBEREICHEN VON 1 MIKROOHM BIS 1 MEGOHM

OHMMETER DIESER ART NACH DER VON R. KÜHNEL ANGEGEBENEN SCHALTUNG SIND VIELFACH ERPROBT UND GELTEN HEUTE IN PRÜFFELDERN ELEKTR. MASCHINEN, IN ANKERREPARATURWERKSTÄTTEN UND GLEICHARTIGEN BETRIEBEN ALS UNENTBEHRLICH

NORMA INSTRUMENTEN-FABRIK
BONWITT & CO
WIEN XVI · ARLTGASSE Nr. 35



Starkstrom-Bleikabel
für
Hoch- u. Niederspannungen
Nach den Normalien des VDE

Callender Kabel Gesellschaft
m. b. H.
HAMBURG 1

Digitized by Google

JUN 2 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Eine fahrbare, bedienungslose Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Anlage. Von N. von Kotschubey 697

Die Elektrizitätsversorgung Italiens. Von A. Taccani. 700

Über einen Fall von Einschaltvorgängen mit nicht konstanten Stromkreiskoeffizienten. Von J. Hak. 705

Die elektrischen Bahnen in der tschechoslowakischen Republik. (Schluß.) Von F. Niethammer. 708

Weltkraftkonferenz Berlin 1930. 715

Rundschau:

Patronenschußsicherung. 715
Ballistischer Selbstschalter. 715
Theoretische Ermittlung von Nummer, Gewicht und Isolationszunahme von Baumwollgarnen. 716
Das Hochfrequenz-Ultramikrometer. 717
Die Flutlichtbeleuchtung im Abbau. 718
Die Elektrisierung der italienischen Bahnen. 718
Aluminium bei den elektrischen Vorortbahnwagen der Pennsylvaniabahn. 719
Sicherung schienengleicher Wegübergänge. 720
Optische Zugschlußmeldung. 721
Telephonwesen in Italien. 721
Über den magnet. Flußverlauf an schraubenförmigen Eisenkörpern. 722
Die Praxis der Isolieröl-behandlung und -prüfung in Amerika. 722
Energiewirtschaft. 723
Vereinsnachrichten. 725
Sitzungskalender. 725
Briefe a. d. Schriftl.: Artweger, H. Voigt 726
Literatur: VDE. H. Geiger u. K. Scheel. TRA. 726 Neue Zeitschriften. 727
Geschäftl. Mitteilungen. 728

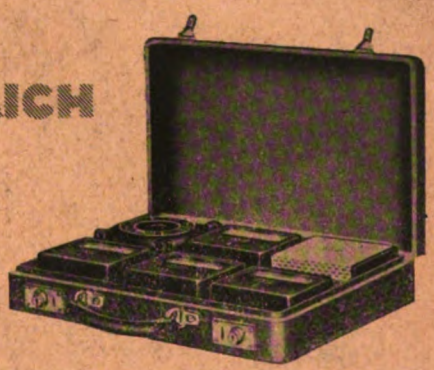
AEG

KLEINE TRAGBARE PRÄZISIONS-INSTRUMENTE

FORM R

FÜR PRÜFFELD, LABORATORIUM, REVISION UND REISE

KLEIN LEICHT HANDLICH



SEHR HOHE MESSGENAUIGKEIT
GEHÄUSE AUS HOCHWERTIGEM ISOLIERSTOFF
BELIEBIG ZUSAMMENGESTELLTE MESSÄTZE IN WIDERSTANDSFÄHIGEN ELEGANTEN LEDERKOFFERN

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

20. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(697-728) 15. Mai 1930

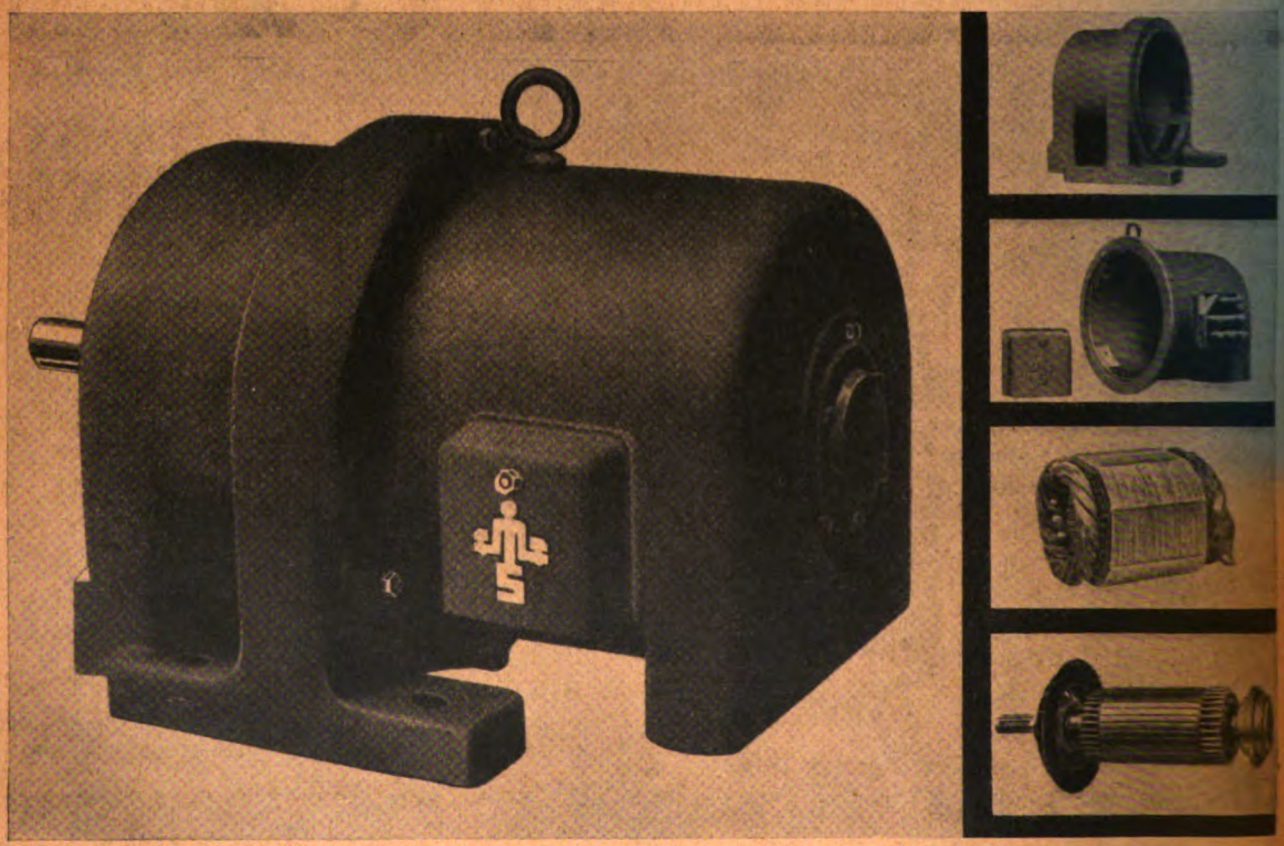
Das Sonderheft der ETZ zur Weltkraftkonferenz erscheint am 12. Juni 1930

Digitized by Google

BIKA-MOTOR

Kurzschlußanker-Motor mit Zweistab-Läuferwicklung und hervorragenden Anlaufeigenschaften

- **Anzugsmoment: mindestens 0,8 des Normalwertes**
- **Anlaufstrom: höchstens 1,6 fach, ohne Stufenschaltung, ohne Fliehkraftriemenscheibe, mit einfachem Stern-Dreieck-Schalter**
- **Neuartige Zweigehäuse-Bauart**
- **Gekapselte Wälzlager**
- **Austauschbarkeit aller Teile**



MAFFEI-SCHWARTZKOPFF

ABTEILUNG VERTRIEB: WILDAU (KREIS TELTOW) · DRAHTWORT: TURBOMOTOR WILDAU

Digitized by Google

Sonderheft der ETZ zur Weltkraftkonferenz

Die kommende Weltkraftkonferenz in Berlin wird vorwiegend Fragen der Energieverteilung und -verwertung behandeln. Da die Elektrizität im Vordergrunde des Interesses stehen wird, widmet die ETZ der Konferenz ein Sonderheft, das am 12. Juni erscheint.

Anzeigenschluß: 20. Mai

Digitized by Google

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 15. Mai 1930 | Heft 20

Eine fahrbare, bedienungslose Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Anlage.

Von Dipl.-Ing. N. von Kotschubey, Zürich.

Übersicht. Quecksilberdampf-Großgleichrichter als Wechselstrom-Gleichstrom-Umformer finden eine immer größere Anwendung. Diese Umformer werden für die verschiedensten Zwecke wie Beleuchtung, Bahn, Elektrochemie usw. verwendet. Bis vor kurzem wurden sie hauptsächlich in ortsfesten Unterwerken untergebracht. Im folgenden wird die erste fahrbare vollkommen bedienungslose Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Anlage beschrieben, welche sich seit einigen Jahren in Kanada in der Stadt Calgary im Betriebe befindet. Diese Anlage zeichnet sich aus durch ihre große Betriebsicherheit und relativ große Leistung. Sie ist für vollselbsttätigen Betrieb vorgesehen und besitzt eine eigene Rückkühlanlage sowie eine Einrichtung zur Unterdrückung von Störungen in den benachbarten Schwachstromanlagen.

Die Aufgabe, die Wirtschaftlichkeit der Unterwerke zu erhöhen, welche Netze mit stark schwankender Belastung speisen, konnte in den letzten Jahren durch die

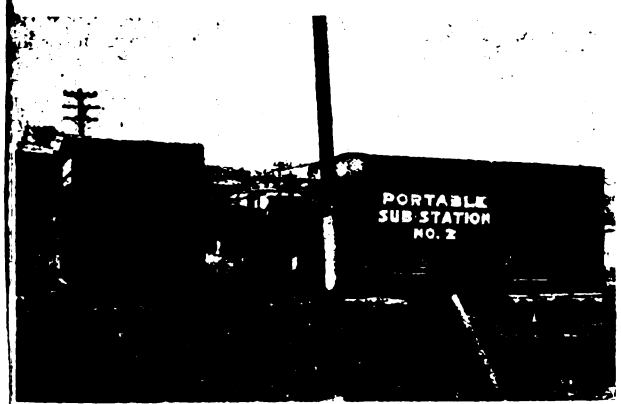


Abb. 1. Fahrbare Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Anlage für 600 kW, 550 V der Stadt Calgary (Kanada).

Anwendung von Quecksilberdampf-Großgleichrichtern anstatt von rotierenden Umformern in befriedigender Weise gelöst werden. Die starke Belastungsschwankungen aufweisenden Betriebe sind hauptsächlich Straßen- und Vorortbahnen. Bei den ersteren werden die im Innern der Stadt liegenden Strecken durchschnittlich gut belastet. Dagegen weisen die äußeren Strecken eine stark schwankende Belastung auf. Diesem Umstande entsprechend baut man in der letzten Zeit im Zentrum der Städte Unterwerke, welche dauernd eine starke Belastung ertragen können. Die abgelegenen Linien werden dagegen mit kleineren, stark überlastbaren Unterwerken versehen. Die letzteren müssen aber die Eigenschaft haben, auch bei Teillast hohe Wirkungsgrade aufzuweisen. Eine ähnliche Anordnung der Unterwerke wurde bekanntlich auf dem Netze der Deutschen Reichsbahn für die Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen getroffen. Bei Vorortbahnen sind die Verhältnisse ähnlich wie auf äußeren Straßenbahnstrecken, d. h. kleine, durchschnittliche Belastung und zeitweise auftretende starke Überlastungen. Gewöhnlich treten die Belastungspitzen am stärksten gegen die Mittagszeit und um 6^h nachm. auf. In den Ländern, in welchen die sogenannte englische Arbeitszeit Anwendung findet, verschieben sich die Stromspitzen auf die Morgenstunden und zwischen 4 und 5^h nachm. Die zu dieser Zeit auftretenden Überlastungen sind gewöhnlich so groß, daß die Unterwerke mit

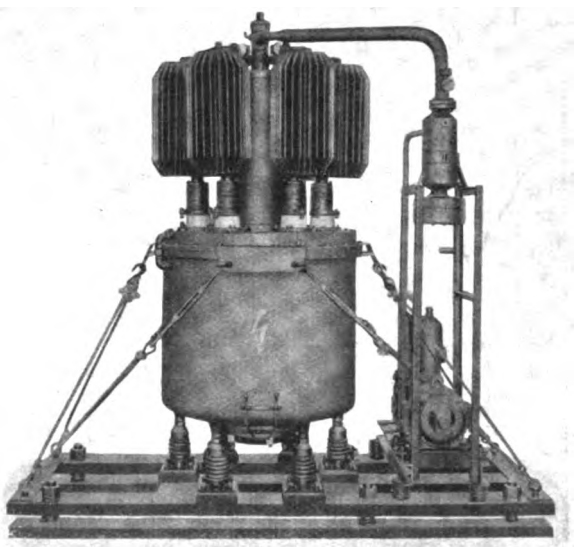


Abb. 3. Quecksilberdampf-Großgleichrichter für 600 kW, 550 V.

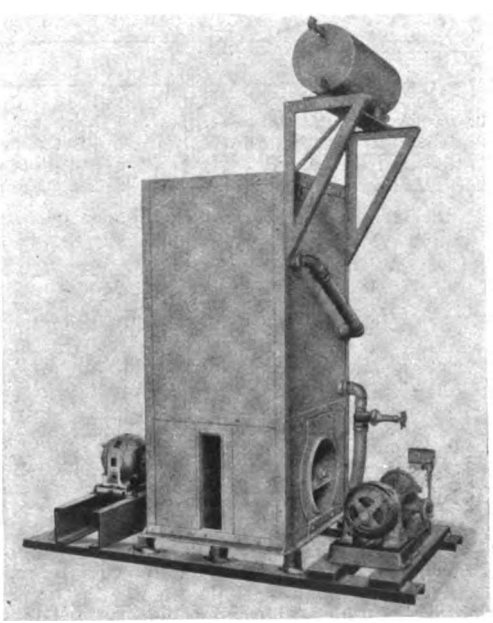
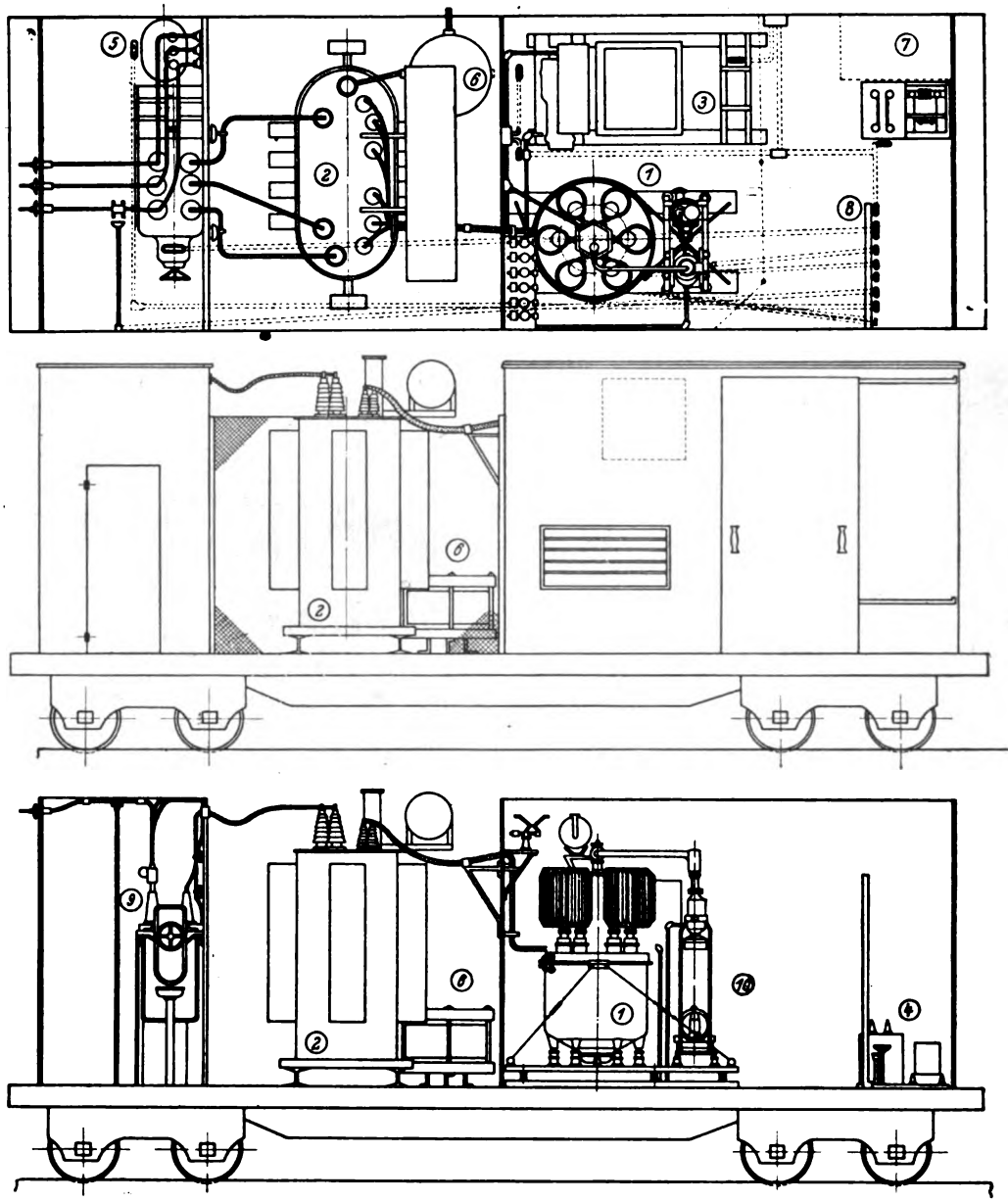


Abb. 5. Rückkühl-Maschinensatz für den Quecksilberdampf-Großgleichrichter und die zugehörige Hochvakuumpumpe.

Digitized by Google

Maschinen versehen werden müssen, welche kurzzeitig um 100, 200 oder sogar 300 % überlastbar sind. In dieser Hinsicht haben die ortsfesten Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Anlagen außerordentlich gute Dienste leisten können, da sie Überlastungen, welche das Mehrfache der normalen Last betragen, ohne Schwierigkeiten aushalten.



1 Brown-Boveri-Quecksilberdampf-Großgleichrichter, Type GRZ 56
2 Gleichrichtertransformator
3 Rückkühlanlage
4 Zünd- und Erregergruppe
5 Hilfstransformator
6 Serie-Drosselspule
7 Resonanzkreise
8 Schalttafel
9 Hochspannungsölschalter
10 Luftpumpensatz

Abb. 2. Übersichtsplan des fahrbaren Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Unterwerkes.

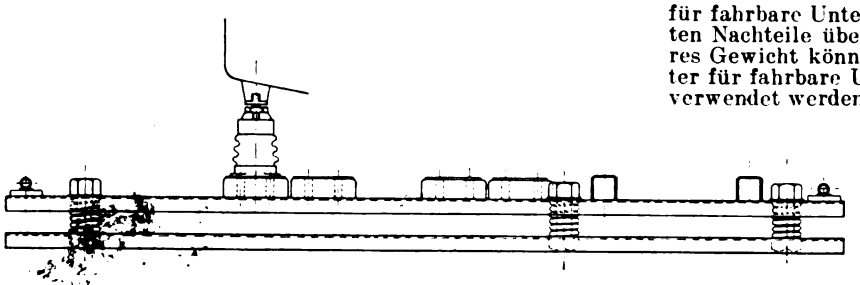


Abb. 4. Befestigungsrahmen des Quecksilberdampf-Großgleichrichters des fahrbaren Unterwerks.

Unter ganz anderen Gesichtspunkten sollen die periodischen Belastungsschwankungen betrachtet werden. Diese Belastungsschwankungen können an Feiertagen, schönen Sonntagen und Ferienzeit auftreten. Reine Jahreszeit-Schwankungen müssen aber auch berücksichtigt werden. So z. B. werden Bahnstrecken, welche zu Badeorten führen, im Sommer sehr stark in Anspruch genommen, dagegen im Winter wird die Belastung auf diesen Strecken praktisch Null. Um solchen Belastungsschwankungen zu entsprechen, empfiehlt es sich, fahrbare Unterwerke aufzustellen. Diese können je nach Bedarf von einer Strecke zu der anderen gebracht werden, was die Anzahl der benötigten Unterwerke vermindert und die Wirtschaftlichkeit der betreffenden Bahn bedeutend vergrößert. Fahrbare Unterwerke können mit Vorteil für Straßen-, Stadt- und Vorortbahnen verwendet werden. Ähnliche Anlagen, ausgerüstet mit Motor-Generatoren oder Einankerumformern sind schon seit Jahren verwendet und haben bewiesen, daß sie ihrem Zwecke vollkommen entsprechen. Der Nachteil dieser Anlagen ist aber, daß die in diesen verwendeten Umformer große Gewichte aufweisen und dadurch die größtmöglich erreichbare Leistung begrenzen. Da Motor-Generatoren und Einankerumformer sich schlecht für den bedienungslosen Betrieb eignen, hat man auch in der Regel bei fahrbaren Unterwerken von dieser Betriebsart abgesehen. Bei der Verwendung von Quecksilberdampf-Großgleichrichtern für fahrbare Unterwerke konnten aber die vorher erwähnten Nachteile überwunden werden. Durch ihr viel kleineres Gewicht können die Quecksilberdampf-Großgleichrichter für fahrbare Unterwerke mit viel größeren Leistungen verwendet werden. Die Leichtigkeit, mit welcher diese für den bedienungslosen Betrieb vorgesehen werden können, erlaubt die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen durch den Wegfall der Ausgaben für das Personal ganz bedeutend zu erhöhen.

Die erste bedienungslose Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Anlage konnte in Calgary (Kanada) in Betrieb gesetzt werden (siehe Abb. 1). Die Anlage weist eine Dauerleistung von 600 kW bei 550 V auf. Sie dient zur Speisung des Straßenbahnnetzes der Stadt Calgary und arbeitet mit einer Reihe von älteren Einankerumformer-Anlagen und einer neuen ortsfesten Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Anlage parallel. Um die Verwendung

Digitized by Google

von Quecksilberdampf-Großgleichrichtern für ein fahrbares Unterwerk zu ermöglichen, mußten einige Änderungen in der Befestigungsart des Gleichrichters gemacht werden. Der Gleichrichter selbst (Bauart Brown Boveri) und die zugehörige Apparatur konnten dagegen in normaler Ausführung, wie für ortsfeste Anlagen verwendet, bleiben. Abb. 2 zeigt den Aufriß und Grundriß des bedienungslosen fahrbaren Gleichrichter-Unterwerkes der Stadt Calgary. Dieser Abbildung kann entnommen werden, daß die Anlage aus einem Hochspannungsschalter mit zugehörigem Motorantrieb, einem Hilfstransformator, einem Gleichrichter-Transformator, einem Quecksilberdampf-Großgleichrichter mit 6 Anoden, einer Schalttafel, einem Rückkühl-Maschinensatz, Zünd- und Erregergruppe, Gleichstromapparatur und schließlich einer Serie Drosselspulen und Resonanzkreise zur Vermeidung von Schwachstromstörungen besteht. Da der Ölschalter und im besonderen seine Antriebsvorrichtung in Freiluftausführung bedeutend mehr Platz als solche für Innenausführung beanspruchen, hat man sich für die Innenausführung entschlossen. Der Gleichrichtertransformator konnte dagegen für Aufstellung im Freien gewählt werden, was auch aus der Abb. 1 gut ersichtlich ist. Der Gleichrichter, sein Zubehör, die Kühleinrichtung, die Gleichstromapparatur und die Resonanzkreise wurden in einem leicht gebauten, billigen Wellblechkasten untergebracht.

Wie gesagt, konnten die sämtlichen Teile der Anlage ohne irgendwelche Änderungen gegenüber den normalen Typen ausgeführt werden. Die einzige Änderung sollte an den Gleichrichter-Befestigungen gemacht werden. Die letzteren, die aus Abb. 3 und 4 ersichtlich sind, bestehen aus zwei Profileisenrahmen. Der untere ist auf dem Wagenboden starr befestigt, der obere ist aber in vertikaler Richtung beweglich. Diese Bewegungen sind mittels starker Federn gedämpft. Der Gleichrichter selbst ruht auf dem oberen Rahmen, auf welchem er mittels sechs Stützisolatoren befestigt ist. Um das Umkippen des Zylinders während der Fahrt zu vermeiden, verwendet man sechs Abspannseile. Da die Zufuhr des Frischwassers für die Kühlung des Gleichrichters und der Hochvakuumpumpe nicht immer möglich ist, entschloß man sich, der Anlage einen Rückkühl-Maschinensatz hinzuzufügen (s. Abb. 5). Diese besteht aus einem Lamellenkühler, einer Wasser-Umlaufpumpe und einem Ventilator. Das Ganze ist gedrängt gebaut und beansprucht sehr wenig Platz.

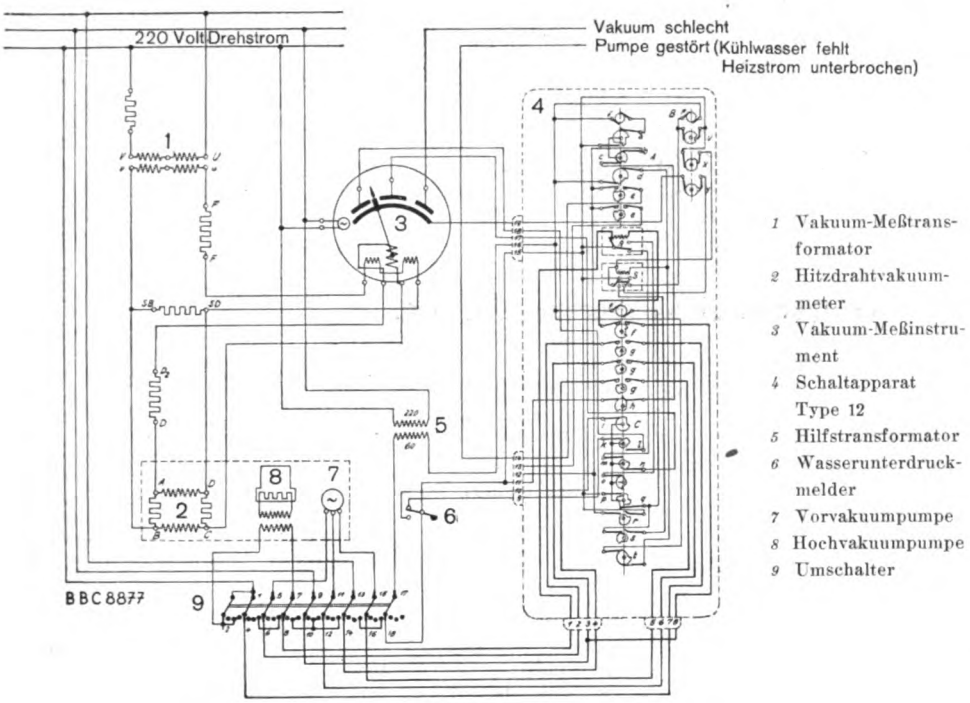


Abb. 6. Anordnung der bedienungslosen Steuerung des Vakuumpumpensatzes.

Der Gleichrichter wird von einer Schaltuhr an bestimmten Tageszeiten in und außer Betrieb gesetzt. Während des Betriebes bleibt aber die Gruppe stets unter der Kontrolle eines Sonder-Schaltapparates, welcher im Falle des Auslösens von Schaltern auf unzulässige Überlastung oder Kurzschluß diese bis zu dreimal in im voraus festgelegten Zeitabständen wieder einschaltet. Gleichzeitig mit der Wiedereinschaltung der Schalter besorgt der Schaltapparat die Überwachung der Temperatur der Anodenplatte und die Übertragung der Kontrollstelle von Alarmsignalen im Falle des Auftretens von Schalterauslösungen oder Unstimmigkeiten in der Betriebsführung. Das Vakuum und somit der Betrieb der beiden Vakuumpumpen werden unabhängig von dem Betrieb des Gleichrichters selbst kontrolliert. Man bedient sich hier wiederum eines Sonder-Schaltapparates nach der Schaltung entsprechend Abb. 6. Ist das Vakuum gut, so bleibt die Vorvakuumpumpe abgeschaltet, verschlechtert sich das Vakuum und wird für den Betrieb ungenügend, so schaltet der Sonder-Schaltapparat die Vorvakuumpumpe ein. Bleibt das Vakuum trotz der Inbetriebsetzung der Vorvakuumpumpe noch immer schlecht, so wird die Gleichrichtergruppe blockiert und die Störung der Kontrollstelle gemeldet. Die Gleichrichtergruppe bleibt somit

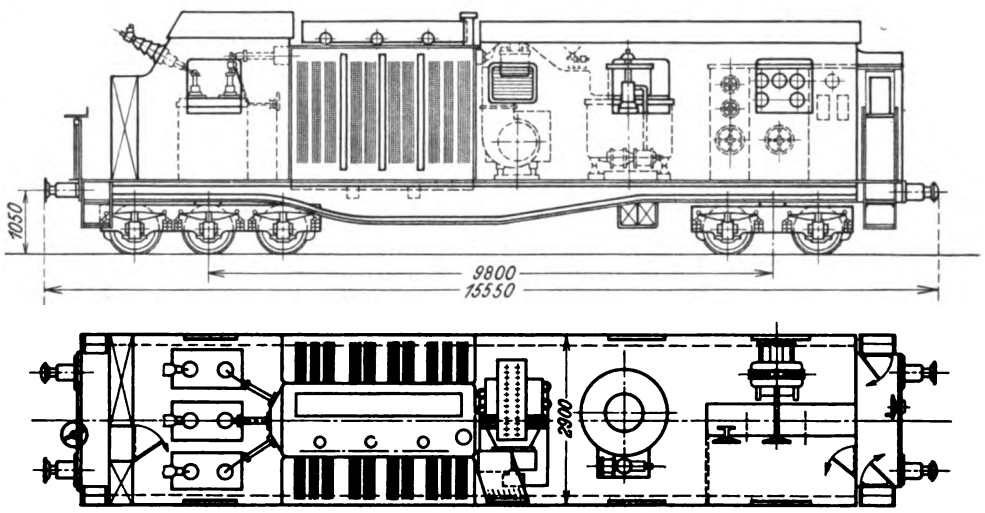


Abb. 7. Übersichtszeichnung eines fahrbaren Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Unterwerkes für 2100 kW, 3000 V, angeschlossen an Drehstrom 60 000 V, 50 Hz.

Digitized by Google

immer betriebsbereit, auch dann, wenn die Netzbelastung null ist.

Um die Betriebsicherheit der Anlage ermitteln zu können, wurde an ihr eine Reihe von Versuchen durchgeführt, welche zeigten, daß die Anlage allen Anforderungen des Betriebes entspricht und daß sogar bei verhältnismäßig hohen Geschwindigkeiten, welche während des Transports erzielt werden, die Betriebsbereitschaft der Anlage keineswegs vermindert werden kann.

Abgesehen von den großen Geldersparnissen, welche durch die Anwendung eines Gleichrichters an Stelle von rotierenden Umformern in bezug auf kleinere Anschaffungskosten des Wagens, höheren Wirkungsgrad usw. erzielt werden, konnten unter der Berücksichtigung des bedienungslosen Betriebes außerdem rd. 1280 RM im Monat, welche den Ausgaben für das Personal entsprechen, erspart werden.

Ein großer Vorteil der Verwendung von Quecksilberdampf-Gleichrichter für fahrbare Unterwerke besteht auch darin, daß für höhere Betriebspannungen, als dies der Fall mit dem Unterwerke in Calgary ist an der gesamten Apparatur und an der Ausführung des Wagens selbst keine nennenswerten Änderungen gemacht werden müssen. Die Abb. 7 stellt ein fahrbares Gleichrichterunterwerk für 3000 V, 2100 kW, angeschlossen an 60 000 V dar. Aus dieser Abbildung ersieht man, daß für den Aufbau derartiger Anlagen unter der Voraussetzung der Anwendung von Quecksilberdampf-Großgleichrichtern sehr schöne Lösungen getroffen werden können.

Zum Schluß sei hier noch erwähnt, daß in der nächsten Zeit in Calgary eine zweite bedienungslose, fahrbare Quecksilberdampf-Großgleichrichter-Anlage für 1200 kW, 550 V in Betrieb gesetzt wird.

Die Elektrizitätsversorgung Italiens.

Von Ing. **Alessandro Taccani**, Mailand, Vorsitzendem der Technologischen Abteilung der Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche.

Grundzüge der italienischen Elektrowirtschaft.

Bevor ich auf die Entwicklung der Elektrowirtschaft Italiens, besonders in der Nachkriegszeit, und deren heutige Richtungen und Möglichkeiten näher eingehe, wird es zweckmäßig sein, kurz ihre hauptsächlichsten Grundzüge zu schildern.

Im Gegensatz zu anderen Ländern, wie Deutschland, Frankreich, Großbritannien, die Vereinigten Staaten usw., hat sich Italien in Anbetracht seines verhältnismäßigen Reichtums an Wasserkräften und beinahe gänzlichen Mangels an natürlichen Brennstoffen schon von vornherein auf die Wasserkraftgewinnung eingestellt. Diese Richtung verstärkte sich nach Ausbruch des Weltkriegs, als die Schwierigkeiten in der Beschaffung der Brennstoffe Regierung und Industrie nötigten, den Ausbau der vorhandenen Wasserkräfte besonders zu fördern. Infolgedessen hat die hydraulische Erzeugung gegenüber der kalorischen von Jahr zu Jahr eine immer größere Bedeutung erlangt; letztere betrug 1929 nur wenig mehr als 3 % der gesamten Elektrizitätsgewinnung.

Aus diesem Sachverhalt folgt, daß die Kraftwerke in den Gegenden konzentriert sein müssen, die an Wasserkräften reicher sind, und das ist meistens in den Alpen der Fall. Die Regelmäßigkeit und Stärke der Niederschläge, die Möglichkeit eines Ausgleichs der Wasserführung durch Benutzung der natürlichen Seen oder den Bau von künstlichen Speicherbecken, das Vorhandensein steiler Täler mit starken Gefällen auf kurzen Strecken machen die Ausnutzung gewaltiger hydraulischer Leistungen wirtschaftlich vorteilhaft. Dagegen sind die von den Apenninen gebotenen Verwertungsmöglichkeiten bei weitem bescheidener, und nur in vereinzelten Gebieten des zentralen und südlichen Apennins hat man hydroelektrische Anlagen von größerer Bedeutung bauen können. Noch ärmer an Wasserkräften sind die Inseln Sizilien und Sardinien.

Grundverschieden ist auch die Wasserführung in den hydraulischen Anlagen der Alpen und Apenninen. Während die ersteren Wasserläufe ausnutzen, die durch das Auftreten von Hochwässern in den Sommermonaten mit maximalen Abflußmengen von Mai bis Juli und von Niederwässern in den Wintermonaten mit minimalen Abflußmengen im Februar und März gekenzeichnet werden, sind für die Wasserdarbietung der Apenninen größte Knappheit während des Sommers und stark schwankende Hochwässer im Frühjahr und Herbst charakteristisch. Auf den ersten Blick könnte man denken, daß sich durch Verbundwirtschaft der alpinen und apenninischen Anlagen ein gegenseitiger Ausgleich herbeiführen ließe, tatsächlich aber beschränkt sich die praktische Ausgleichsmöglichkeit wegen der mengenmäßig bescheidenen in den nördlichen Apenninen verfügbaren Leistungen auf die Überlagerung der sommerlichen Niederwässer des Apennins durch die gleichzeitigen Hochwässer der Alpen. Hierzu kommt noch, daß in den Apenninen Wasserklemmen während des Winters durchaus keine Seltenheit sind. Der Ausgleich ist daher nur in beschränktem Maße und für kurze Zeit möglich. Größere Bedeutung könnte gegebenenfalls ein Energieaustausch zwischen Alpen und mittleren Apenninen haben, er würde jedoch sehr lange Hochspannungsleitungen (220 kV) erfordern, die in Anbetracht der geringen austauschbaren Energiemengen nicht wirtschaftlich wären.

Außer der Förderung des Ausbaues der Wasserkräfte hat der Mangel an Brennstoffen in Italien noch eine andere wichtige Wirkung gehabt. Während in den übrigen Industrieländern Europas die Großindustrie ihren Strombedarf noch vorwiegend durch Eigenerzeugung deckt, haben die industriellen Unternehmungen in Italien schon frühzeitig die Zweckmäßigkeit erkannt, auf eine Eigengewinnung zu verzichten und statt dessen den Strom von den öffentlichen Elektrizitätswerken zu beziehen. Selbstverständlich hat dieser Umstand nicht wenig die Entwicklung der letzteren gefördert.

Die Aufzählung der Grundmerkmale der italienischen Elektrowirtschaft wäre unvollständig, wenn ich nicht noch erwähnte, daß die Elektrizitätsverteilung in Italien mit drei verschiedenen Frequenzen erfolgt, d. h. 42 Hz für den größten Teil der Lombardei, Veneto und Emilien, 50 Hz in Piemont, Ligurien, Toscana, Marche und den Inseln, 45 Hz in Lazio und Süditalien. Diese Verschiedenheit der Frequenzen, die z. T. bis zu den Anfängen der Industrie zurückgeht, bringt aber praktisch keine nennenswerten Nachteile mit sich, nicht einmal bei der heutigen Entwicklung; für den Energieaustausch zwischen anliegenden Bezirken mit verschiedener Frequenz, der übrigens mengenmäßig immer bescheiden ist, sorgen Frequenzwandler, deren Betrieb sich als praktisch einwandfrei erwiesen hat. Es muß noch hervorgehoben werden, daß die Maschinen vieler der neueren Großkraftwerke für Wechselbetrieb mit zwei Periodenzahlen (42 und 50 oder 50 und 45) eingerichtet worden sind.

Das elektrische Nationalvermögen.

Nach dieser kurzen Übersicht über die hauptsächlichsten Merkmale der Elektrowirtschaft Italiens kann ich zur Schilderung ihrer Entwicklung übergehen. Den Anfang der industriellen Ausnutzung der Elektrizität kann man auf das Jahr 1896 zurückführen, als die Edison-Gesellschaft, das älteste der italienischen Elektrizitätsunternehmen, nach dem günstigen Verlauf des ersten praktischen Versuchs bei Tivoli (Rom), den elektrischen Strom in die Ferne zu übertragen, den Bau der nunmehr klassisch gewordenen Anlage von Paderno an der Adda und einer 15 kV-Leitung beschloß. Dieser für die damalige Zeit kühne Versuch gab mit seinem glänzenden Erfolg einen bedeutenden Anstoß für den Bau elektrischer Anlagen, so daß diese im Jahre 1898 schon 90 000 kW, vorwiegend hydraulisch, liefern konnten. Zehn Jahre später, 1908, erreichte diese Leistung 350 000 kW mit einer jährlichen Erzeugung von über 1 Mrd kWh. Die Entwicklung ist in den folgenden Jahren fortgeschritten; bei Ausbruch des Weltkriegs, 1914, betrug die installierte Leistung beinahe 1 Mill kW.

Während der Kriegsjahre und in der unmittelbaren Nachkriegszeit hat der Bau elektrischer Kraftwerke infolge wirtschaftlicher und anderer durch die besonderen Zustände dieser Zeit hervorgerufener Schwierigkeiten nicht mehr so rapide zugenommen. Wie ich schon erwähnte, ist aber in dieser Periode das Überwiegen der Neubauten von Wasserkraftwerken gegenüber Dampfkraftanlagen noch mehr hervorgetreten. Diese Tatsache

Digitized by Google

muß man teilweise auch auf die vom Staat bei der Konzession und Errichtung hydroelektrischer Anlagen gewährten Vergünstigungen zurückführen.

Die folgenden Jahre sind durch ein kräftiges Wachsen der Bautätigkeit auf dem Kraftwerksgebiet gekennzeichnet; in Abb. 1 ist die in den Jahren 1920/28 erfolgte Zunahme der hydraulischen Maschinenleistung in den öffentlichen Elektrizitätswerken, d. h. des bei weitem größten Teils der gesamten installierten Maschinenleistung, dargestellt. Gleichzeitig hat sich auch die Erzeugung bedeutend erhöht. Leider sind die statistischen Angaben für die Periode 1920/28 nicht vollständig, und man kann nur

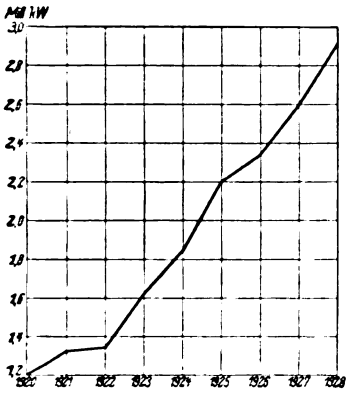


Abb. 1. Entwicklung der in den Wasserkraftanlagen der öffentlichen Elektrizitätswerke Italiens installierten Maschinenleistung.

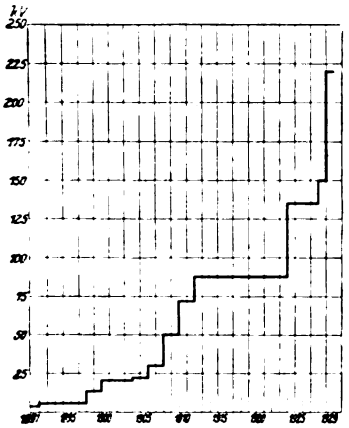


Abb. 3. Zunahme der max. Übertragungsspannung in den Fernleitungen Italiens.

gung stehen, gestatten jedoch, sich ein ziemlich genaues Bild über die Entwicklung der Erzeugung zu machen. Wenn man z. B. die statistischen Angaben des Ministeriums für öffentliche Arbeiten, die mit dem Jahre 1920 beginnen, heranzieht, kommt man zu dem Schluß, daß die mittlere jährliche Zunahme der Erzeugung in der Zeitspanne 1920/28 ungefähr 10 % betragen hat.

Das beschleunigte Tempo der Zunahme erklärt sich einerseits aus der stetig steigenden Industrialisierung des Landes und dem Wunsch, den Import von Brennstoffen aus dem Ausland möglichst einzuschränken, anderseits aus der Notwendigkeit, das während der Kriegs- und un-

Abb. 2. Geographische Verteilung der Kraftwerke mit mehr als 5000 kW installierter Maschinenleistung.

für die letzten drei Jahre ausreichend angenäherte Werte angeben. Zahlentafel 1 zeigt die von der U.N.F.I.E.L. (Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche[1] auf Grund der von ihr ausgeführten Erhebung berechneten und als wahrscheinlich angegebenen Zahlen. Die Erhebung umfaßt etwa 86 % der Erzeugung, daher sind ihre Ergebnisse mit einem Korrektionsfaktor behaftet in der Zahlentafel angeführt:

Zahlentafel 1.

Jahr	installierte Leistung Mill kW	wahrscheinliche Erzeugung Mrd kWh
1926	2,330	8,80
1927	2,600	9,05
1928	2,845	10,00

In den Zahlen ist die Eigenerzeugung der Industrieanlagen nicht enthalten.

Diese Werte und die, wenn auch unvollständigen Angaben, welche für die vorangehenden Jahre zur Verfügung stehen, gestatten jedoch, sich ein ziemlich genaues Bild über die Entwicklung der Erzeugung zu machen. Wenn man z. B. die statistischen Angaben des Ministeriums für öffentliche Arbeiten, die mit dem Jahre 1920 beginnen, heranzieht, kommt man zu dem Schluß, daß die mittlere jährliche Zunahme der Erzeugung in der Zeitspanne 1920/28 ungefähr 10 % betragen hat.

Das beschleunigte Tempo der Zunahme erklärt sich einerseits aus der stetig steigenden Industrialisierung des Landes und dem Wunsch, den Import von Brennstoffen aus dem Ausland möglichst einzuschränken, anderseits aus der Notwendigkeit, das während der Kriegs- und unmittelbaren Nachkriegszeit Versäumte nachträglich einzuholen. Aus diesem letzten Grunde ist anzunehmen, daß die Erzeugung in Zukunft zwar fortschreiten wird, aber in langsamerem Tempo.

Abb. 2 gibt die geographische Verteilung der über mehr als 5000 kW installierter Leistung verfügenden Kraftwerke wieder. Aus ihr erkennt man deutlich die früher angedeutete Konzentration der Wasserkraftwerke in den Alpen und vereinzelten Teilen der Apenninen.

Zwecks Ausgleichs des Zuflusses sind mehrere Wasserkraftwerke mit Speicherbecken versehen worden. In einigen Fällen, vorzugsweise in den Alpen, hat man hierzu entsprechend ausgebaute natürliche Seen heranziehen können. In anderen Fällen, besonders in den Apenninen, ist es notwendig gewesen, künstliche Stauseen zu schaffen. Unter den ersteren ist der Lago di Santa Croce (Veneto) mit einem Speichervermögen von 120 Mill m³ als der wichtigste zu erwähnen. Unter den künstlichen Speicherbecken nimmt das am Tirso (Sardinien) geschaffene mit einem nutzbaren Inhalt von 374 Mill m³ die erste Stelle ein.

Zahlentafel 2 enthält die wichtigsten Angaben über die Ausgleichspeicherbecken des Landes:

[1] Vereinigung der Elektrizitätswerke.

Digitized by Google

Zahlentafel 2.

Orographisches Gebiet	Anzahl der Speicherbecken	nutzbarer Speicherinhalt Mill m³	nutzbares mittleres Gefälle m
Alpen	52	393	900
nördlicher Apennin	18	69	340
mittlerer und südlicher Apennin	9	113	400
Inseln	3	637	83
zusammen	82	1212	393

Die speicherbare Energie macht jedoch trotzdem nur einen kleinen Bruchteil — nicht einmal 10 % — der gesamten Erzeugung aus.

Die Entwicklung des Fernleitungssystems ist mit der der Erzeugungsanlagen Hand in Hand gegangen. Als die örtlichen, in den Verbrauchszentren gelegenen kleinen Zentralen allmählich durch größere Wasserkraftwerke an den Energiequellen, d. h. hauptsächlich in den Alpen, bzw. durch Dampfkraftwerke an Orten, wo die Brennstoffbeschaffung günstiger war, ersetzt wurden, sind immer längere Leitungen erforderlich geworden. Dieser Umstand zusammen mit den steigenden Energiemengen, die zu übertragen waren, haben zum Übergang auf immer höhere Spannungen genötigt. Von den anfänglich wenigen tausend Volt ist man so, erst langsam, dann immer schneller bis zu 150 kV gelangt, wie sie jetzt für große Überlandleitungen gebräuchlich sind; und heute steht auch schon die erste italienische 220 kV-Leitung. Die Schaulinie der Abb. 3 zeigt die zeitliche Zunahme der höchsten Übertragungsspannung in Italien, Abb. 4 das Hochspannungsnetz (Leitungen mit mehr als 50 kV Betriebspannung).

Leider gibt es keine bis auf den heutigen Tag vollständige Statistik der Fernleitungen. Die U.N.F.I.E.L. ist gerade mit einer bezüglichen Erhebung beschäftigt, hat sie indessen noch nicht abgeschlossen. Für Leitungen, die mit nicht weniger als 30 kV betrieben werden, sind von dem Amt für Wasserwirtschaft des Ministeriums für öffentliche Arbeiten (Servizio Idrografico del Ministero dei LL.PP.) die in Zahlentafel 3 enthaltenen, sich auf das Jahr 1927 beziehenden Angaben gesammelt worden:

Zahlentafel 3.

Landesteile	Länge der Linien in km (mit Einfach- oder Doppelleitung armiert)				Länge der Leitungen in km			
	von 30 bis 50 kV	von 50 bis 100 kV	über 100 kV	zusammen	von 30 bis 50 kV	von 50 bis 100 kV	über 100 kV	zusammen
Norditalien	3 100	7 300	2 950	13 350	4 500	10 450	3 900	18 850
Mittelitalien	2 450	1 550	450	4 450	3 000	2 250	500	5 750
Süditalien	1 550	1 100	250	2 900	1 850	1 900	250	4 000
Inseln	300	300	—	600	300	600	—	900
zusammen	7 400	10 250	3 650	21 300	9 650	15 200	4 650	29 500

Bemerkenswert ist die Entwicklung der mit 120 bis 150 kV betriebenen Leitungen. Die erste derartige mit Kettenisolatoren versehene Anlage (Brugherio—Reggio Emilia) wurde erst 1923 dem Betrieb übergeben. Heute, nach kaum sechs Jahren, darf schon von einem 150 kV-Netz gesprochen werden. Diese Spannung ist nunmehr die normale für die Großfernversorgung geworden. Allein in den zwei letzten Jahren hat man folgende Leitungen dem Betrieb übergeben bzw. gebaut:

Fraele—Milano des Mailänder Städtischen Werkes;
Trentino—Boretto bzw. Reggio Emilia der Società Elettrica Tridentino;
Farneta—Foce Giove der Società Emiliana di Esercizi Elettrici;
Arquata—Scrivia—Genua der Edison-Gruppe;
S. Polo d'Enza—Predare;
Ponale nach Emilien;
Maens bzw. Covalou—Turin der S. I. P.-Gruppe
u. a. m.

Besondere Beachtung verdienen die Verbindungsleitungen zwischen verschiedenen Systemen. Anfangs haben sich mehrere getrennte, voneinander ganz unabhängige Netze entwickelt, meistens um die größeren Städte gruppiert. Später, hauptsächlich als Nachwirkung des Kriegs, erkannte man die Zweckmäßigkeit, die verschiedenen Netze zu kuppeln, um die verfügbaren Energiequellen besser auszunutzen, und ist so allmählich zu einem System von Verbindungsleitungen zwischen den verschiedenen Anlagen und Gruppen übergegangen, das wohl als das vollständigste in Europa betrachtet werden darf.

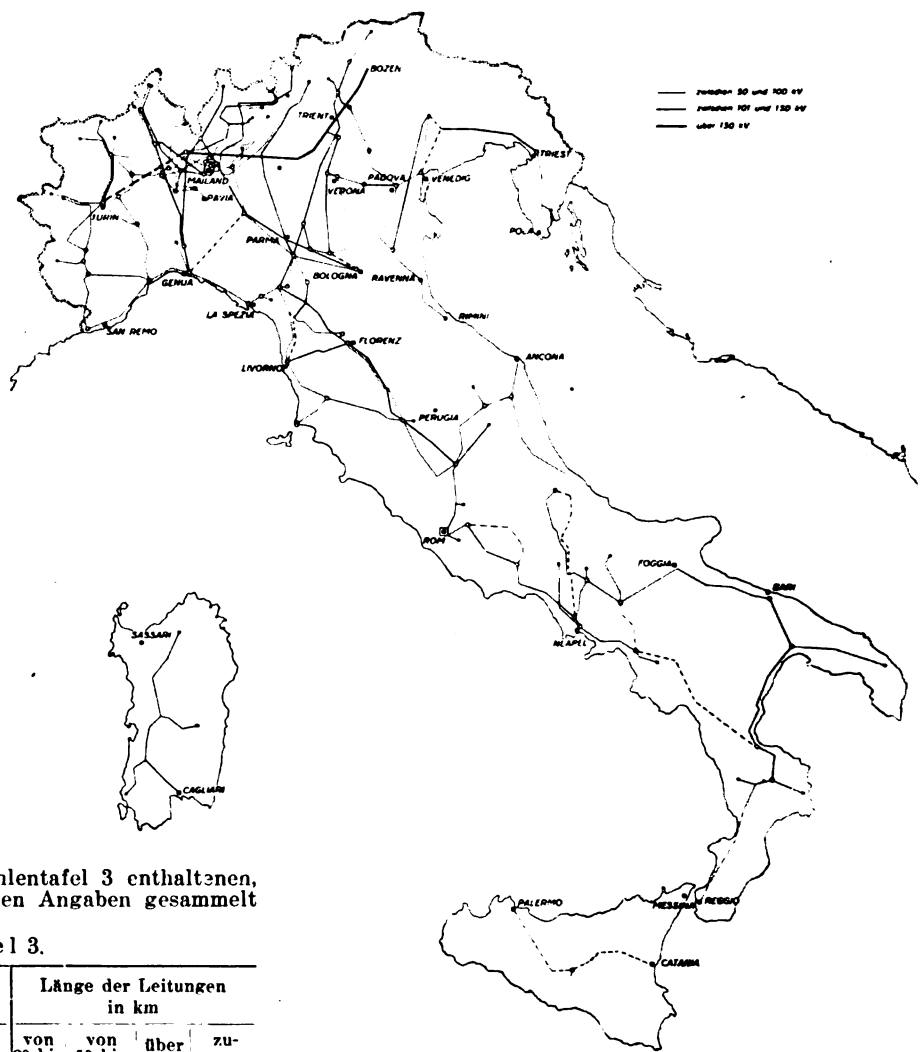


Abb. 4. Die Fernleitungen mit mehr als 50 kV Übertragungsspannung.

Wirtschaftlicher Aufbau.

Die Notwendigkeit immer größerer Systeme, die ihr Gepräge in technischer Hinsicht aus der fortschreitenden Entwicklung der Industrie erhält, hat sich natürlich auch in wirtschaftlich-finanzieller Beziehung ausgewirkt. Den ersten Gesellschaften, die für den Bau und den Betrieb kleiner örtlicher Kraftwerke entstanden waren, gesellten sich im Lauf der Zeit neue mit immer beträchtlicherem Kapital, wie es für den wachsenden Umfang der Anlagen erforderlich war. Überdies wurden allmählich viele der kleineren Gesellschaften in den Wirkungskreis der größeren einbezogen. Das hat zur Bildung von mächtigen und komplexen Organisationen geführt, die aus einer Hauptgesellschaft bestehen, um welche sich mehrere andere, von der ersten kontrollierte Unternehmungen gruppieren.

Diese Organisationen haben im wesentlichen ein finanzielles Gepräge, sind jedoch durch topographische (örtliche Lage der Anlagen) und technische (Notwendigkeit einer engen Gliederung für den Verbundbetrieb mehrerer Systeme) Verhältnisse bedingt.

Digitized by Google

Unter den Systemen seien besonders erwähnt:

1. Das Piemontesische, welches sich um die Società Idroelettrica Piemonte (S. I. P.) gruppiert, umfaßt zahlreiche Wasserkraftwerke in den Tälern der Alpen zwischen dem Monviso und der Val d'Aosta; mit ihm ist das System der westlichen Lombardei verbunden mit Wasserkraftwerken in Valtellina und Val Brembana. Der S. I. P. gehört ferner die 220 kV-Fernleitung Kardaun—Cislago, welche die im Werk Kardaun[2] am Eisack (Alto Adige), einer der wichtigsten Anlagen in Italien (200 000 kW, 500 Mill kWh), erzeugte elektrische Arbeit nach der Lombardei und Piemont befördert.

2. Das Lombardische, das sich um die Edison-Gesellschaft gruppiert, umfaßt Anlagen in Val d'Ossola, Valtellina, den Tälern um Bergamo und Brescia, im Trentino und Alto Adige, abgesehen von sehr zahlreichen örtlichen Werken. Mit ihm sind die Systeme von Emilien und Ligurien mit Werken in den Apenninen und in den Tälern der Alpen südlich vom Monviso bis zur tyrrhenischen Küste verbunden.

3. Das Adriatische, dessen Wasserkraftwerke sich in den Alpen östlich der Etsch befinden.

Diesen drei Systemen, die mit ihren Netzen und Unterwerken ganz Norditalien, mit Ausnahme kleiner Bezirke, versorgen, entsprechen auch die drei mächtigsten finanziellen Konzerne. Die erste Stelle unter diesen nimmt der lombardische ein, der sich um die Società Edison, Mailand, gruppiert und 49 Gesellschaften mit einem gesamten Aktienkapital von 2250 Mill Lire umfaßt; die Edison-Gesellschaft allein verfügt über 1350 Mill Lire. An zweiter Stelle folgt die S. I. P.-Gruppe (piemontesisches System) mit der Società Idroelettrica Piemonte, Turin, als Mittelpunkt. Letztere hat ein Aktienkapital von 600 Mill Lire und kontrolliert 16 Gesellschaften. Das gesamte Kapital der Gruppe beträgt 1350 Mill Lire. Der Konzern um die Società Adriatica di Elettricità, Venedig, (adriatisches System) zählt 15 Gesellschaften mit einem Gesamtkapital von 800 Mill Lire, von denen 400 Mill Lire auf das Hauptunternehmen entfallen.

In Mittelitalien gibt es drei Hauptgruppen:

1. Die der Società Ligure-Toscana di Elettricità, Livorno, mit örtlichen Wasserkraftanlagen von bescheidener Größe aber wichtigeren kalorischen Werken umfaßt 5 Gesellschaften mit einem gesamten Aktienkapital von 375 Mill Lire, von denen 195 Mill Lire die Hauptgesellschaft besitzt.

2. Die Unione Esercizi Elettrici, Mailand, (3 Gesellschaften) mit 350 Mill Lire Aktienkapital; hiervon kommen allein 325 Mill Lire auf die Hauptgesellschaft.

3. Die Gruppe um die Società Elettricità e Gas di Roma, Rom, welch letztere über ein Aktienkapital von 165 Mill Lire verfügt. Das gesamte Aktienkapital der 6 Gesellschaften des Konzerns beträgt 320 Mill Lire.

Das südliche System umfaßt ganz Süditalien, mit Wasserkraftwerken in dem abruzzischen und irpinischen Apennin und in der Sila sowie mit einem Dampfkraftwerk in Neapel. Diesem System entspricht die Gruppe der Società Meridionale di Elettricità, Neapel, welcher 15 Gesellschaften mit einem Gesamtkapital von 650 Mill Lire (450 der Hauptgesellschaft) angehören.

Dieselbe Struktur der Vergesellschaftung zeigen auch die Inseln. So gibt es in Sizilien die Gruppe der Società Generale Elettrica della Sicilia, Mailand, mit einem Aktienkapital von 210 Mill Lire und in Sardinien die der Società Elettrica Sarda, Cagliari, mit 150 Mill Lire.

Die genannten Zahlen geben kein rechtes Bild der tatsächlichen Investierungen, da letztere z. T. erfolgten, als die nationale Währung noch ihren Goldwert besaß, z. T. während der Entwertungsjahre der Kriegs- und unmittelbaren Nachkriegszeit sowie in der gegenwärtigen Periode, wo bekanntlich die Lira auf rd. 27 % ihres Vorkriegswerts stabilisiert worden ist. Das gesamte Aktienkapital, in die heutige Währung umgerechnet, ergibt etwa 11 Mrd Lire. Um die tatsächliche Investierung zu erhalten, müßten natürlich noch die Schuldverschreibungen und amerikanischen Anleihen hinzugerechnet werden.

Den wirtschaftlichen Ausbau der vorhandenen Wasserkräfte, der oft gewaltige Bauarbeiten und daher starke Geldmittel voraussetzt, vermögen nur sehr finanzkräftige Gesellschaften durchzuführen. Der Neubauwert sämtlicher Erzeugungs- und Verteilungsanlagen kann zu ungefähr 23 Mrd Lire (nach dem Stabilisierungskurs) geschätzt werden.

[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1165.

Diese bedeutende Summe (rd. 5 Mrd RM) zeigt deutlich ein anderes Merkmal dieser Industrie in Italien, nämlich ihren hauptsächlich immobilen Charakter. Wasserkraftwerke, die, wie wir gesehen haben, gegenwärtig beinahe ausschließlich den Bedarf in Italien decken, erfordern bedeutend höhere Kapitalinvestierungen als Wärmekraftwerke; der kWh-Preis hängt daher beinahe ausschließlich vom Kapitaldienst (Zinsen, Tilgung und Abschreibung) ab, im Gegensatz zu dem, was bei Wärmekraftwerken der Fall ist, wo er auch stark von den Brennstoffkosten beeinflußt wird.

Der Absatz.

Nach dieser flüchtigen Übersicht über die Elektrizitätswirtschaft Italiens vom Standpunkt der Erzeugung, will ich noch kurz die Frage des Konsums streifen[3].

Der bei weitem größte Teil des Stromverbrauchs entfällt auf die Industrie, u. zw. sowohl als Kraftstrom wie für die Elektrochemie und -metallurgie; an zweiter Stelle kommt der Lichtstrom, an dritter der von den elektrischen Bahnen benötigte. Diese drei Kategorien der Abnehmer bilden beinahe den ganzen Konsum. Nach den allerdings nur mit Vorbehalt geltenden Angaben des Amtes für Wasserwirtschaft des Ministeriums für öffentliche Arbeiten entfallen, wenn man den gesamten Verbrauch der genannten drei Klassen gleich 100 setzt, davon 79 % auf die industriellen Anwendungen, 12 % auf die öffentliche und private Beleuchtung und 9 % auf die Bahnen.

Zahlentafel 4, die von der U.N.F.I.E.L. ausgearbeitet worden ist, deutet die wahrscheinliche Verteilung des Verbrauches an; sie für die verschiedenen Anwendungen genau festzustellen, ist äußerst schwierig, selbst die Erzeuger sind nicht immer in der Lage, hierüber Aufschluß zu geben.

Zahlentafel 4.

Anwendungen	Wahrscheinlicher Verbrauch 1928 Mill kWh
Licht:	
Eigenerzeugung	55
Nach Normaltarif verkauft	500
Nach Sondertarif verkauft	45
An industrielle Anlagen verkauft	135
Private Beleuchtung zusammen	735
Öffentliche Beleuchtung	150
Beleuchtung insgesamt	885
Industrielle Zwecke und Bahnen:	
Eigenerzeugung	725
An kleine Kraftabnehmer und für Heizung verkauft	1000
An die Großindustrie verkauft	3500
An die elektrochemische und an saisonmäßige Industrien verkauft	800
Elektrische Bahnen	770
Industrie und Bahnen insgesamt	6795
Gesamter Verbrauch	7680

Die letzte Zahl der Tafel kann nicht zur Berechnung sämtlicher Übertragungsverluste (Leitungs-, Umspannungs- und Verteilungsverluste) herangezogen werden, weil der Industrieverbrauch je nach Entnahme teilweise niederspannungseitig und teilweise hochspannungseitig gemessen worden ist.

Genaue Berechnungen der Übertragungsverluste hat man nicht durchgeführt, weil die Auswertung der Unterlagen zu unsicher ausfallen würde; es wird jedoch angenommen, daß sie etwa 30 % der Gesamterzeugung ausmachen. Ein so hoher Prozentsatz findet seine Erklärung in den eigenartigen Zuständen, die sich in Italien, wie wir schon hervorgehoben haben, herausgebildet haben. Da die Erzeugung sich beinahe ausschließlich auf Wasserkräfte stützt und daher notgedrungen dort stattfinden muß, wo die Ausnutzung sich günstiger gestaltet, also oft weit von den Verbrauchschwerpunkten entfernt, folgt, daß der Strom, bevor er den letzten Verbraucher erreicht, durchweg lange Überlandleitungen durchfließen und mehreren aufeinanderfolgenden Umspannungen unterworfen werden muß.

Die Unbestimmtheit der Übertragungsverluste hat zur Folge, daß auch die Bestimmung des gesamten Verbrauchs, bezogen auf den Kopf der Bevölkerung, sehr unsicher aus-

[3] Vgl. Ing. E. Cesàri, La produzione e l'impiego dell' energia in Italia nell' annata 1928. (Berichtigter Auszug aus L'Energia Elettrica Bd. 6, 1929, S. 787.)

Digitized by Google

fällt. Zuverlässiger sind die Angaben über den Lichtkonsum, obwohl auch diese, insofern sie den Verbrauch nach Pauschaltarif betreffen, auf geschätzten Werten der Benutzungsdauer fußen. Nach den Mitteilungen des Finanzamtes betrug der Lichtstromverbrauch im Jahr 1928 19 kWh je Kopf der ganzen Bevölkerung und 29 kWh je Kopf der tatsächlich mit Elektrizität belieferten Einwohnerschaft.

Wenn man die relativen Werte des Verbrauchs der einzelnen Kategorien betrachtet und sie mit den entsprechenden der anderen Kulturländer vergleicht, fällt der hohe Wert des Konsums für industrielle Zwecke auf; das ist darauf zurückzuführen, daß die Zahl der Industrien, die sich elektrische Arbeit selbst erzeugen, sehr klein ist.

Der spezifische Lichtkonsum, verglichen mit dem anderer Länder, ist ziemlich niedrig, man kann aber annehmen, daß in Zukunft auch er sich der sich einführenden höheren Lebenshaltung anpassen wird, besonders wenn die Steuer, welche die Licht-kWh belastet, verschwindet. Diese ist eine durchaus nicht vernachlässigbare Last für den Abnehmer und steht ferner der Verbreitung der häuslichen Anwendungen des Stroms, die steuerfrei sind, deshalb im Wege, weil diese, solange sie besteht, eine Verdopplung der Hausinstallation verlangen.

Die elektrischen Bahnen nehmen unter den Anwendungen eine sehr bedeutende Stelle ein. Am 30. VI. 1929 waren bereits 1213 km Klein- oder Lokalbahnen und von staatlichen Eisenbahnen 1618 km Strecke (3157 Gleiskilometer) elektrisiert. Die Umwandlung weiterer 465 km Bahnstrecke ist gegenwärtig im Gange und die anderer 581 km projektiert. Binnen kurzem werden also noch 1046 km (2149 Gleiskilometer) zu dem jetzigen System hinzukommen.

Der Konsum der elektrischen Staatsbahnen betrug im Geschäftsjahr 1927/1928 über 296 Mill kWh, die zum größten Teil von privaten Werken geliefert worden sind. Zur Deckung des Bedarfs haben aber auch die Werke der Staatsbahnen selbst beigetragen. Die wichtigsten dieser sind die Wasserkraftwerke in Bardonecchia, am Reno und an der Limentra (noch im Bau), am Sagittario sowie in Morbegno und das Dampfkraftwerk Chiappella bei Genua.

Bekanntlich haben die italienischen Staatsbahnen großzügige Versuche mit verschiedenen Stromarten gemacht, um über das geeigneteste System zu entscheiden; die ersten Elektrisierungen sind mit Drehstrom von 16⅔ Hz ausgeführt worden, später hat man auch die industrielle Frequenz versucht sowie Gleichstrom, u. zw. sowohl mit Oberleitung als auch mit dritter Schiene, zur Anwendung gebracht.

Unter den Anwendungen sind noch die chemischen zu nennen wegen der bedeutenden Strommengen, die sie erfordern. Infolge der gegenwärtigen wirtschaftlichen Politik der Regierung hat die Verwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft an Bedeutung gewonnen, nennenswerter Konsum besteht hier jedoch nur für Bewässerungs- (seit Ende 1928 bis heute ist eine Zunahme von 35 % der installierten Leistung zu verzeichnen) und Entwässerungsanlagen. Bei den letzteren behauptet sich der Elektromotor siegreich gegen andere Kraftmaschinen. Weitere Anwendungen in der Landwirtschaft gibt es wohl, sie befinden sich aber z. Z. meistens noch im Versuchstadium.

Die Tarife.

Die Tarifbildung ist gänzlich den Elektrizitätswerken überlassen. Obgleich man daher die verschiedenartigsten Tarife trifft, kann man trotzdem oder vielleicht deswegen behaupten, daß die Strompreise im großen und ganzen niedriger sind als in der Mehrheit der übrigen Länder.

Lichtstrom wird meistens nach dem Zählertarif berechnet, doch fangen auch Grundgebührentarife an, Eingang zu finden. Für die Beleuchtung von wichtigen Gebäuden und Werkstätten werden oft auf Grund einer Mindestabnahmegarantie oder eines Doppeltarifs Sonderverträge abgeschlossen. Pauschaltarife sind im Verschwinden und nur noch in kleinen Landgemeinden zu finden. Für Heizstrom hat man Sondertarife eingeführt, u. zw. sowohl Pauschal- (Wasserspeicher) als auch Zählertarife. Wie schon erwähnt, werden auf Lichtstrom sehr hohe staatliche und kommunale Steuern erhoben; für häusliche Anwendungen braucht man diese jedoch nicht zu entrichten. Für Kleinkraft werden beinahe überall Grundgebühren- oder Mindestabnahmetarife angewandt. Auch hier sind Pauschaltarife im Verschwinden. Das gleiche gilt für Großkraftverbrauch.

Der mittlere Lichtstrompreis für Wohnungsbeleuchtung beträgt ungefähr 1,20 Lire/kWh (rd. 26 Pf); Kleinkraftabnehmer zahlen im Mittel die Hälfte; für Großkraftkonsumenten sinkt zuweilen der Preis bis zu 0,20 Lire/kWh (rd. 4,4 Pf).

Nur eine verschwindend kleine Anzahl Industrien erzeugt sich den Strom selbst; von 6800 Mill kWh, die 1928 für industrielle Zwecke verbraucht worden sind, waren kaum 725 Mill kWh direkt von den Konsumenten erzeugt worden, der Rest wurde von den Elektrizitätswerken bezogen. Diese Tatsache darf wohl als eine Folge der Tarifreiheit betrachtet werden, die letzteren eine Preisdifferenzierung im weitesten Maß ermöglicht hat.

Entwicklungsmöglichkeiten.

Ich habe oben schon die Zunahme der Erzeugung in den Jahren 1920/1928 erwähnt und angedeutet, daß eine Erhöhung, allerdings in kleinerem Maß, auch für die nächsten Jahre zu erwarten ist. Die gesamte Stromerzeugung je Kopf der Bevölkerung übersteigt heute nicht 250 kWh jährlich, während in Nachbarländern beinahe schon 1000 kWh erreicht worden sind. Es ist daher wohl damit zu rechnen, daß in einer nicht sehr fernen Zukunft auch in Italien eine derartige Zahl in Frage kommt; der gesamte Bedarf an elektrischer Arbeit würde dann etwa 40 Mrd kWh jährlich betragen[4].

Werden die vorhandenen noch ausbaufähigen Wasserkräfte ausreichen, um einen derartigen Bedarf zu decken? Die z. Z. im Gange befindlichen Erhebungen sind noch nicht genügend fortgeschritten, um hierauf eine eindeutige Antwort geben zu können, doch darf, auch wenn diese günstig ausfallen sollte, nicht außer acht gelassen werden, daß wirtschaftliche Gesichtspunkte sowohl der Anzahl der theoretisch ausbaufähigen hydraulischen Anlagen als auch dem Maß der Ausbaufähigkeit eine Grenze setzen. Man kann daher ziemlich sicher behaupten, daß in einer nicht sehr fernen Zukunft ein Teil des Bedarfs durch Wärmekraftwerke wird gedeckt werden müssen.

Ein anderer Gesichtspunkt muß hier noch berücksichtigt werden, nämlich die mit der Zeit steigenden Einheitserzeugungskosten, die dadurch bedingt sind, daß bei fortschreitender Ausnutzung der Wasserkräfte auch die erforderliche Kapitalanlage, bezogen auf die erzeugbare Kilowattstunde, ständig zunimmt, weil natürlich die billigeren Wasserkräfte immer zuerst verwertet werden. Es ist anzunehmen, daß die wachsenden Erzeugungskosten und die Notwendigkeit, in steigendem Maß den Bedarf mit kalorischer Energie zu decken, in einigen Fällen die Stromgroßbezieher dahin bringen werden, zur thermischen Eigenproduktion überzugehen, so daß die Wasserkrafterzeugung in verhältnismäßig größerem Maß als gegenwärtig zur Deckung des Lichtbedarfs und der häuslichen elektrischen Anwendungen, die ertragreicher sind und künftig eine starke Zunahme erwarten lassen, herangezogen werden wird.

Kalorische Energie als Ersatz für die erschöpften Wasserkräfte ist eine Frage der Zukunft, dagegen hat sich schon in der Gegenwart den Wirtschaftlern und Technikern das Problem des thermischen Ausgleichs gestellt. Seine Wichtigkeit wird in der Zukunft weiter zunehmen. Man kann behaupten, daß die Notwendigkeit, die Erzeugung der Wasserkraftwerke thermisch zu ergänzen, jetzt allgemeine Anerkennung gefunden hat; nicht sie allein, sondern auch die Rolle der Wärmekraftwerke als Reserve im Fall von Störungen oder während des Baues neuer Anlagen tritt immer mehr in den Vordergrund. So vielseitigen Erfordernissen aber können nur große thermische Zentralen, die, mit den modernsten Errungenschaften der Technik ausgerüstet, möglichst an der Küste der See oder den Ufern von Wasserläufen und in der Nähe der Verbrauchszentren liegen, Genüge leisten. Diesen Gesichtspunkten entsprechend, haben daher die wichtigsten Gruppen eigene moderne kalorische Großkraftwerke (30 000 bis 130 000 kW) gebaut. Beispiele hiervon sind das Kraftwerk der Edison-Gruppe in Genua[5], der S. I. P. in Turbigo, der adriatischen Gruppe in Venedig-Marghera, der toscanischen in Livorno, der meridionalen Gruppe in Neapel. Diese Type Zentralen, die durch ihre örtliche Lage und hohen Wirkungsgrad es ermöglichen, die kalorische Kilowattstunde billig zu erzeugen, sind dazu bestimmt, eine wichtige Rolle in der künftigen Elektrizitätswirtschaft Italiens zu spielen.

Es erübrigt sich m. A. n., auf die wahrscheinlichen Aussichten der Elektrizitätserzeugung und -verteilung in Italien hier noch näher einzugehen, weil sie im übrigen nicht wesentlich von denen abweichen, die sich in den anderen Industrieländern bieten.

[4] Vgl. Ing. G. Motta, Tariffe e prezzi dell'energia elettrica. L'Energia Elettrica Bd. 6, 1929, S. 691.

[5] Vgl. ETZ 1929, S. 1058.

Digitized by Google

Über einen Fall von Einschaltvorgängen mit nicht konstanten Stromkreiskoeffizienten.

Von Ing. J. Hak, Paris.

Übersicht. Kann die Temperatur und somit auch der Widerstand eines Leiters während des Einschaltvorgangs nicht als konstant angenommen werden, so ist der Strom (im Falle von Gleichspannung) nicht mehr durch die Exponentialkurve dargestellt. Es wird ein graphisches Verfahren zur Integration der Differentialgleichungen, die den Vorgang ausdrücken, verwendet; bei Nichtberücksichtigung der Abkühlung kann eine gewisse Verallgemeinerung gemacht werden, welche gestattet, das Strommaximum mit Hilfe von zwei Kurven direkt für alle Fälle anzugeben. Einen Sonderfall stellt ein Stromkreis mit verschwindend kleiner Induktanz dar; die gewonnenen Ergebnisse können dann auch auf Wechselstrom übertragen werden.

Die „niedere" Analyse der Schaltvorgänge — behält man die Bezeichnung „höhere" der Wanderwellenuntersuchung vor — beschäftigt sich mit der Aufstellung von Gleichungen für Strom und Spannung in einem Stromkreis, dessen Konstanten bekannt sind und als gleichbleibend angenommen werden. Sie führt zu den bekannten Gleichungen, nach welchen beispielsweise der Strom beim Einschalten in einem nur Widerstand und eisenlose Induktanz enthaltenden Stromkreis nach einer Exponentialkurve anwächst. Wenn es auch klar ist, daß in der Wirklichkeit wenigstens einer der Stromkreiskoeffizienten, der Widerstand, nie konstant ist, weil mit der Stromänderung auch das thermische Gleichgewicht und somit auch das Leitvermögen während des Schaltvorgangs verändert wird, nimmt man in gewöhnlichen Fällen immer mit Recht an, daß diese Widerstandsveränderung keinen größeren Einfluß auf den Vorgang ausüben kann. Nachdem aber in der letzten Zeit als Kurzschlußstrom-Begrenzungsmittel Widerstände vorgeschlagen und verwendet wurden[1], welche durch den Kurzschlußstrom auf eine sehr hohe Temperatur gebracht werden, erscheint es doch interessant, die bei einem solchen Einschaltvorgang mit nicht konstantem Widerstand sich abspielenden Erscheinungen theoretisch näher zu untersuchen. Ein anderer Fall, in welchem die Koeffizienten eines Stromkreises nicht als konstant angesehen werden könnten, wäre der, wo während des Einschaltvorgangs die Induktivität eines Leitersystems infolge der durch die mechanischen Kräfte hervorgerufenen Bewegung geändert wäre. Eine praktische Anwendung dieses Falles steht kaum in Aussicht, da die Berechnung ergibt, daß eine Begrenzungsdrosselspule, die einen beweglichen, beim Kurzschluß abgestoßenen, die Induktanz vermehrenden und dem Stromkreis durch Bewegung Energie entnehmenden Teil besitzt, unwirtschaftlich wäre.

Es soll voraus bemerkt werden, daß eine rein mathematische Behandlung der Differentialgleichungen, auf welche diese beiden Fälle führen, sehr kompliziert ist und zu übersichtlichen Ausdrücken kaum führen kann und daß man die Analyse viel rascher und bequemer und dabei mit genügender Genauigkeit auf graphischem Wege durchführen kann. Auf dem graphischen Wege wurde auch eine im Prinzip ähnliche Aufgabe der Funktechnik gelöst[2]. Rein mathematische Analyse ist nur in dem Falle, wo eine besondere (periodische) Veränderung der Stromkreiskoeffizienten vorliegt, gelungen[3]. Die Erwärmung von Leitern beim Kurzschluß wurde natürlich schon in mehreren Arbeiten behandelt[4]; wenn auch in einigen von ihnen auch die Veränderung der Leitfähigkeit berücksichtigt wird[5], so wird dagegen der Stromverlauf als bekannt angenommen. Dies gilt angenähert nur in dem Falle, wo der veränderliche Widerstand nur einen kleinen Teil des gesamten Stromkreiswiderstandes bildet. Die Untersuchung des zweiten Falles, Änderung der Induktivität während des Einschaltvorgangs, scheint wenigstens in der oben erwähnten Form noch nicht durchgeführt worden zu sein, obwohl der klassische Abstoßungsversuch dazu direkt Anlaß gibt.

Wie ersichtlich liegen für die Untersuchung zahlreiche Fälle vor, wie z. B. Stromkreise mit Kapazität, mit Eisen enthaltenden Induktanzen, Stromkreise, wo der Spannungsabfall des Generators beim Kurzschluß zu berücksichtigen wäre, usw. Aus allen diesen Fällen wird in der vorliegenden Arbeit der einfachste untersucht: Stromkreis mit durch Erwärmung veränderlichem Widerstand, gleichbleibender Induktivität und gleichbleibender Spannung. Die Untersuchung wird für die Gleichspannung eingehend, für Wechselspannung nur für einen Sonderfall durchgeführt. Die Arbeit soll demnach nur als eine einleitende Arbeit für viel verwickeltere Probleme angesehen werden.

Vergrößert sich infolge Erwärmung während des Einschaltvorganges der Widerstand R des Stromkreises, so kommen zu der bekannten Grundgleichung

$$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}+Ri-U=0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

die beiden folgenden, leicht verständlichen Gleichungen

$$R=R_0(1+\alpha\tau) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$Ri^2=c\frac{\mathrm{d}\tau}{\mathrm{d}t}+\delta\tau \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

hinzu, in welchen τ die Übertemperatur, α den vorläufig als konstant angenommenen Temperaturkoeffizienten, δ die Abkühlungskonstante, die man vorläufig ebenfalls als unveränderlich betrachten mag, und c einen leicht abzuleitenden Koeffizienten bedeuten. Es ist für diesen letzteren $c = 4.19 \times$ Gewicht des Leiters in Gramm $\times$ spez. Wärme, also für 1 kg Eisen zum Beispiel

$$c = 4{,}19 \cdot 1000 \cdot 0{,}11 = 460.$$

Für R wäre der Widerstand des ganzen Stromkreises einzusetzen, wobei für α, c und δ die sich für verschiedenartige Leiter ergebenden Mittelwerte gesetzt werden müssen. Ist aber ein Teil des Stromkreises so gebaut, daß auch der stärkste zulässige Strom nur unbedeutende Erwärmung dieses Teiles hervorrufen kann, so kann die Gl. (1) in der Form

$$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}+Ri+Wi-U=0 \quad \ldots\ldots \quad (1a)$$

geschrieben worden, wo R den veränderlichen, W den konstanten Widerstand bezeichnen.

Die mathematische Lösung des Systems dieser drei Gleichungen (1), (2) und (3) würde, wie oben erwähnt, auf besondere Schwierigkeiten stoßen, was aus dem folgenden, nur angedeuteten Rechnungsvorgang zu erkennen ist. Multipliziert man die Gl. (1) mit i und setzt den daraus sich ergebenden Ausdruck für Ri^2 in die Gl. (3) ein, so erhält man eine Differentialgleichung erster Ordnung für τ, welche nach der Substitutionsmethode von Bernoulli gelöst

$$\tau=e^{-\frac{\delta}{c}t}\left[K-\frac{1}{c}\int\left(Li\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}-iU\right)e^{\frac{\delta}{c}t}\,\mathrm{d}t\right] \quad \ldots \quad (4)$$

ergibt, wo K eine Integrationskonstante bedeutet. Setzt man diesen Ausdruck für τ in die Gl. (2) ein und führt den so erhaltenen Ausdruck für R in die Gl. (1) ein, so erhält man nach einer nochmaligen Differentiation nach t und nach einer Elimination der verbleibenden Integralausdrücke die folgende Differentialgleichung zweiter Ordnung

$$L\frac{\mathrm{d}^2i}{\mathrm{d}t^2}-R_0\frac{\alpha}{c}Li^2\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}-L\frac{1}{i}\left(\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}\right)^2+\frac{\delta}{c}L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}+R_0\frac{\alpha}{c}Ui^2+U\frac{1}{i}\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}+R_0\frac{\delta}{c}i-\frac{\delta}{c}U=0, \quad (5)$$

deren Lösung die gesuchte Funktion für i ergeben würde. Diese Lösung kann in geschlossener und praktisch bequemer Form kaum gelingen, und wir wollen deshalb die rein mathematische Lösung unterbrechen und ein graphisches Verfahren zur Untersuchung der drei Grundgleichungen anwenden.

Die allgemeine Gestalt der den Strom i als Funktion der Zeit t darstellenden Kurve kann leicht angegeben werden. Aus der Gl. (1) folgt

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}=\frac{U}{L}-\frac{R}{L}i, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

und da zur Zeit $t=0$ auch $R=R_0$ ist, ist im Anfangspunkt, für welchen wir zur Vereinfachung $i=0$ setzen

[1] Küppers, ETZ 1929, S. 674. — Vgl. a. Hennig, ETZ 1929, S. 1334.

[2] Robb, Phil. Mag. Bd. 43, S. 206. — S. a. Pirro, Rev. Gén. de l'El. Bd. 22, S. 583. — Jamoto u. Morita, J. Inst. El. Engs., Japan 1927, S. 583.

[3] B. v. d. Pol, Phil. Mag. Bd. 8, S. 18. — Herlitz, Gen. El. Rev. Bd. 25, S. 686. — Stäblein, Arch. El. Bd. 18, S. 175. — ETZ 1927, S. 1382.

[4] Biermanns, ETZ 1919, S. 213; 1925, S. 909. — Rüdenberg, Elektrische Schaltvorgänge. — Panzerbieter, Siemens-Z. Bd. 2, S. 443. — Fabinger, El. u. Maschinenb. Bd. 44, S. 149. — Gut und Grünberg, Bull. SEV Bd. 18, S. 205.

[5] Panzerbieter, Fabinger, wie Fußnote 4.

Digitized by Google

wollen, die Tangente der Stromkurve mit derjenigen, die sich für den konstanten Widerstand ergäbe, identisch. Da in diesem Punkte außerdem auch $d^2 i/d t^2$ denselben Wert wie beim konstanten Widerstand besitzt, haben beide Kurven, die gewöhnliche Exponentialkurve beim konstanten Widerstand, d. h.

$$I = \frac{U}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right), \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

und die gesuchte Stromkurve einen gemeinsamen Krümmungskreis, dessen Halbmesser sich zu

$$\varrho = \frac{\left(1+\frac{U}{L}\right)^{3/2}}{\frac{R\,U}{L^2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

ergibt. Verfolgt man gleichzeitig den Verlauf der die Übertemperatur als Funktion der Zeit t darstellenden Kurve, so findet man für den Anfangspunkt ($t = 0$, $\tau = 0$) $d\tau/dt = 0$ und $d^2\tau/dt^2 = 0$, d. h. die Kurve besitzt im Anfang einen Doppelpunkt, in welchem die Abszissenachse (Zeitachse) eine Doppeltangente ist. Für die graphische Darstellung haben diese Ergebnisse die Bedeutung, daß in der Umgebung des Nullpunktes sich die Stromkurve eng an die Exponentialkurve Gl. (7), die Übertemperaturkurve sich dagegen an die Zeitachse anschmiegen. Ohne einen bemerkenswerten Fehler zu begehen, kann somit angenommen werden, daß in dem ersten Zeitabschnitt von $t = 0$ bis $t = t_1$ die Temperaturerhöhung so vor sich geht, als ob der Strom i die reine Exponentialkurve Gl. (7) verfolgen würde. Für $R = R_0$ kann für τ nach der Gl. (4)

$$\tau = \frac{1}{c} e^{-\frac{\delta}{c}t}\left[K + \int R_0 i^2 e^{\frac{\delta}{c}t}\,dt\right] \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

geschrieben werden; setzt man hier für i den Ausdruck (7) ein und bestimmt nach der leicht durchführbaren Integration die Integrationskonstante K den Anfangsbedingungen ($t = 0$, $\tau = 0$) entsprechend, so wird

$$\tau = \frac{1}{c}\frac{U^2}{R}\left[\frac{c}{\delta}\left(1 - e^{-\frac{\delta}{c}t}\right) + \frac{1}{\frac{\delta}{c} - 2\frac{R}{L}}\left(e^{-2\frac{R}{L}t} - e^{-\frac{\delta}{c}t}\right) - \frac{2}{\frac{\delta}{c} - \frac{R}{L}}\left(e^{-\frac{R}{L}t} - e^{-\frac{\delta}{c}t}\right)\right]. \quad (10)$$

Da dieser Ausdruck nur für kleine Werte von t in Verwendung kommt, kann man ihn durch Reihenentwicklungen auf die folgende, für numerische Berechnungen bequemere Form

$$\tau = \frac{1}{c}\frac{U^2 R}{L^2}\cdot\frac{1}{3}t^3\left\{1 - \frac{1}{4}\left(\frac{\delta}{c} + 3\frac{R}{L}\right)t + \frac{1}{20}\left[\left(\frac{\delta}{c}\right)^2 + 3\frac{\delta}{c}\frac{R}{L} + 7\left(\frac{R}{L}\right)^2\right]t^2 - \frac{1}{120}\left[\left(\frac{\delta}{c}\right)^3 + 3\left(\frac{\delta}{c}\right)^2\frac{R}{L} + 7\frac{\delta}{c}\left(\frac{R}{L}\right)^2 + 15\left(\frac{R}{L}\right)^3\right]t^3 \pm \ldots\right\} \quad (11)$$

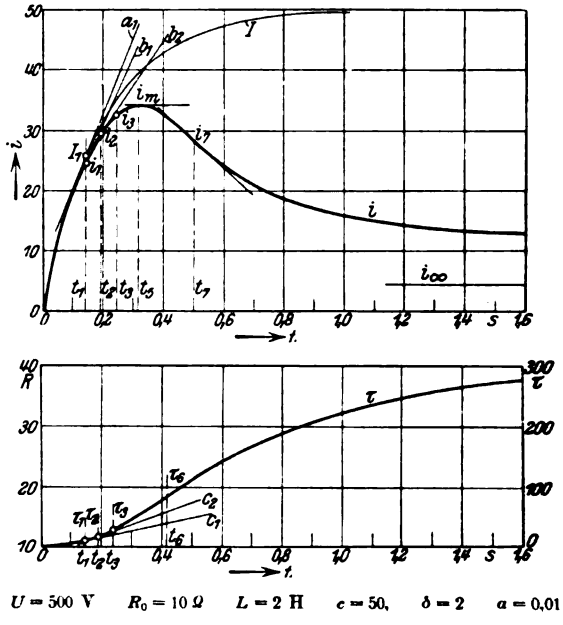
bringen. Der weitere Verlauf der Stromkurve kann nun wie folgt graphisch ermittelt werden. Man berechnet nach Gl. (11) einige Punkte der τ-Kurve bis τ_1 (Abb. 1 unten). Mit Hilfe der Gl. (2) kann auf der Ordinatenachse eine Skala für R angebracht werden, was eine direkte Ablesung der Werte von R ermöglicht. Im Koordinatensystem t-i wird außerdem die reine Exponentialkurve Gl. (7) aufgetragen (Abb. 1 oben). Man liest für den gewählten Zeitpunkt t_1 Werte von I_1 und R_1 ab und berechnet

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_1 = \frac{U}{L} - \frac{R_1}{L} i_1, \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

wo i_1 um einige Prozent kleiner als I_1 gesetzt wird. Bei richtig gewähltem Werte von t_1 wird der Wert von Gl. (12) nur wenig kleiner als derjenige, der sich mit I_1 und R_0 für die gewöhnliche Exponentialkurve ergäbe. Der Unterschied zwischen den beiden Tangenten a_1 (Exponentialkurve) und b_1 [nach Gl. (12)] ist demnach auch sehr klein, und man wird leicht, höchstens nach einer Wiederholung der Konstruktion mit einem anderen Werte von i_1, die richtige Lage der Tangente b_1 finden können. Sollte aber der Unterschied zwischen I_1 und i_1 zu groß erscheinen, so ist die ganze Konstruktion mit einem kleineren Werte von t_1 zu wiederholen. Hatte man die Lage der Tangente b_1 genügend genau ermittelt, so ist der weitere Vorgang einfach. Mit R_1, i_1 und τ_1 wird

$$\left(\frac{d\tau}{dt}\right)_1 = \frac{1}{c} R_1 i_1^2 - \frac{\delta}{c}\tau_1 \quad \ldots\ldots \quad (13)$$

berechnet und die Tangente c_1 im Punkte τ_1 gezogen. Man wählt den Wert t_2, schätzt die Werte von τ_2, R_2 und i_2 ab, berechnet $(di/dt)_2$ und $(d\tau/dt)_2$ und zieht die Tangenten b_2 und c_2, um die weiteren Punkte i_3 und τ_3 durch Schätzung ermitteln zu können, usw. Eine genügende Kontrolle für die Richtigkeit der Abschätzung der Punkte i_1, i_2, τ_2 usw. ergibt sich daraus, daß sich die nacheinanderfolgenden Tangenten $b_1 b_2$, $b_2 b_3$, usw., $c_1 c_2$, $c_2 c_3$, usw. etwa in der Mitte zwischen den zugehörigen Ordinaten schneiden sollen und daß, was die wichtigste Kontrolle jeder graphischen Integration ist, die gefundenen Kurven für i und τ „glatt" verlaufen.



$U = 500$ V $\quad R_0 = 10\,\Omega \quad L = 2$ H $\quad c = 50, \quad \delta = 2 \quad \alpha = 0{,}01$

Abb. 1. Graphische Ermittlung der Stromkurve i und der Temperaturkurve τ.

Nach der Erreichung eines Maximums i_m (für t_5 in der Abb. 1), das man durch Unterteilung des Zeitabschnittes, in welchem der Zeichenwechsel der rechten Seite von Gl. (6) erfolgt, genügend genau bestimmen kann, folgt ein Wendepunkt (i_7, t_7), nach welchem sich die Stromkurve sehr langsam der Asymptote i_∞ nähert. Zur genaueren Aufzeichnung der Stromkurve kann auch der Krümmungskreis im Punkte des Maximums verwendet werden; sein Halbmesser ist

$$\varrho_m = \frac{L\,c}{R_0\,\alpha\,(U\,i_m - \delta\,\tau_m)\,i_m}.$$

Die Übertemperaturkurve τ besitzt einen Wendepunkt (t_6, τ_6), der nicht mit dem Maximum der Stromkurve zusammenstimmt, und nähert sich dann sehr langsam dem Grenzwerte τ_∞. Werte von i_∞ und τ_∞ können direkt durch eine elementare Rechnung aus den Grundgleichungen, in welchen man $di/dt = 0$, $d\tau/dt = 0$ setzt, ermittelt werden. Es ergibt sich

$$\tau_\infty = \sqrt{\frac{1}{4\alpha^2} + \frac{U^2}{\alpha\,\delta\,R_0}} - \frac{1}{2\alpha} \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

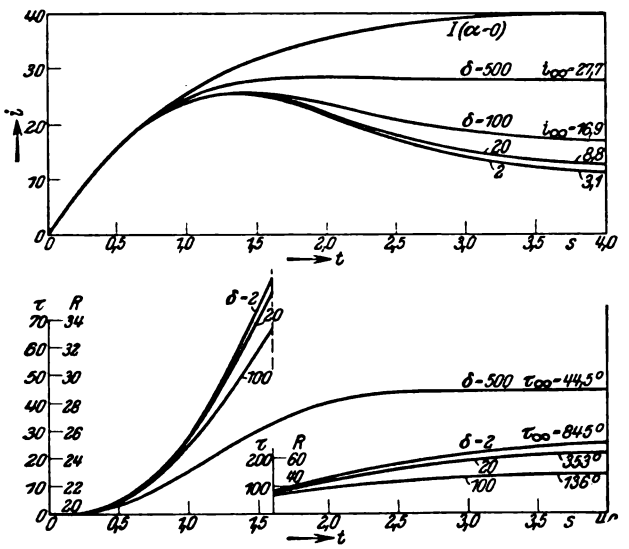
$$i_\infty = \sqrt{\frac{\delta\,\tau_\infty}{R_\infty}} = \sqrt{\frac{\delta\,\tau_\infty}{R_0(1+\alpha\,\tau_\infty)}} = \frac{U}{R_\infty} = \frac{U}{R_0(1+\alpha\,\tau_\infty)} \quad (15)$$

Die Kurven der Abb. 1 wurden für $U = 500$ V, $R_0 = 10\,\Omega$, $L = 2$ H, $c = 50$, $\delta = 2$, $\alpha = 0{,}01$ erhalten. Das Maximum $i_m = 34{,}2$ A wird zur Zeit $t_m = 0{,}31$ s erreicht. Die Grenzwerte sind $\tau_\infty = 1070\,°$, $R_\infty = 11{,}7\,R_0 = 117\,\Omega$ und $i_\infty = 4{,}27$ A.

Die angegebene graphische Bestimmung der i- und τ-Kurven ergibt zwar eine Lösung der gestellten Aufgabe, sie müßte aber für jeden speziellen Fall wiederholt durchgeführt werden. Um dies zu vermeiden, wurde die folgende Verallgemeinerung der Lösung vorgenommen, welche gestattet, durch eine einzige Kurvenschar eine große Anzahl von Spezialfällen darzustellen. Ist δ klein gegen c — und nur in diesen Fällen findet ein ausgesprochenes Maximum der Stromkurve statt —, so hat das

Digitized by Google

letzte Glied $\delta\tau$ der Gl. (3) nur wenig Einfluß auf $d\tau/dt$ und kann in den ersten Zeitabschnitten, wo überdies auch noch τ klein ist, vernachlässigt werden. Den sehr kleinen Einfluß des Wertes von δ auf die Gestalt der Stromkurve läßt auch die Abb. 2 erkennen, in welcher die nach dem obigen Verfahren ermittelten i- und τ-Kurven für $U = 800$ V, $R_0 = 20\,\Omega$, $L = 20$ H, $a = 0{,}01$, $c = 200$ und für verschiedene Werte von δ eingezeichnet wurden. Endwerte i_∞ und τ_∞ sind nach den Gl. (14) und (15) berechnet. Wie ersichtlich, sind die Größe und die zeitliche Lage des Maximums der Stromkurve durch die Vergrößerung von δ von 2 bis 100 nur unbedeutend beeinflußt. Erst bei noch größeren Werten von δ verschiebt sich das Maximum nach rechts; bei $\delta = 500$, wo R_∞ gegenüber R_0 nur um 30 % größer ist, findet kein ausgesprochenes Maximum statt, die Stromkurve liegt zwischen den beiden sich für R_0 und R_∞ ergebenden reinen Exponentialkurven nach Gl. (7).



$U = 800$ V $\quad R_0 = 20\,\Omega \quad L = 20$ H $\quad c = 200 \quad a = 0{,}01$

Abb. 2. Einfluß der Abkühlungskonstante δ auf den Verlauf der Stromkurve.

Man kann also annehmen, daß für genügend kleine Werte von δ das Maximum von i der Lage und der Größe nach genügend genau ohne Rücksicht auf δ bestimmt werden kann.

Setzt man in die mit $R = R_0$ geschriebene Gl. (1)

$$i = y\,\frac{U}{R_0} \qquad (16)$$

und

$$t = x\,\frac{L}{R_0} \qquad (17)$$

ein, so erhält man

$$\frac{dy}{dx} + y - 1 = 0 \qquad (18)$$

Eine einzige, im Koordinatensystem x-y gezogene Kurve nach Gl. (18) kann somit alle möglichen Fälle der reinen Exponentialkurve Gl. (7) darstellen, falls man nur die durch Gl. (16) und (17) gegebene Umwandlung der Achsenmaßstäbe berücksichtigt. Wird diese durch Gl. (16) und (17) gegebene Substitution auch für die Gl. (1) ... (3) durchgeführt und außerdem noch

$$\tau = \frac{L\,U^2}{c\,R_0^2}\,z$$

gesetzt, so erhält man der Reihe nach

$$\frac{dy}{dx} + y\,\frac{R}{R_0} - 1 = 0 \qquad (19)$$

$$R = R_0\left(1 + \alpha\,\frac{L\,U^2}{c\,R_0^2}\,z\right) \qquad (20)$$

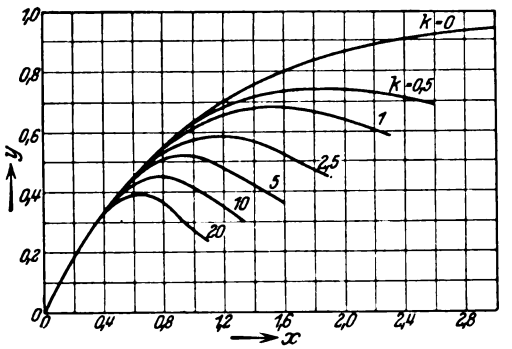
$$y^2 = \frac{dz}{dx}\,\frac{R_0}{R} + \delta\tau\,\frac{R_0^2}{R\,U^2} \qquad (21)$$

Nach Einsetzung des sich für R/R_0 aus Gl. (20) ergebenden Ausdruckes in die Gl. (19) und (21) und nach Einführung einer Konstante $k = \frac{L\,U^2}{c\,R_0^2}\,\alpha$ erhält man bei Vernachlässigung des letzten Gliedes der Gl. (21)

$$\frac{dy}{dx} + y\,(1 + k\,z) - 1 = 0 \qquad (22)$$

$$y^2 = \frac{1}{1 + k\,z}\,\frac{dz}{dx} \qquad (23)$$

Statt der Grundgleichungen (1) ... (3) hat man die zwei letzten Gleichungen erhalten, in welchen die Veränderlichen x, y, z und nur eine Konstante k vorkommen. Sie wurden nach dem oben beschriebenen graphischen Verfahren für verschiedene Werte von k gelöst, was die in der Abb. 3 eingezeichneten Kurven ergab. Um die Interpolation zwischen den einzelnen Kurven zu erleichtern, wurden in der Abb. 4 die jedem Maximum entsprechenden Werte x_m und y_m eingetragen und durch zwei Kurven verbunden.



$k = a\,\frac{L\,U^2}{c\,R^2}$; Koordinatensystem x, y nach den Gl. (16) u. (17)

Abb. 3. Einfluß der Konstante k auf den Verlauf der Stromkurve.

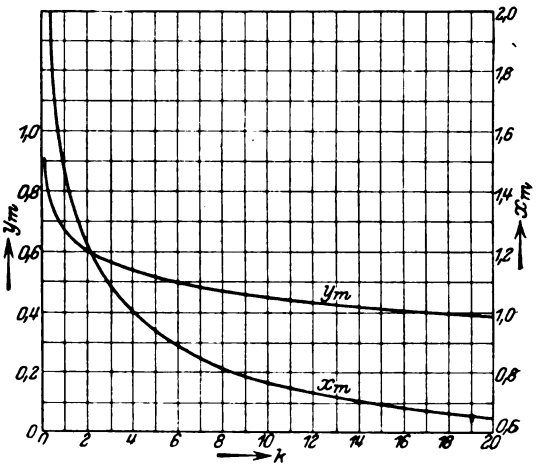


Abb. 4. Werte x_m und y_m für das Maximum der Stromkurve für verschiedene Werte der Konstante k.

Handelt es sich z. B. um die Bestimmung des Strommaximums für den Fall $U = 500$ V, $R_0 = 10\,\Omega$, $L = 5$ H, $c = 125$, $\delta = 2$, $\alpha = 0{,}01$, so berechnet man

$$k = \frac{L\,U^2}{c\,R_0^2}\,\alpha = \frac{5 \cdot 250\,000}{125 \cdot 100} \cdot 0{,}01 = 1$$

und entnimmt der Abb. 4 $x_m = 1{,}5$ und $y = 0{,}68$. Die Gl. (16) und (17) liefern dann für die gesuchten Werte $i_m = 0.68 \cdot 500/10 = 34$ A und $t_m = 1.5 \cdot 5/10 = 0{,}75$ s. Die Endwerte sind nach den Gl. (14) und (15) $\tau_\infty = 1070°$ und $i_\infty = 4.3$ A. Wollte man außerdem noch die Gestalt der Stromkurve verfolgen, so wäre die Kurve $k = 1$ der Abb. 3 in ein Koordinatensystem t-i unter Berücksichtigung der Substitutionsgleichungen (16) und (17) zu übertragen. Angenähert könnte dann auch der absteigende Ast der Stromkurve gezogen werden, da ihre Asymptote i_∞ bekannt ist.

Für sehr kleine Werte von L wird auch k sehr klein und die Kurvenschar der Abb. 3 kann nicht mehr verwendet werden. Kann aber die Induktivität des Stromkreises gegen den Widerstand vernachlässigt werden, so kann dieser Grenzfall im Gegensatz zu dem bisher behandelten allgemeinen Fall direkt rechnerisch gelöst werden. Für $L = 0$ nimmt nämlich die Gl. (5) die folgende einfache Form an:

$$c\,\frac{di}{dt} + \alpha\,R_0\,i^3 + \delta\,\frac{R_0}{E}\,i^2 - \delta\,i = 0; \qquad (22)$$

Digitized by Google

die nach der Trennung der Variablen durchführbare Integration und die Bestimmung der Integrationskonstante (Grenzbedingung: $i = U/R$ für $t = 0$) ergeben

$$t = \frac{c}{\alpha R_0}\left(A \ln \frac{U}{R_0 i} + B \ln \frac{\frac{U}{R_0} - p}{i - p} + C \ln \frac{\frac{U}{R_0} - q}{i - q}\right), \quad (23)$$

wo p, q die Wurzeln der Gleichung

$$\pi^2 + \frac{\delta}{U\alpha}\pi - \frac{\delta}{\alpha R_0} = 0 \quad \ldots\ldots \quad (24)$$

bedeuten, und $A = \frac{1}{pq}$, $B = \frac{1}{p(p-q)}$, $C = \frac{-1}{q(p-q)}$ sind. Nach den Gl. (23) und (24) kann in jedem gegebenen Fall die Stromkurve in Abhängigkeit von t ermittelt werden. Um aber eine allgemeinere Lösung zu erhalten, setzen wir

$$t = x\frac{c}{\delta} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

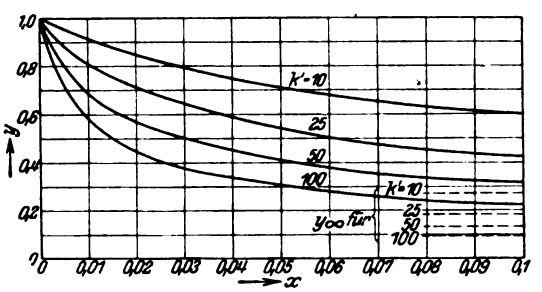
und

$$i = y\frac{U}{R_0}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

wodurch die Gl. (22) in die Form

$$\frac{dy}{dx} + k' y^3 + y^2 - y = 0,$$

wo $k' = \frac{U^2\alpha}{\delta R_0}$ gesetzt wurde, übergeht. Die Lösung dieser Differentialgleichung, die jener für Gl. (22) angegebenen Lösung gleich ist, ergab für verschiedene Werte von k' die in der Abb. 5 dargestellten Kurven. Die Richtungstangente im Nullpunkt ($x = 0$, $y = 1$) jeder Kurve ist gleich $-k'$. Die Kurven fallen zuerst steil ab, nähern sich aber sehr langsam den Asymptoten $y = p \cdot R/U$ (wo p die positive Wurzel der Gl. (24) bedeutet).



Koordinatensystem x, y nach den Gleichungen (25) und (26).

Abb. 5. Verlauf der Stromkurve bei $L = 0$.

Will man z. B. den Stromverlauf für $E = 1000$ V, $R_0 = 20\,\Omega$, $\alpha = 0{,}005$, $\delta = 10$, $c = 200$ bestimmen, so berechnet man $k' = 10^6 \cdot 0{,}005/10 \cdot 20 = 25$, sucht in der Abb. 5 die diesem Werte entsprechende Kurve aus und überträgt sie unter Berücksichtigung der Gl. (25) und (16) in ein Koordinatensystem t-i. Die Gl. (25) und (16) lauten in diesem Falle $t = 20\,x$ und $i = 50\,y$. Nach der Zeit $x = 0{,}061$ fällt die Kurve $k' = 25$ auf $y = 0{,}5$, d. h. nach der Zeit $t = 20\,x = 1{,}2$ s würde in dem gegebenen Falle der Strom auf $i = 50 \cdot 0{,}5 = 25$ A sinken. Der Endwert des Stromes kann entweder der Abb. 5 entnommen ($i = 50 \cdot 0{,}18 = 9$ A) oder nach den Gl. (14) und (15) berechnet werden. Die Aufzeichnung besonderer Übertemperaturkurven τ erscheint überflüssig, da zu jedem abgelesenen Werte von i direkt die jeweilige Übertemperatur τ berechnet werden kann. Aus den Gl. (1) und (2) hat man für $L = 0$

$$\tau = \frac{U/i - R_0}{R_0\alpha} = \frac{U}{i\alpha R_0} - \frac{1}{\alpha}.$$

In der ganzen bisherigen Untersuchung wurden die Größen α, δ und auch die in c enthaltene spez. Wärme als konstant angenommen. Sollte auch die Änderung dieser Größen mit der Temperatur berücksichtigt werden, so ist das bei dem verwendeten graphischen Verfahren leicht durchführbar; die auf der unteren Ordinatenachse in der Abb. 1 angebrachte Skala für R wäre nicht linear, sondern nach dem gegebenen Zusammenhang des Widerstandes mit der Temperatur zu wählen, und während der ganzen Konstruktion wären in die Gl. (13) die sich für die entsprechende jeweilige Temperatur ergebenden Werte von c und δ einzusetzen. Auf die durch die Einführung der Konstanten k und k' erhaltene Verallgemeinerung der Lösung müßte aber verzichtet werden. Ebenfalls bietet die nach dem angegebenen graphischen Verfahren durchgeführte Behandlung der Fälle, wo der Strom zur Zeit $t = 0$ nicht Null ist, sondern einen gegebenen Wert hat, oder wo nach der Gl. (1 a) ein Teil des Stromkreises einen gleichbleibenden Widerstand besitzt, keine Schwierigkeit, müßte aber in jedem Spezialfall unternommen werden und gestattet keine Verallgemeinerung.

Das verwendete graphische Integrationsverfahren könnte streng genommen auch für Wechselstrom benutzt werden. Es wäre nur nötig, die Zeitabschnitte t_0t_1, t_1t_2 usw. sehr klein zu wählen und in die Gl. (6) für E den Momentanwert der Spannung einzusetzen. Der notwendig erscheinende sehr große Zeitmaßstab, in welchem die Konstruktion durchzuführen wäre — es müßten mehrere Punkte der Stromkurve in der Periode ermittelt werden — macht aber das Verfahren für Wechselstrom praktisch unbrauchbar. Nur in einem Falle können die für den Gleichstrom gefundenen Ergebnisse auch auf Wechselstrom übertragen werden, u. zw. dann, wenn die Induktivität L des Stromkreises gegen den Widerstand vernachlässigt werden kann. Die Kurven k' der Abb. 5 ergeben dann auch für Wechselstrom eine Lösung, falls nur statt des Stromes i der Effektivwert i_{eff} des Wechselstromes eingeführt wird.

In der Problemstellung haben wir natürlich noch einige die genaue Analyse interessierende Umstände nicht berücksichtigt, wie z. B. die Stromverdrängung in massiven Leitern, die beim Einschaltvorgang auch bei Gleichstrom eine Rolle spielt, das thermische Leitvermögen des Leiters, welches sich mit der Temperatur im entgegengesetzten Sinne wie der Widerstand verändert, und den Einfluß der Magnetisierung bei magnetisierbaren Leitern. Eine genaue Lösung des Problems — die nur von theoretischem Interesse sein könnte — macht es also gewiß zu einem der schwierigsten der theoretischen Elektrotechnik und gehört nicht mehr in den Rahmen dieser Arbeit.

Die elektrischen Bahnen in der tschechoslowakischen Republik.

Von **F. Niethammer**, Prag.

(Schluß von S. 676.)

3. Lokomotive von Siemens-Breitfeld-Daněk.

Die von der Siemens-Elektrizitäts-A.-G. Prag und der Firma Breitfeld-Danek gebauten Verschiebelokomotiven B 0 + B 0 (Abb. 22) Reihe E 424[101] und 424[102] entwickeln 736 PS Stundenleistung und eine höchste Betriebsgeschwindigkeit von 50 km/h. Der Lokomotivkasten ruht auf zwei zweiachsigen Drehgestellen mit Außenrahmen, die durch ein in Zughakenhöhe angebrachtes Zugeisen miteinander verbunden sind. Der gleich hinter der Dachdurchführung liegende Schnellschalter kann von den Führerständen sowohl elektropneumatisch „ein-" bzw. „aus"geschaltet als auch mechanisch ausgelöst werden. Die elektropneumatischen Schützen, welche zum Anfahren bzw. Regeln der Fahrgeschwindigkeit dienen, sind im Führerhaus neben jedem Führertisch eingebaut. Der elektropneumatisch betätigte Fahrtwender ermöglicht den Wechsel der Lokomotivfahrtrichtung und ist mit dem von Hand aus zu betätigenden Motorabschalter im Mitteltisch des Führerhauses eingebaut. Der Motorabschalter gestattet ein elektrisches Abtrennen eines schadhaft gewordenen Triebmotors. Die vier eigenbelüfteten Triebmotoren sind als normale Tatzenlagermotoren ausgebildet, deren jeder eine der vier Achsen über ein einfaches Zahnradvorgelege antreibt. Zwei Motoren sind dauernd in Reihe geschaltet, die Wicklungen für 1500 V isoliert. Die Wellen der Trieb- sowie Hilfsmotoren laufen auf Rollenlagern, die Tatzenlager sind als Gleitlager ausgeführt. Die gußeisernen Anfahrwiderstände sind in den Vorbauten eingebaut und werden durch zwei Lüftersätze mit 1500 V-Motoren kräftig gekühlt. Die künstliche Belüftung der Widerstände gestattet ein längeres Fahren auf den Widerstandstufen.

Im Führerhaus befindet sich für jede Fahrtrichtung ein Führertisch, der alle für die Bedienung der Lokomotive nötigen Apparate enthält. Der Führerschalter besitzt eine Hauptwalze, betätigt durch eine Handkurbel für

Digitized by Google

die Steuerung der Schützen und eine Fahrtwenderwalze für die Einstellung des Fahrtwenders. Die Umschalttasten für Stromabnehmer, Schnellschalter und Sandstreuung sind vor dem bzw. rechts vom Führerschalter eingebaut. Meßinstrumente zeigen Fahrdrahtspannung sowie die Triebmotorenströme und den gesamten Verbrauchstrom an. Ein Zähler zeigt den Stromverbrauch, ein Geschwindigkeitsmesser die Fahrgeschwindigkeit der Lokomotive an. Der Strom für die Steuerapparate und Lokomotivbeleuchtung wird einem Umformersatz und einer parallel geschalteten Akkumulatorenbatterie für 48 V entnommen. Im Führerhaus ist noch eine Hochspannungsschalttafel eingebaut, welche die Betätigungsschalter und Sicherungen für die Hilfsstromkreise (Motorkompressor, Lüftersätze, Umformer, Lokomotivheizung) enthält. Gegenüber dieser ist die Niederspannungstafel angeordnet, welche die Kleinautomaten für die Beleuchtungsstromkreise und die der Schmierpressenheizung aufnimmt.

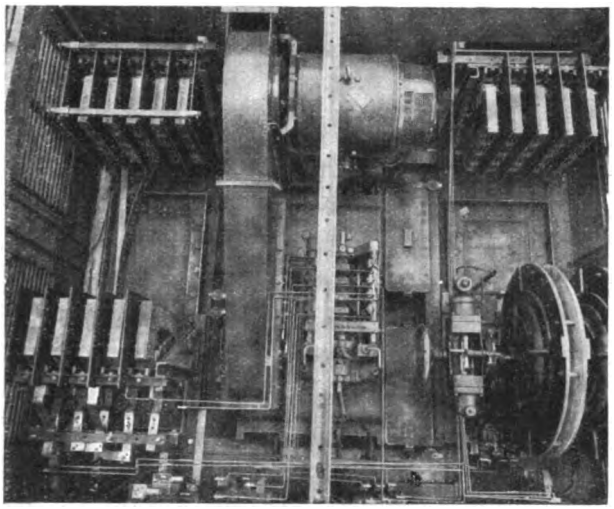


Abb. 21 a. Steuerungsapparate der B + B-Lokomotive.

4. Lokomotiven von Křižik-BBC-Breitfeld-Daněk.

Die Personenzug-Lokomotiven Breitfeld-Daněk-Křižik[3]-BBC Reihe E 465 001 und 465 002 (Abb. 23) sind als Rahmenfahrzeuge mit der Achsfolge 1 — 4 A — 1 und mit Buchli-Einzelachsantrieb gebaut, für den einseitig ein besonderer Hilfsrahmen vorgesehen ist. Die Laufachsen sind mit der folgenden Triebachse zu einem Kraus-Helmholtz-Gestell vereinigt, dessen Drehpunkt in der senkrechten Ebene der Triebachse liegt. Die Laufachsen haben einen maximalen Ausschlag von 2 × 95 mm und die damit gekuppelten Triebachsen eine Seitenverschiebung von 2 × 20 mm, die beiden mittleren Triebachsen sind in Rahmen fest ohne jede Seitenverschiebung gelagert, so daß Gleisbogen von 100 m Halbmesser mit 5 km/h Geschwindigkeit durchfahren werden können.

Jede der vier Triebachsen wird von einem eigenen Motor mittels eines gefederten Ritzels, großen Zahnrades und einer in dieses eingebauten Einzelachsantriebskupplung, System BBC, angetrieben.

Auf der linken Lokomotivseite sind in einem eigenen Raum die Anfahrwiderstände untergebracht. Zur Lüftung der Widerstände ist der Boden dieses Raumes gelocht, seitlich sind feste Jalousien und oben führen zwei Kamine durch den Maschinenraum über Dach. Durch diese Anordnung entsteht ein natürlicher Luftzug. Das Eindringen von Regen oder Schnee in diese Kabine wird durch Jalousien am Dach, hinter welche diese Kamine einmünden, verhindert. Oberhalb der Anfahrwiderstände ist der Maschinenraum als Plattform ausgebildet, auf welcher die Hauptschaltwalze mit ihrem Antriebsapparat, Kompressor und Vakuumpumpe montiert sind. Die am Hauptrahmen befestigten Triebmotoren ragen zur Hälfte in den Maschinenraum; auf diesen montiert sind entsprechende Tragrahmen, die die Ventilatoren, deren Motoren und die Lichtdynamos tragen. Im vorderen Teil des Maschinenraumes ist der Hauptschalter montiert, der durch ein Gitter abgeschlossen ist. Ein Teil dieses Gitters kann zu Untersuchungszwecken entfernt werden, es ist aber mit dem Erdungsschalter derart verriegelt, daß es erst nach Erden der Dachleitung geöffnet werden kann. Im rückwärtigen Teil des Maschinenraumes sind außer der Batterieschalttafel und dem Beleuchtungsregler die Sicherungen und elektromagnetischen Schützen für die Hochspannungs-Hilfsbetriebsmotoren untergebracht. Die Hochspannung führenden Apparate sind hinter einem Gitter montiert, das beim Öffnen den Hauptschalter ausschaltet. Auf der rechten Lokomotivseite ist ein Verbindungsgang zwischen den beiden Kabinen, der die Führerkabine durch je eine Tür abschließt; längs der Ventilatoren und Apparate ist ein Geländer, so daß auch während der Fahrt der Maschinenraum begangen werden kann.

Am festen Dach oberhalb der Kabine befinden sich ein Stromabnehmer und eine Druckluftpfeife. Jede Führerkabine hat seitwärts Türen mit tief herablaßbaren Fenstern, in der Mitte der Stirnwand eine Tür mit festem Fenster, rechts und links von dieser Tür und in den schrägen Seitenwänden feste Fenster. Oberhalb der Stirnwandfenster sind verschließbare Klappen zur Ventilation des Raumes. Vorn rechts in der Kabine ist der Führertisch mit dem Steuerschalter, den Meßgeräten, dem versperrbaren Druckknopfkasten für Stromabnehmersteuerung, Hauptschalterbetätigung sowie Ventilator- und Kompressorschalter, in der rechten Ecke der Westinghouseschieber, Lokomotivbremshahn und Vakuumschieber, im Fußboden der Schalter für die Sandung, an den Seitenwänden die Manometer, Vakuummeter und Geschwindigkeitsmesser System Haushälter-Rečny (in Kabine I, jener mit Registrierung), in der linken Ecke der Kabine der Tisch für den Zugführer mit einem tragbaren Sessel. Für den Führer ist ein schwenkbarer Reitsessel am Führertisch angebracht. Auf der Kabinenrückwand sind auf einem Kasten die Drehschalter für die Lokomotivheizung und kleine Maximal-Selbstschalter für die Lokomotivbeleuchtung angebracht. Unterhalb dieses Kastens liegt der Kabinenheizkörper. Der Kochschrank ist im Seitengang des Maschinenraumes montiert. Im linken Tisch sind die Ölkannen usw. untergebracht.

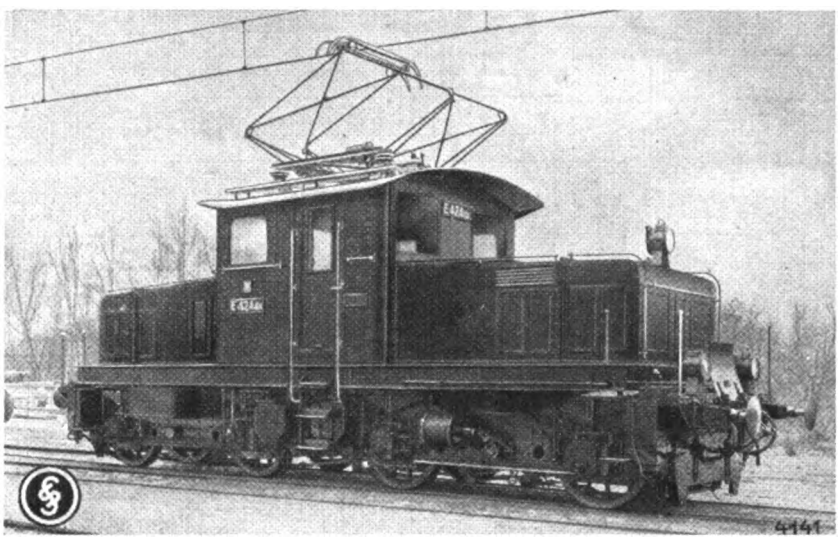


Abb. 22. Elektrische Verschiebelokomotive von Siemens-Breitfeld-Daněk.

Die Druckluftanlage besteht aus einem zweistufigen rotierenden Motorkompressor System Winterthur Type KLL 14 red. mit einem selbsttätigen Druckregler, dessen Druckleitung über einen eingebauten Ölabscheider und ein Rückschlagventil die zwei Hauptluftbehälter am Dache mit Druckluft versorgt. An diese Hauptbehälter sind außer der Druckluftbremse noch angeschlossen: über ein Reduzierventil für 5 atü der Behälter für elektropneumatische Apparate und über ein Überlaufventil für 7 atü der Behälter für Druckluftpfeife und Sandung. Für das erste Heben des rückwärtigen Stromabnehmers ist in der rückwärtigen Kabine eine Handluftpumpe vorgesehen, mit der über einen Dreiweghahn *91* (Abb. 24) Luft in den Hubzylinder gepumpt werden kann. An die Druckluftleitungen

[3] Die Křižik-Akkumulatoren-Lokomotive E 407 001 wurde schon in ETZ 1927, S. 1838, beschrieben.

Digitized by Google

zu den Senkzylindern der Stromabnehmer ist ein Hahn angeschlossen, der von der Dachleiter gesteuert wird. Wird die Dachleiter heruntergeklappt, so tritt über diesen Hahn Druckluft direkt in die Senkzylinder. Der Bügeldruck beträgt 12 ... 14 kg. Abb. 26 zeigt den Hauptstromplan. Am Dach ist ein Erdungsschalter angeordnet, der

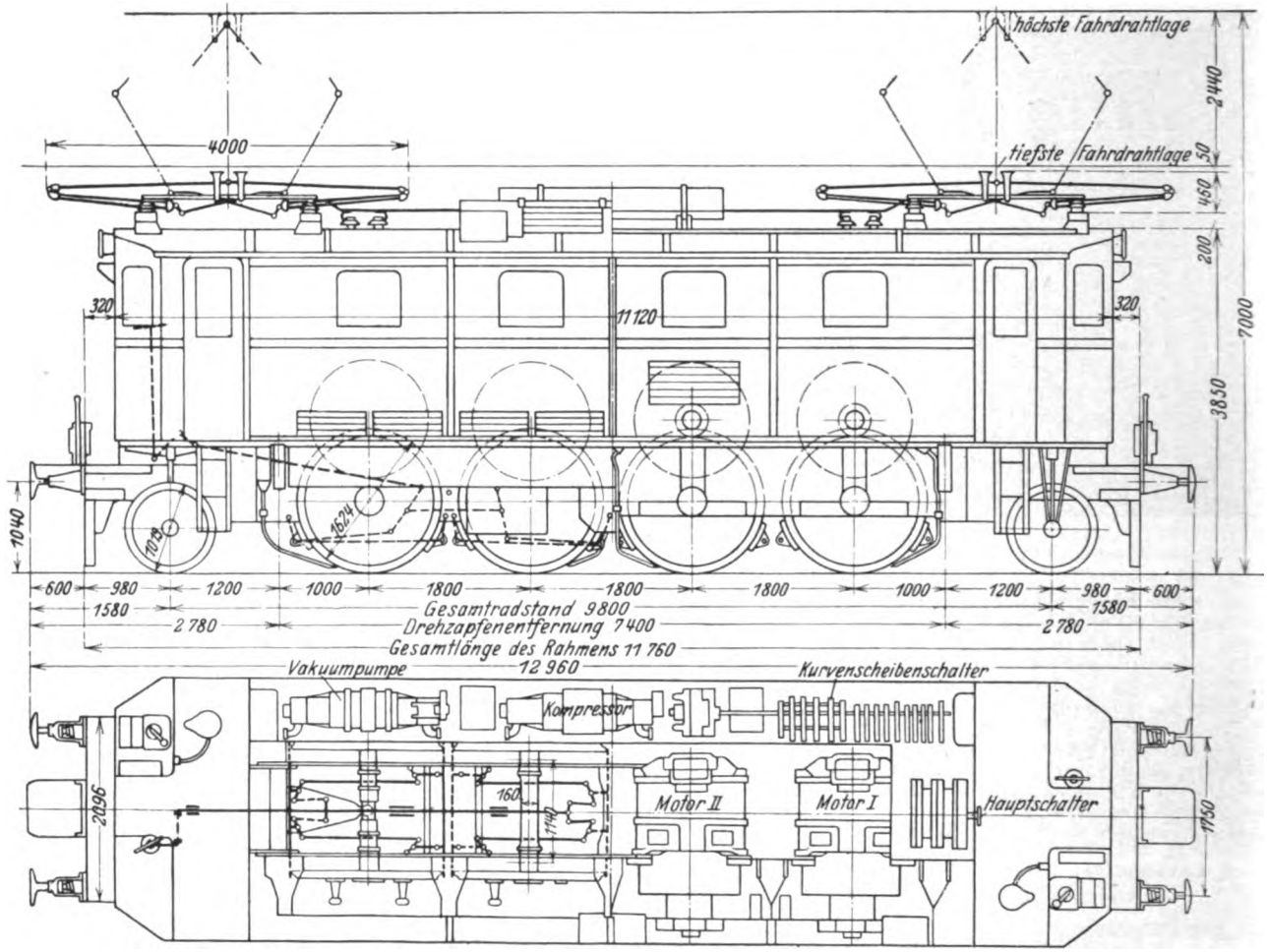
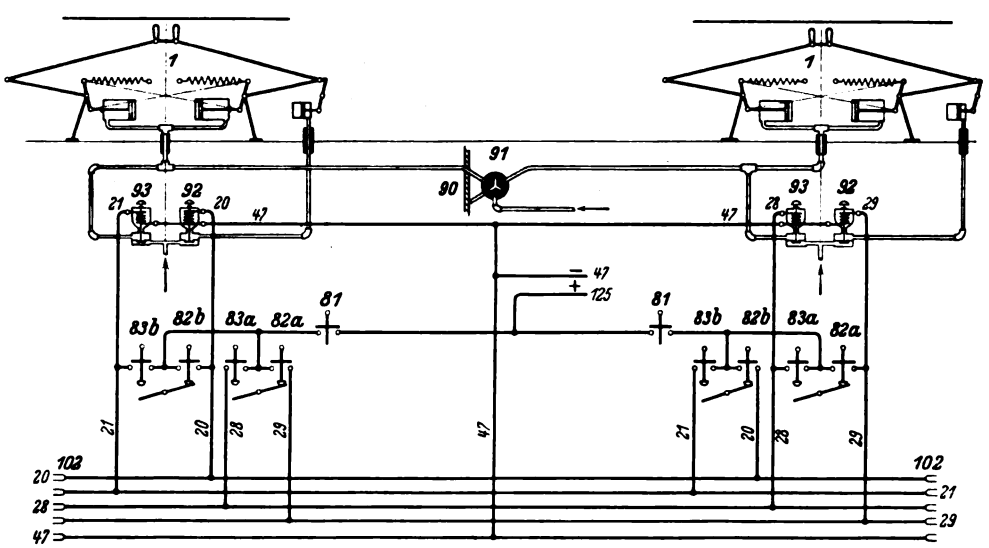


Abb. 23. Personenzuglokomotive von Křižik-BBC-Breitfeld-Daněk.

drei Einzelschaltern, die derart gesteuert werden, daß beim Einschalten zuerst der eine Schalter mit Blasfeld geschlossen wird, der einen Widerstand *5 c* einschaltet; der zweite Schalter (auch mit Blasfeld) schließt hierauf diesen Widerstand *5 c* kurz, und der dritte Schalter ohne Blasfeld, der für Dauerstrom gebaut ist, schließt zum Schluß die



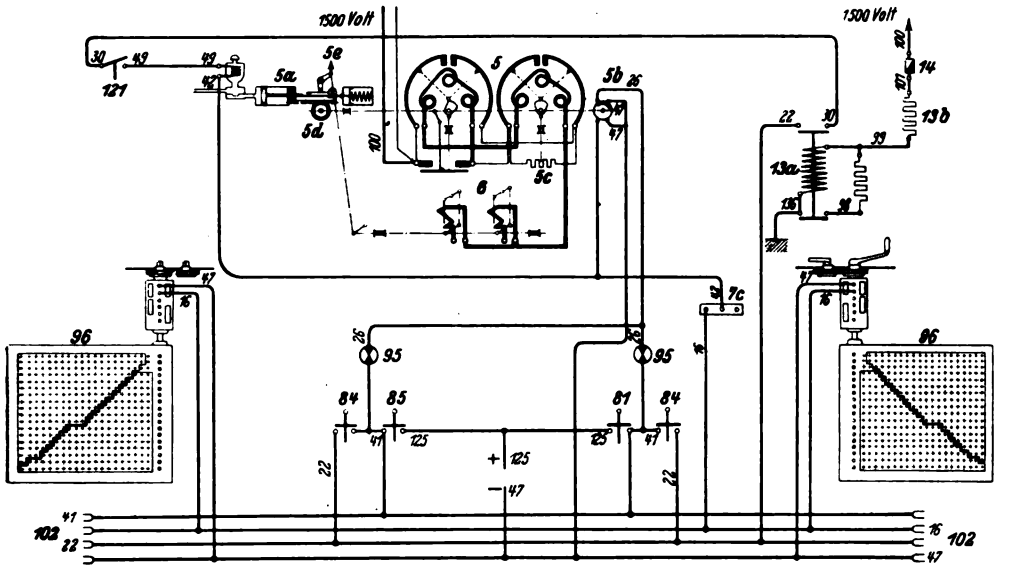
1 Stromabnehmer
81 Druckknopf für den Steuerstrom
82a Druckknopf zum Heben des vorderen Stromabnehmers
82b Druckknopf zum Heben des rückwärtigen Stromabnehmers
83a Druckknopf zum Senken des vorderen Stromabnehmers
83b Druckknopf zum Senken des rückwärtigen Stromabnehmers
90 Leiter zum Besteigen des Daches
91 Leiter-Verriegelungshahn
92 Ventil für Hubzylinder der Stromabnehmer
93 Ventil für Senkzylinder
102 Steckdose für Vielfachsteuerung

Abb. 24. Steuerung der Stromabnehmer.

gestattet, die ganze Dachleitung an Erde zu legen. Direkt an die Dacheinführung, also vor dem Hauptschalter ist über eine Sicherung *14* und Vorschaltwiderstand *13 b* das Minimal- und Nullspannrelais *13 a* angeschlossen (Abb. 25). Dieses Relais schließt den Stromkreis für die elektropneumatische Betätigung des Hauptschalters *5*; es spricht bei einer Spannung von 1200 V an und fällt bei 1000 V Fahrdrahtspannung ab. Der Hauptschalter *5* besteht aus beiden ersten Schalter kurz. Es müssen folgende Bedingungen erfüllt sein, damit der Hauptschalter eingeschaltet werden kann: Ein Stromabnehmer muß am Fahrdraht liegen, mindestens 1200 V Spannung muß vorhanden sein, damit das Nullspannungsrelais *13 a* anspricht, das Gitter oberhalb der Hilfsbetriebsicherung muß gut geschlossen sein, der Hauptkontroller muß auf Null und der Fahrtwenderhandgriff in einer Fahrtstellung stehen. Ist

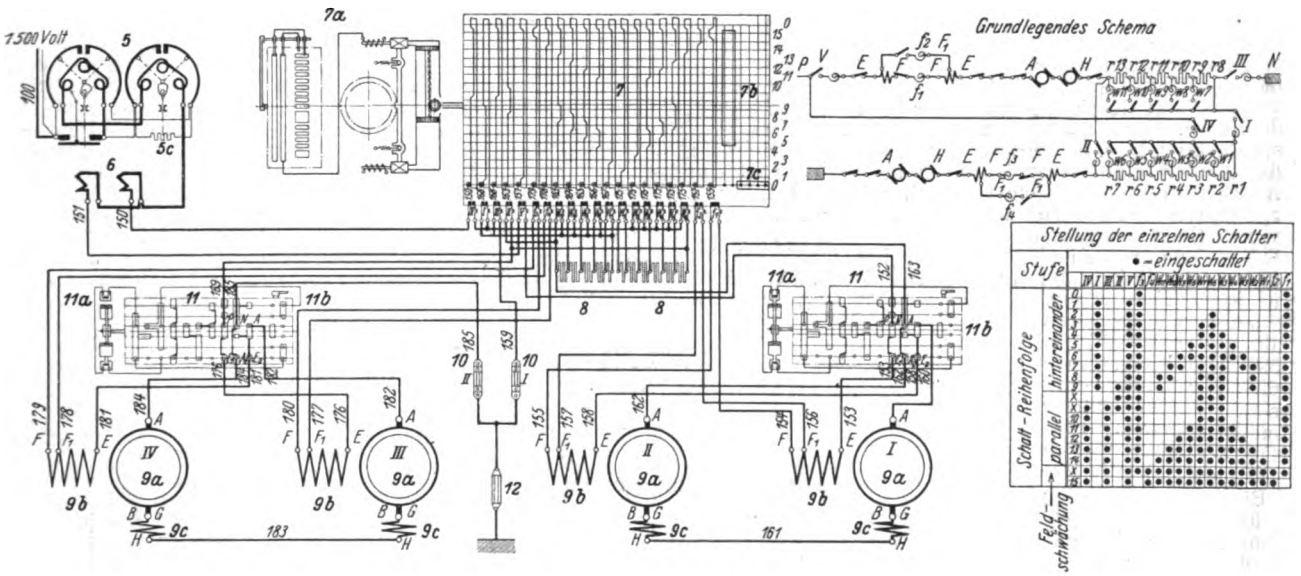
Digitized by Google

keine Druckluft vorhanden, so kann der Hauptschalter *5* mittels eines Handrades *5d* eingeschaltet werden, es müssen aber alle die erwähnten Bedingungen erfüllt sein. Zur Kontrolle der Stellung des Hauptschalters ist in jedem Führertisch eine rote Lampe *95* eingebaut, die nur dann brennt, wenn der Hauptschalter ausgeschaltet ist. Der Hauptschalter kann auf folgende Art ausgeschaltet werden: 1. normal durch Drücken des Druckknopfes *84*, 2. durch Betätigung der mechanischen Auslösung *5e*, der trischen Verriegelungskontakte und Stromkreise kommen in Wegfall. Vier große Leistungsschalter besorgen die Hauptabschaltungen, 12 kleine das Abschalten der Anfahrwiderstände und 4 ebensolche das Schwächen der Motorfelder. Angetrieben wird der Hauptfahrschalter von einem elektropneumatischen Apparat, einem Aufschalt- und einem Abschaltzylinder. Das Verbindungsstück der zwei Kolben ist als Zahnstange ausgebildet, die in einen Zahnkolben eingreift. Der Zahnkolben ist auf der Welle



5 Hauptschalter
5a Preßluftmotor
5b Verriegelungs- und Kontrollkontakte
5c Widerstand
5d Handeinschaltung
5e Ausschalten von Hand
6 Maximalstromrelais für die Motorgruppen
7c Verriegelungs- und Kontrollkontakte
13a Nullspannungsrelais
13b Vorschaltwiderstand
14 Sicherung zum Nullspannungsrelais
81 Druckknopf für den Steuerstrom
84 Druckknopf für den Hauptschalter
95 Signallampen „Hauptschalter aus"
96 Steuerwalze
102 Steckdose für Vielfachsteuerung
121 Verriegelungskontakt

Abb. 25. Steuerung des Hauptschalters mit Nullspannungsrelais.



5 Hauptschalter
5c Widerstand
6 Maximalstromrelais für die Motorgruppen
7 Hauptschaltwalze
7a elektropneumatischer Antrieb
7b Kontakte für das Ventilatorschütz
7c Verriegelungs- und Kontrollkontakte
8 Anfahrwiderstände
9a Motoranker
9b Motorfeld
9c Motor-Wendefeld
10 Nebenschluß für Motoramperemeter
11 Wendeschalter
11a Preßluftmotor
11b Verriegelungskontakte
12 Nebenschluß für Zähler

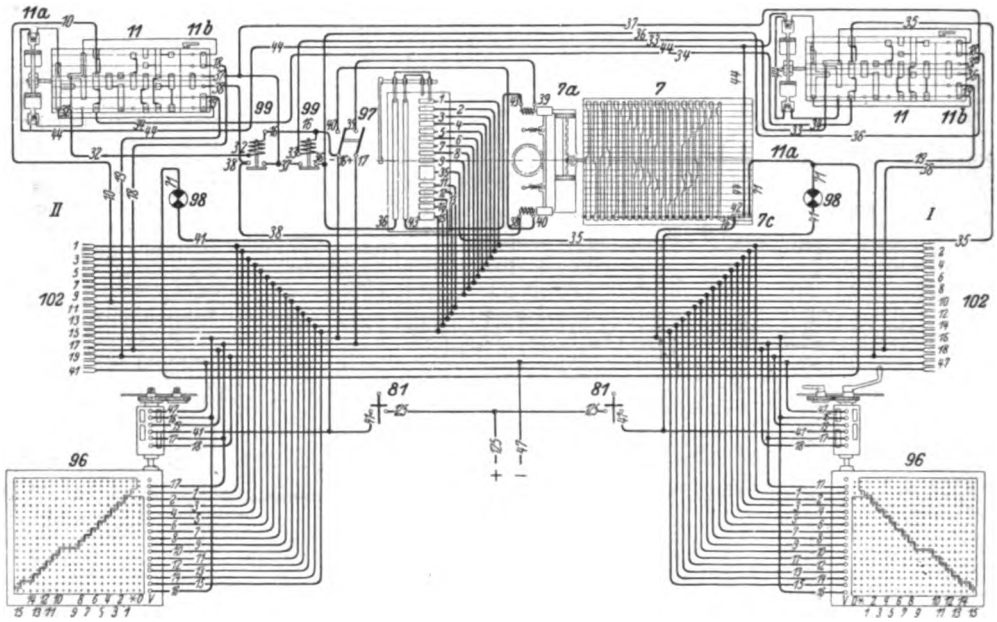
Abb. 26. Motorstromkreise.

Handgriff hierzu befindet sich oberhalb des Führertisches, 3. durch das Nullspannungsrelais *13a*, wenn die Fahrdrahtspannung unter 1000 V sinkt, 4. wenn das Gitter oberhalb der Hilfsbetriebsicherungen geöffnet wird, wobei der Sperrkontakt *121* den Steuerstrom unterbricht, 5. durch die Maximalrelais 6 infolge zu großer Stromaufnahme der Motoren.

Von den vier Triebmotoren sind beim Anfahren bis zur Stellung *9* alle in Serie geschaltet, von Stellung *10* bis *14* je zwei in Serie, auf Stellung *15* desgleichen, jedoch arbeiten alle Motoren in dieser Stellung mit geschwächtem Feld. Die Hauptschaltwalze *7* (Abb. 27) steuert mittels Einzelschalter, welche durch eine Nockenwelle mechanisch betätigt werden. Dadurch wird die richtige Schaltfolge derselben in einfachster Weise absolut gesichert und die sonst erforderlichen gegenseitigen elek- der Hauptschaltwalze aufgekeilt. Der Kolbenhub jedes Zylinders ist so groß, daß der Zahnkolben von der Zahnstange um 324° gedreht werden kann. Soll die Hauptschaltwalze in Bewegung gesetzt werden, so muß die Druckluft des Aufschaltzylinders ausströmen und die Sperrklinke gehoben werden. Erreicht wird dies durch ein elektropneumatisches Aufschaltventil, dessen Steuerstrom vom Fahrschalter über die Kontaktbahn des Stellungsschalters am Antriebsapparat geschlossen wird. Gleichzeitig mit den Kolben setzen sich die Gleitbürsten am Stellungsschalter in Bewegung, die den Steuerstromkreis des elektropneumatischen Aufschaltventiles unterbrechen, dieses schließt sich, der Kolben des Hubzylinders wird durch eine Feder zurückgezogen, die Sperrklinke fällt durch Federkraft in das Sperrad ein, das Steuerventil am Zylinder schließt durch Federkraft die Luftausströmung

Digitized by Google

des Aufschaltzylinders und stellt wieder die Verbindung mit dem Apparateluftbehälter her. In beiden Zylindern ist jetzt wieder gleicher Druck, die Kolben halten sich im Gleichgewicht, wobei die Sperrklinke mit dem Sperrad die genaue Stellung bestimmt. Beim Abschalten wird das elektropneumatische Abschaltventil eingeschaltet, und der umgekehrte Vorgang findet statt.



7 Hauptschaltwalze
7a elektropneumatischer Antrieb
7c Verriegelungs- und Kontrollkontakte
11 Wendeschalter
11a Preßluftmotor
11b Verriegelungskontakte
81 Druckknopf für den Steuerstrom
95 Steuerwalze
97 2poliger Schalter
98 Signallampe Kontroller „aus"
99 Wendeschalter-Verriegelungsrelais
102 Steckdose für Vielfachsteuerung

Abb. 27. Hauptschaltwalze und Steuerung des Wendeschalters.

Die gußeisernen Widerstandselemente, die eine Temperatur von 275 ° aushalten, sind auf mit Glimmer isolierten Bolzen aufgehängt und durch Federringe zusammengepreßt. Die Verbindungen der einzelnen Widerstände untereinander und mit der Hauptschaltwalze sind aus blankem Flachkupfer. Die Fahrtrichtungsänderung erfolgt durch Änderung der Stromrichtung in den Ankern *9a*, wozu, nachdem zwei Motoren dauernd in Serie geschaltet sind, 2 Fahrtwender *11* genügen. Die Fahrtwender werden elektropneumatisch in die Vorwärts- und Rückwärtsstellung gesteuert; in eine Mittelstellung, wo die Motoren abgeschaltet sind, kann jeder Fahrtwender nur von Hand aus gestellt werden.

Von den 4 Triebmotoren hat jeder bei ½ × 1350 V eine Stundenleistung von 335 kW, 538 A bei 590 U/min, eine Dauerleistung von 280 kW, 450 A bei 620 U/min. Es sind sechs polige Serienmotoren mit Wendepolen. Die Lager sind Gleitlager mit selbsttätiger Ringschmierung. Die Bürstenbrücke kann nach Lösen der Anschlüsse und Entfernen der Bürstenbrückenfixierung um 360 ° gedreht werden, wodurch die Untersuchung der Bürstenapparate vom Maschinenraum aus leicht durchführbar ist. Die Motoren haben Fremdlüftung. Die auf einem Rahmen auf den Triebmotoren montierten Ventilatorgruppen blasen Frischluft, die aus dem Maschinenraum angesaugt wird, in die dem Kommutator abgewendeten Seiten in die Motoren. Die Luft streicht axial durch die Motoren und bläst auf die Kommutatorseite den Kohlenstaub mitreißend nach unten ins Freie.

Auf jedem Führertisch ist in einem durch einen Schlüssel versperrbaren Kasten der Druckknopf *81* für den Steuerstrom untergebracht (Abb. 25). Nur mit diesem Druckknopf können die Steuerstromleitungen unter Spannung gesetzt werden. Zur Steuerung der Hauptschaltwalze *7* und der Wendeschalter *11* dient der Steuer- oder Fahrschalter *96*, von dem in jeden Führerstand einer montiert ist. Auf jeder Lokomotive ist nur eine Fahrkurbel vorhanden, mit der man erst nach Aufstecken und Drehen in die Stellung *0* den Fahrtwender betätigen kann. Durch Stellen des Hebels in eine Fahrtrichtung werden die Fahrtwender *11* über die elektropneumatischen Ventile *11a* mittels Druckluft in die Fahrtrichtung gebracht. Jeder Wendeschalter besitzt ein eigenes Verriegelungsrelais *99*, das erst dann anspricht, wenn der Wendeschalter in seiner richtigen Endlage liegt. Diese Verriegelungsrelais schließen den Steuerstromkreis für den Antriebsapparat *7a* der Hauptschaltwalze *7*. Der Fahrschalter *96* hat zwei Metallbelege, von denen der eine von der Stellung * an mit dem Pluspol, der andere mit dem Minuspol des Steuerstromes verbunden ist. Wird eine Fahrstellung eingestellt, so liegen die Kontaktfinger bis zu der gewünschten Fahrstufe am positiven Belag des Fahrschalters *96*, wodurch auch alle Kontakte des Stellungsschalters *7a* am Antriebsapparat mit demselben Pol verbunden werden. Das elektropneumatische Ventil des Abschaltteiles, dessen eines Ende dauernd mit dem Pluspol verbunden ist, kann nicht ansprechen, weil der Stromkreis durch den Kontaktfinger am Stellungsschalter in der Nullstellung überhaupt unterbrochen, in den Fahrtstellungen jedoch wieder nur mit dem Pluspol verbunden ist. Das elektropneumatische Ventil des Aufschaltteiles jedoch, dessen eines Ende dauernd an den Minuspol angeschlossen ist, erhält schon in der Nullstellung durch den Kontaktfinger am Stellungsschalter mit dem positiven Pol Verbindung und behält mit Ausnahme der Unterbrechungen beim Ablaufen des Stellungsschalters diese Verbindung, bis der Kontaktfinger einen Belag erreicht hat, der mit dem negativen Belag des Fahrschalters in Verbindung steht. Es ist dann dies die Fahrstellung der Hauptschaltwalze, die mit der des Fahrschalters übereinstimmt. Beim Ablaufen des Stellungsschalters am Antriebsapparat wird, wie bereits

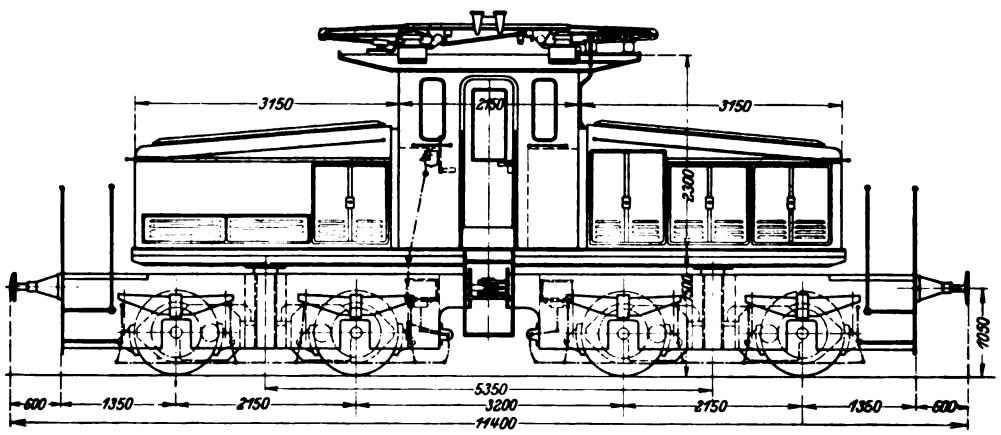
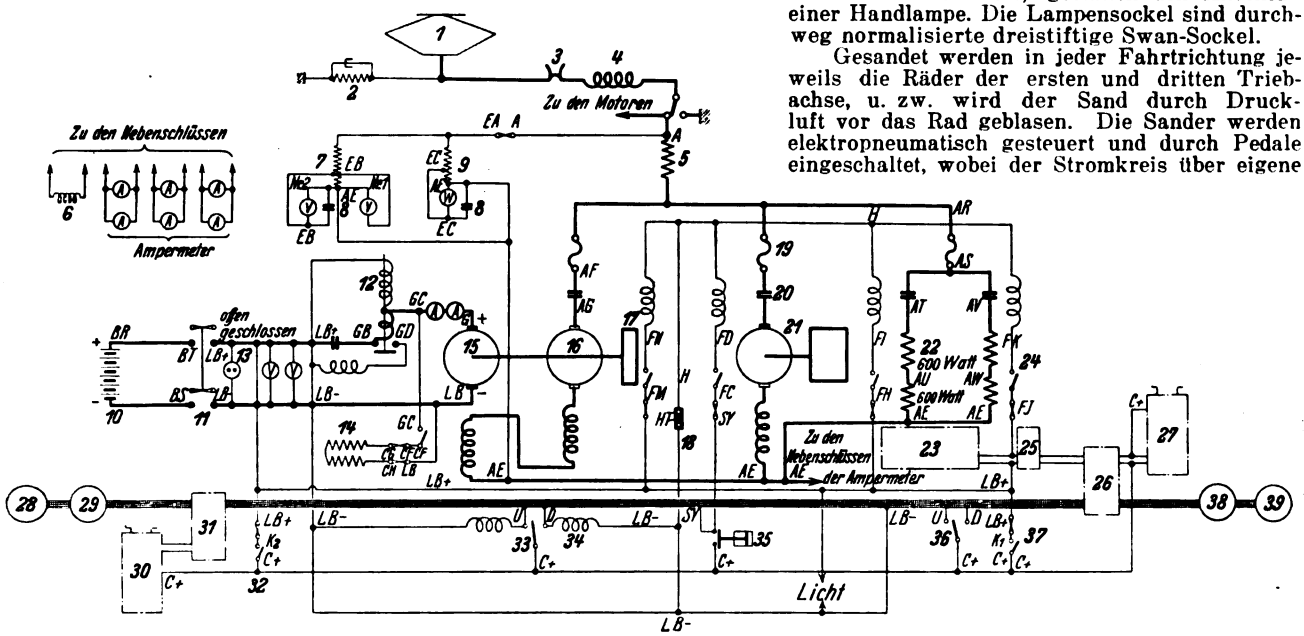


Abb. 28. Lokomotive der Adamstaler Maschinenfabrik.

Digitized by Google

erwähnt, der Steuerstrom des Ausschaltventils immer unterbrochen und wieder eingeschaltet, was eine ruckweise Bewegung der Hauptschaltwalze bewirkt, was für das zuverlässige Arbeiten der Schalter günstig ist. Beim Abschalten tritt der umgekehrte Vorgang ein.

Hinter dem Hauptschalter *5* ist die Hilfsbetriebssicherung *15* angeschlossen, von wo aus die Stromverteilung an die Hilfsbetriebe unter 1500 V erfolgt. Im rückwärtigen Teil des Maschinenraumes sind die Sicherungstafel und die 4 elektromagnetischen Schützen in einem mit perforiertem Eisenblech abgeschlossenen Kasten montiert. Alle Hilfsmotoren werden durch je ein elektromagnetisches Schütz ein und ausgeschaltet.



1 Stromabnehmer
2 Blitzableiter
3 Sicherung am Dach
4 Drosselspule
5 Schutzwiderstand
6 Zählerspule
7 Vorwiderstand zum Voltmeter
8 Kondensator
9 Vorwiderstand zum Zähler
10 Batterie von 24 Zellen
11 Ausschalter und Sicherungen
12 Batterierelais und Schütze
13 Ladestecker
14 Ausschalter und Sicherungen zum Kocher
15 Generator
16 Motor
17 Ventilator
18 Türunterbrecher
19 Patronensicherung
20 1500 V-Schütz
21 Kompressor
22 Heizung der Kabinen 4 × 600 W
23 Haupt-Apparatetafel
24 3 A-Drehschalter und Sicherungen
25 Schalter für 21stufige Schaltwalze
26 Verteilertafel Nr. 1
27 Hauptschaltwalze Nr. 1
28 24adrige Steckdose
29 24adrige gekapselte Steckdose
30 Hauptschaltwalze Nr. 2
31 Verteilertafel Nr. 2
32 Kontrollerschalter u. Sicherungen Nr. 2
33 Schalter zum Stromabnehmer
34 Stromabnehmerventil
35 Schalter für Druckluftregler
36 Schalter für Stromabnehmer Nr. 1
37 Schalter für Kontroller und Sicherungen Nr. 1
38 24 adrige gekapselte Steckdose
39 24 adrige Steckdose

Abb. 29. Hilfsstromkreise der Adamstaler Lokomotive.

Die beiden Stufen des Kompressors für maximal 8 atü sind beiderseits eines Gleichstrom-Serienmotors mit diesem unmittelbar gekuppelt. Ein Druckregler schaltet bei einem Mindestdruck von 5,5 atü den Stromkreis ein und bei einem Maximaldruck von 7,5 atü ab.

Zur Kühlung der 4 Triebmotoren ist für jeden Motor ein Ventilator vorhanden. Angetrieben werden jeweils 2 Ventilatoren von einem gemeinsamen 1500 V-Gleichstrom-Serienmotor für 2200 U/min. Beiden ist dauernd ein gemeinsamer Widerstand vorgeschaltet. Die Vakuumpumpe läuft mit 750 U/min während der ganzen Fahrt zum Lösen der Bremse bei geschwächtem Feld mit 1500 U/min.

In jeder Kabine ist ein Heizschrank von 1200 W, im Maschinenraum ein Kochschrank montiert, an 1500 V angeschlossen. Die Heizkörper werden direkt durch Drehschalter für 1500 V geschaltet.

Der Beleuchtungs- und Steuerstromkreis wird von zwei Dynamos von je 900 W, 48 V und von einer Batterie G O 39 III versorgt. Jeder der 2 Ventilatormotoren ist außer mit den 2 Ventilatoren auch mit einer Lichtdynamo unmittelbar gekuppelt. Es ist immer nur eine Dynamo in Betrieb, die über einen Regler entweder auf Batterieladung oder für die Beleuchtung arbeitet. In beiden Fällen ist der Steuerstromkreis parallel geschaltet. Wird auch nur eine Lampe eingeschaltet, so regelt der Regler sofort auf die konstante Spannung von 48 V ein. Der Steuerstromkreis und die Signallampen für Hauptschalter und Hauptschaltwalze liegen am Batteriestromkreis, also an veränderlicher Spannung.

Die einzelnen Lichtstromkreise werden durch kleine Maximalselbstschalter geschaltet, so daß Schmelzsicherungen entfallen. Für Beleuchtung des Lokomotivinneren sind 5 Stromkreise, u. zw. 3 für den Maschinenraum und je einer für eine Kabine vorhanden. Jeder Scheinwerfer hat seinen eigenen Stromkreis und Selbstschalter. Steckdosen im Maschinenraum und in den Kabinen sowie außen, vorne und rückwärts, gestatten den Anschluß einer Handlampe. Die Lampensockel sind durchweg normalisierte dreistiftige Swan-Sockel.

Gesandet werden in jeder Fahrtrichtung jeweils die Räder der ersten und dritten Triebachse, u. zw. wird der Sand durch Druckluft vor das Rad geblasen. Die Sander werden elektropneumatisch gesteuert und durch Pedale eingeschaltet, wobei der Stromkreis über eigene Kontakte der Fahrtwender *11* geführt wird; es wird dadurch erreicht, daß entsprechend der Fahrtstellung die Räder richtig Sand erhalten.

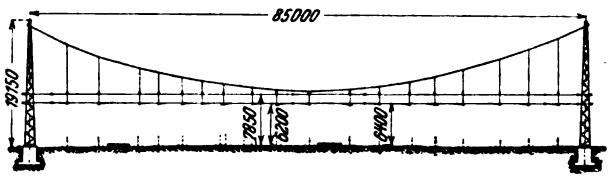


Abb. 30. Querseilaufhängung (AEG).

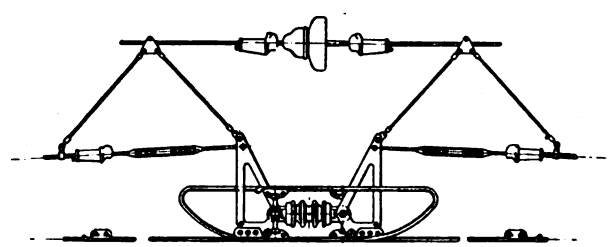


Abb. 31. Normaler Streckentrenner (AEG).

Zur Messung der Fahrdrahtspannung ist in jedem Führertisch ein Voltmeter eingebaut und über einen Spannungsteiler angeschlossen. Damit bei Schadhaftwerden des Spannungsteilers der Übertritt von Hochspannung auf das Instrument verhindert wird, ist eine Durchschlagssicherung vorgesehen. Jede Motorgruppe hat ihr eigenes Amperemeter auf jedem Führertisch, beide zusammen sind an einen Shunt angeschlossen. Die Anfahrströme, Stunden- und Dauerströme sind durch farbige Striche auf

Digitized by Google

der Skala markiert. Für den Hilfsbetriebstromkreis ist ein eigenes Amperemeter vorgesehen, es kann damit der Einschaltstrom der Hilfsmotoren überprüft werden. Ein Kilowattstundenzähler in Kabine 1 registriert die gesamte der Lokomotive zugeführte Arbeit. Die Spannungsspule des Zählers ist an den erwähnten Spannungsteiler angeschlossen und durch eine Durchschlagsicherung geschützt. Der Shunt des Zählers sowie die der Amperemeter liegen in der Erdleitung.

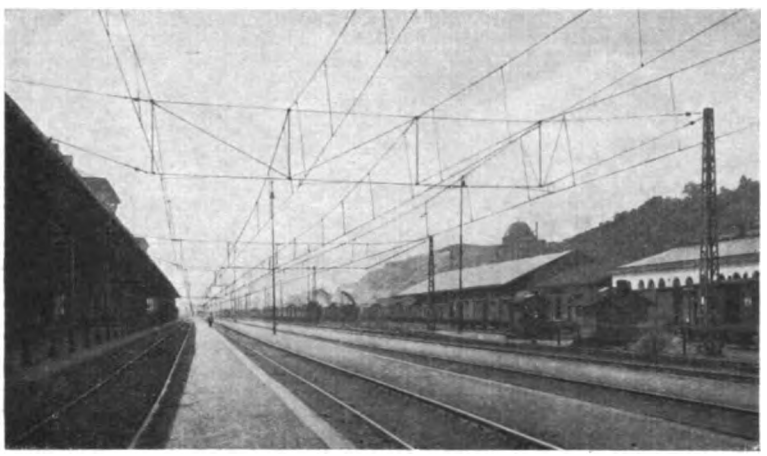


Abb. 32. Fahrleitung der Skodawerke auf den Prager Bahnhöfen.

Die Lokomotiven E 465 00 können miteinander in Vielfachsteuerung arbeiten. Zu diesem Zweck sind folgende Steuerleitungen zu je 2 Kupplungsdosen an der Lokomotivbrust geführt: die Stromkreise der Pantographen, des Hauptschalters, des Fahrschalters zur Steuerung der Wendeschalter und der Hauptschaltwalze, des Kompressors, der Ventilatoren und der Sandung.

5. Lokomotiven der Adamstaler Maschinenfabrik mit Metropolitain-Vickers.

Diese Verschiebelokomotiven, Serie E 423 001 und E 423 002, sind auf zwei Drehgestellen Achsfolge AA + AA aufgebaut; das Gesamtgewicht beträgt 50 t, die höchste Geschwindigkeit 50 km/h. Die Gesamtanordnung zeigt die Abb. 26. Der Achsabstand im Drehgestell ist 2150 mm, der Triebraddurchmesser 1020 mm. Die Übersetzung des festen Zahnradgetriebes zwischen den vier Tatzenlagermotoren und den Triebachsen beträgt 16 : 69. Längs des Lokomotivrahmens führt ein Luftkanal, aus dem die vom Elektroventilator gelieferte Kühlluft auf die vier Motoren verteilt wird, wozu von jedem Motor eine Regelklappe eingebaut ist. Die Handbremse wirkt nur auf das vordere Drehgestell, während die Druckluftbremse beide Drehgestelle und den Zug bremst. Der Geschwindigkeitsmesser ist Bauart Haushälter-Roszny; die Achslager schmiert die Friedmann-Schmierpresse FSA, die von derselben Triebachse wie der Geschwindigkeitsmesser angetrieben wird. Es sind auch Minimax-Löschapparate mit 4 l Inhalt vorhanden. Jeder der vier Motoren hat bei geschwächtem Feld eine Stundenleistung von 250 PS bei 675 V und 742 U/min, wobei durchweg englische Pferdestärken vorausgesetzt sind, die Dauerleistung beträgt 192 PS bei 825 U/min, in allen Fällen bei 42 m³ Luft/min. Die Ankerlager werden mit in Öl tauchender Wollschnur geschmiert. Als Bürsten dient die Marke EGA von Le Carbone. Der Luftspalt ist 4,57 mm und soll bei Lagerabnutzung nicht unter 3,05 mm sinken. In jeder Nut liegen zehn Spulenseiten mit Glimmer und Asbest isoliert, in Firnis getränkt und gepreßt. Es sind Stahldrahtbandagen in zwei Lagen und in Abständen von 50 bis 80 mm verwendet. Die Wickelköpfe sind durch getränkte Tuchhauben geschützt. Die Wendepolspulen bestehen aus Hochkantkupfer mit Glimmer und Asbest zwischen den einzelnen Windungen und Umbandelung der ganzen Spulen. Dagegen sind die Erregerspulen aus Flachkupfer in zwei Teilen gewickelt. Anker und Kommutator sitzen auf besonderen Naben, so daß die Welle ohne weiteres herausgezogen werden kann. Die Schrauben des Kommutators sind nach Erhitzung und Antrieb mit voller Drehzahl endgültig nachgezogen. Die sämtlichen Erregerspulen sind durch kräftige Federn angepreßt. Die Schmiernuten des Stromabnehmers werden mit einer Masse aus 1 Teil Graphit und 1 Teil Princess-Tumal-Fett gefüllt. Hauptschalter und Gruppenschalter betätigt man elektropneumatisch; für den Hauptstrom sind immer zwei Schützen in Reihe. Die Steuerschaltwalze zur Betätigung der elektropneumatischen Schützen mit Spulen für 40 W, 48 V hat 12 Stufen für die Reihenschaltung, dann die Stufen 13 bis 23 für die Parallelschaltung. Auch der Fahrtwender hat elektropneumatische Steuerung. Die Hilfstromkreise zeigt Abb. 29.

6. Fahrleitung.

Wie ich schon in ETZ 1927, S. 1840 mitgeteilt habe, haben sich verschiedene Firmen (AEG, Křižik, Skodawerke, Kolben) in die Fahrleitung[2] mit Kettenaufhängung geteilt: sie ist an einfachen Stützenisolatoren (schwedische Aufhängung) befestigt oder mit Kappenisolatoren von 5 und 8 t Bruchfestigkeit aufgehängt. Auf dem Wilsonbahnhof mit seinen zahlreichen parallelen Gleisen und täglich 274 Zügen wählte die AEG die in Abb. 30 dargestellte Querseilaufhängung. Das Stahlquerseil von 180 mm² ist mit den beiden Richtstahlseilen von 50 mm² aufgehängt an einfachen Hängisolatoren, wie Abb. 31 zeigt, die einen Streckentrenner der AEG mit einem 8 t-Kappenisolator und einem Steatit-Stabisolator darstellt. Am oberen Richtseil hängt das Stahl-Längsdrahtseil von 50 mm² Querschnitt, an dem in Abständen von 6 m mittels Hängedrähten aus 3 mm starkem Bronzedraht mit Tempergußklemmen ein oder zwei parallele Kupferfahrdrähte von je 100 mm² Querschnitt aufgehängt sind. In den Längsfeldern beträgt die Spannweite im Mittel 40 m, und der Fahrdraht wird um ± 40 cm im Zickzack geführt. Die Fahrdrahthöhe beträgt 6,2 m, im Tunnel 5,3 m.

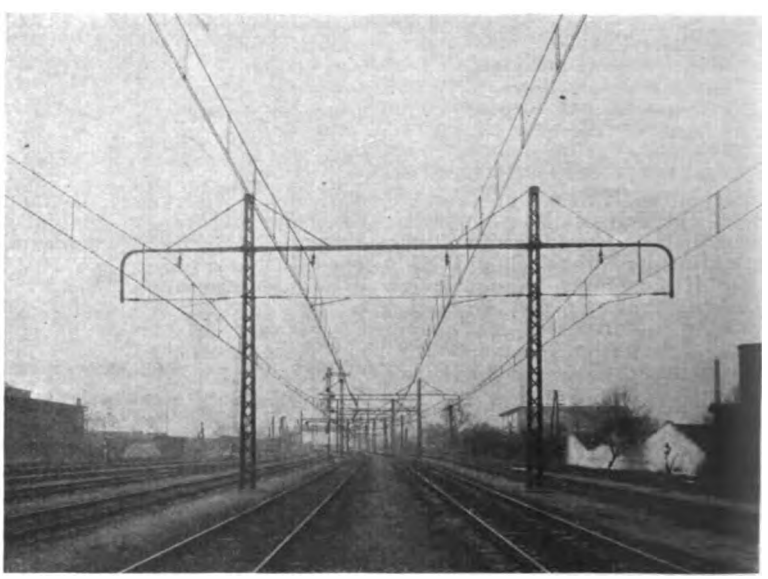


Abb. 33. Fahrleitung der Böhmisch-Mährischen Kolben-Daněk auf den Prager Bahnhöfen.

Der Fahrdraht wird zumeist mit Gewichten nachgespannt, der Bügeldruck steigt bis 15 kg. Die Schienenstöße sind mit kräftigen Schienenverbindern aus Kupfer überbrückt. Abb. 32 und 33 zeigen die Stationsfahrleitung mit Trapezaufhängung der Skodawerke und die Fahrdrahtaufhängung an Portaljochen mit Hängisolatoren der Böhmisch-Mährischen Kolben-Daněk.

Die tschechoslowakischen Staatsbahnen haben auf verschiedenen Strecken, z. B. Karlsbad—Marienbad, und namentlich auf Lokalbahnen Motorwagen mit Antrieb durch Ölmotoren und mechanischer Übertragung auf die Triebachsen eingeführt. Es liegen auch Projekte der

[2] Siehe auch Dr. Bilek in AEG-Mitt. 1929, S. 49, Elektrisierung des Wilsonbahnhofes in Prag.

Digitized by Google

Waggonfabrik Stauding in Mähren vor auf Verschiebelokomotiven sowie zweiachsige und große vierachsige Motorwagen, bei denen die Energie des liegenden Ölmotors mit Hilfe eines elektrischen Zwischengetriebes System Gebus auf die Triebachsen übertragen wird. Eine mit dem Ölmotor direkt gekuppelte Gleichstrom-Nebenschlußmaschine arbeitet ohne Anlaß- oder Regelwiderstände und ohne Schaltaparate außer dem Fahrtwender unmittelbar auf die Triebmotoren; die Fahrtregelung geschieht ausschließlich durch die Einstellung der Brennstoffzufuhr derart, daß in weiten Grenzen die Leistung, das Produkt aus Zugkraft und Geschwindigkeit konstant bleibt.

Weltkraftkonferenz Berlin 1930*.

Wohl selten ist eine internationale Tagung mit solcher Sorgfalt vorbereitet worden, wie die im Juni nach Berlin einberufene Vollsitzung der Weltkraftkonferenz, zu der sich bereits jetzt die Vertreter von 36 Staaten angemeldet haben. Fast alle steuern wertvolle wissenschaftliche Beiträge zu den Fachverhandlungen bei, die sich über 10 Tage erstrecken werden; nicht weniger als 400 Berichte liegen der im Berliner Ingenieurhaus befindlichen Geschäftstelle vor und sind bereits in gedruckter Form als sog. „Konferenz-Vorabzüge" den vielen Tausenden von Interessenten in aller Welt übermittelt worden, damit die Aussprache unter den Fachmännern der verschiedenen Energieversorgungszweige so fruchtbringend wie nur irgend möglich wird. Sämtliche Beiträge sind in übersichtlicher Anordnung zu einem gedruckten Verzeichnis zusammengestellt, das von der genannten Geschäftstelle auf Anfordern kostenlos abgegeben wird, während die Beiträge selbst nur gegen Bezahlung zu beziehen sind.

Bekanntlich kommen die 400 Berichte nicht einzeln zum Vortrag, sondern werden zu insgesamt 34 Generalberichten zusammengefaßt, die von deutschen Referenten — selbstverständlich hervorragenden Vertretern ihres Faches — in deutscher Sprache erstattet werden. Sie sind ebenfalls — u. zw. kostenlos — von der Konferenzleitung erhältlich. Um das Verstehen dieser Generalberichte, vor allem aber der an sie anschließenden mehrsprachig geführten Diskussionen zu erleichtern, wird in den für diese Sitzungen bestimmten Kroll-Festsälen eine besondere, in der vorliegenden Form erstmalig zur Anwendung kommende Sprachenübertragungsanlage eingebaut, die ein gleichzeitiges Abhören jeder Rede in den drei Kongreßsprachen Deutsch, Englisch und Französisch gestattet. Drei derartige Anlagen, die für insgesamt 1000 Besucher eingerichtet sind und demzufolge ebensoviele Umschaltkästen und Kopfhöreranschlüsse an jedem Platz aufweisen, werden im Betrieb sein. In den letzten Monaten war in den Räumen der Geschäftstelle der Weltkraftkonferenz im Ingenieurhaus, Berlin, eine solche Anlage versuchsweise installiert und hat allen Erwartungen bestens entsprochen.

Auch bei den öffentlichen Veranstaltungen der Weltkraftkonferenz ist die internationale Note gewahrt, u. a. ist für den 18. VI. eine „Amerikanische Stunde", für den 20. VI. eine „Italienische Stunde" vorgesehen. Im Verlaufe der ersteren wird nach einer Ansprache des amerikanischen Botschafters Sackett der Direktor des Staatl. Bergbauamts in New York, Dr. N. F. Bain einen Vortrag über „Die Bedeutung der Mineralien in einer von der Kraft abhängigen Welt" halten. Im Anschluß daran wird Edisons berühmter Glühlampenversuch in einem Sprechfilm gezeigt werden.

Wie nicht anders zu erwarten war, ist das Interesse an der Berliner Veranstaltung der Weltkraftkonferenz, der zweiten Volltagung nach sechsjähriger Pause, in allen Ländern überaus rege. Um die wissenschaftliche Arbeit, der die Tagung in erster Linie gewidmet sein soll, nicht zu beeinträchtigen, kann die Kongreßleitung nur eine bestimmte Zahl von Teilnehmern zulassen. Sie empfiehlt daher, Anmeldungen unverzüglich bei der Geschäftstelle, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, vorzunehmen, damit nicht durch einen möglichenfalls erforderlich werdenden vorzeitigen Schluß der Teilnehmerliste zahlreiche Interessenten der Möglichkeit beraubt werden, einer der bedeutsamsten technisch-wissenschaftlichen Veranstaltungen der letzten Jahre beizuwohnen.

* Vgl. ETZ 1930, S. 1, 466.

RUNDSCHAU.

Apparate.

Patronenschußsicherung. — Von der Montana Power Co. ist eine neue Hochspannungssicherung durchgebildet worden, die nach anderen Grundsätzen als bei den bisher üblichen und unzuverlässigen Schmelzsicherungen arbeitet. Die neue Sicherung (Abb. 1) besteht aus einer Röhre von besonders vorbehandeltem Micarta mit geringem Durchmesser und großer Wandstärke. Darin wird mittels einer Reibungsklemme am oberen Ende eine biegsame Kupferlitze festgehalten, deren unteres Ende aus der Röhre hinausgeführt und durch eine Flügelmutter mit der Anschlußklemmee einer Patronenhülse verbunden ist. In dieser befindet sich, von einigen Körnern Schwarzpulver umgeben, ein etwa 19 mm langer, dünner Thermodraht. Das Ganze ist mit Watte ausgestopft und wasserdicht verschlossen. Durch lange praktische Versuche sind die Abmessungen dieser Patrone und ihre Ladung genau festgelegt worden. Bei Überstrom erwärmt sich der Thermodraht und bringt damit das Pulver zur Entzündung. Infolge der Explosion wird der Kupferdraht aus dem Micartarohr herausgerissen, samt der Patronenklemme heftig fortgeschleudert und damit der Stromkreis unterbrochen. Die Abschaltleistung der Sicherung soll auf diese Weise stark vergrößert werden, ohne daß die bekannten Nachteile der gewöhnlichen Ausführung solcher Schmelzsicherungen bei allmählicher Überlastung auftreten. Da nach dem Herausschleudern des Drahtes zwischen dem unteren Ende der Micartaröhre und dem unteren Leitungsanschluß ein freier Luftraum verbleibt, werden auch Zerstörungen der Röhre durch Kriechströme bei unterbrochenem Stromkreis vermieden[1]. Die Patronen sind für Normalstromstärken von 1 ... 50 A gestuft, und bereits mit 40 % Belastung über dem Nennstrom tritt die Sicherung sofort in Tätigkeit. Gewöhnliche Sicherungen, die im allgemeinen erst bei 100 % Überlastung abschmelzen, weisen wegen der damit verbundenen hohen Temperaturen des Schmelzdrahtes erfahrungsgemäß Zerstörungen und Versager auf, wozu bei Spannungen über 40 kV noch Zerstäubung der dünnen Schmelzdrähte infolge der Korona tritt. Bei der neuen Sicherung ist der Thermodraht vollkommen abgeschirmt und damit der Einwirkung der Korona entzogen. Kräftig gehaltene Anschlußklemmen sorgen für rasche Abführung übermäßiger Wärme, so daß ein Ausglühen des Drahtes nicht zu befürchten steht und die Sicherungsstreifen lange Lebensdauer haben. Durch Verwendung von hochohmigen Widerstandslegierungen und kleinen Querschnitten war es möglich, die Drähte bis $^1/_{10}$ A Normalstrom zu bemessen, was besonders für Hochspannungssicherungen wertvoll erscheint. Solche befinden sich für Spannungen von 6 ... 65 kV bereits im Betrieb und sind für höhere Spannungen bis 102 kV in der Entwicklung. Außer zuverlässigerer Wirkung sollen mit den neuen Sicherungen auch beträchtliche Ersparnisse in ihrer Wartung erzielt worden sein. (J. P. Medlin, El. World Bd. 93, S. 383.) *O. N.*

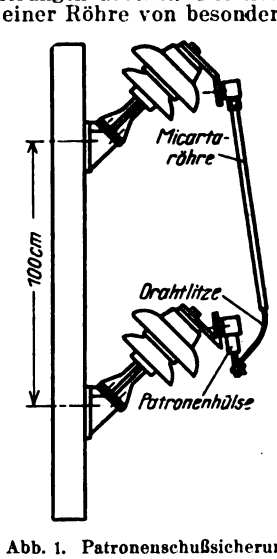


Abb. 1. Patronenschußsicherung der Montana Power Co.

Ballistischer Selbstschalter. Zur Erprobung eines auf ganz neuartiger Grundlage beruhenden Selbstschalters wurden im Kraftwerk Saint-Ouen der Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité mit einem 15 000 kW-Zweiphasengenerator bei 12,5 kV, 42 Hz erfolgreiche Kurzschlußversuche vorgenommen. Der nach H. Pécheur von der Société industrielle des Téléphones gebaute Schalt-

[1] Über Angriffe der Röhre durch den bei der Unterbrechung entstehenden Lichtbogen ist allerdings nichts mitgeteilt. Die Sicherung mit Abbrandhörnern auszurüsten, dürfte zweckmäßig sein. D. Ber.

Digitized by Google

apparat (Abb. 2) besteht aus einer metallenen Flasche *6*, deren Hals durch einen zylindrischen Pfropfen *7* aus Isolierstoff verschlossen ist. Die Enden dieses Pfropfens tragen durch ein Leiterstück verbundene Messinghauben in Form einer Granatspitze. Die obere Haube ist mit der Kondensatorklemme *1* durch einen silbernen Schmelzdraht, die untere mit der Klemme *2* durch ein biegsames Kabel verbunden. Das Ganze ist in einem Stahldeckel *3* befestigt, der auf ein Stahlrohr *5* aufgeschraubt wird, dessen Innenwand mit Isolierstoff ausgekleidet ist. Auch der Boden trägt eine Isolierscheibe, die außerdem durch eine Holzschale zur Dämpfung des vom beweglichen Pfropfen *7* herrührenden Aufpralles geschützt ist; denn bei einem Kurzschluß in dem durch den Schaltapparat zu sichernden Stromkreis schmilzt der Silberdraht, und der durch die Verdampfung seines Metalles in der Flasche entstehende Überdruck schleudert den Pfropfen aus dem Halse. Das Rohr *5* wird bis zum unteren Teil der Schmelzsicherung mit Öl gefüllt, die jedoch selbst in dieses nicht eintaucht. Ein Auspuffrohr *8* dient zur Abführung der im Apparat während des Abschaltvorganges sich bildenden Gase und mitgerissener kleiner Ölmengen. Die Stromunterbrechung findet im Öl statt, indem der zwischen der Flaschenmündung und der oberen metallischen Haube des Pfropfens entstehende Lichtbogen durch die ausströmenden Metalldämpfe heftig fortgeblasen und bei der großen Geschwindigkeit des Pfropfens rasch in die Länge gezogen wird. Da so die Dauer des Lichtbogens nur außerordentlich kurz ist, werden nicht nur Zerstörungen im Innern der Flasche vermieden sondern auch Angriffe des Flaschenmundes durch den Lichtbogen sehr verringert. Selbst nach wiederholtem Abschalten von Kurzschlußströmen zwischen 12 000 und 14 000 A bei 12,3 kV zeigte der untere Rand der Mündung lediglich schwache Lichtbogenspuren. Durch zahlreiche Versuche wurde festgestellt, daß zwischen Druck in der Explosionskammer und Stärke des unterbrochenen Stromes unabhängig von der Betriebspannung und Art des Metalles der Schmelzsicherung Proportionalität besteht. Bei einem Maximalstrom von 10 000 A betrug der Druck 45 kg/cm². Für geringere Ströme als 100 A ist der durch die Erhitzung der Luft bedingte Überdruck nicht mehr gegen den infolge der Verdampfung des Schmelzfadens allein hervorgerufenen zu vernachlässigen, so daß unter dieser Grenze die Proportionalität nicht mehr besteht und der sich ergebende Gesamtdruck langsamer als der Strom abnimmt. Infolge der Steigerung des Druckes mit dem zu unterbrechenden Strom wächst auch die Geschwindigkeit des Pfropfens bei zunehmender Heftigkeit des Kurzschlusses. Da anderseits auch die Lichtbogenlänge sich mit der Stromstärke vergrößert, bleibt die Abschaltzeit (natürlich mit Ausnahme der für das Durchbrennen der Sicherung erforderlichen Zeit) nahezu unveränderlich. Die Vorrichtung wirkt also nicht wie eine gewöhnliche Sicherung, vielmehr übernimmt der Schmelzfaden lediglich die Aufgabe eines für die verschiedenen Stromstärken in genau festgelegten und unveränderlichen Zeiten ansprechenden Relais, die nach Belieben mit dem Durchmesser des Schmelzdrahtes gewählt werden können; nur das bewegliche Organ vollzieht die Abschaltung. Nach jeder Betätigung muß natürlich der bewegliche Pfropfen mit einem neuen Schmelzdraht versehen werden, wobei der Apparat vom Netz zu trennen ist. Er wird daher zweckmäßig nicht am Boden befestigt, sondern auf eine Gleitfläche *9* aus Stahlblech gestellt. Nach Abschrauben des Deckels kann der Einsatz herausgenommen werden, um in kurzer Zeit einen neuen Schmelzdraht einzuführen, wenn es nicht vorgezogen wird, zur rascheren Wiederinbetriebnahme des abgeschalteten Stromkreises nach einem Kurzschluß sofort einen betriebsfähigen Ersatzapparat bereit zu halten. In diesem Falle könnte auch eine selbsttätige Wiedereinschaltung unter Zwischenschaltung eines einfachen Umkehrschalters vorgesehen werden.

Der ballistische Selbstschalter ermöglicht eine Abschaltung der heftigsten Kurzschlüsse in einer halben Periode, was eine achtmal größere Unterbrechungsgeschwindigkeit darstellt, als sie bei gewöhnlichen, mittels Magneten, Auslösern oder Federn betätigten Hochspannungsölschaltern erreicht werden kann, was natürlich im Hinblick auf die Kurzschlußbeanspruchungen der angeschlossenen Maschinen und Netzteile und das Außertrittfallen der Synchrongeneratoren besonders vorteilhaft erscheint. Der neue Schaltapparat wird für einen Überdruck bis 250 kg/cm² ausgeführt und kann daher ohne Explosionsgefahr außerordentlich heftige Kurzschlüsse bewältigen. Der Verfasser gibt Abschaltleistungen eines Apparates über 100 MVA, also für ein Zweiphasennetz mit je einem ballistischen Selbstschalter für jeden Leiter und Phase 400 MVA an. Der Raumbedarf ist dabei, wie aus den in Abb. 2 gegebenen Maßen zu ersehen ist, sehr gering. Durch einfachen Wechsel der Schmelzdrähte kann ein und derselbe Apparat für Anschlußleistungen von 10 ... 5000 kW gebrauchsfähig gemacht werden. Er kommt nicht nur in kleinen Unterwerken mit beschränkten Raumverhältnissen sondern auch als Ergänzungsschalter in solchen Kraft- und Unterwerken in Frage, deren Schalter eine ungenügende Unterbrechungsleistung haben. Im letzteren Falle schlägt der Verfasser vor, ballistische Schalter in Reihe mit den vorhandenen Ölschaltern anzuordnen, denen dann lediglich die Aufgabe zufällt, bei Überlastungen in Tätigkeit zu treten, da die heftigeren Kurzschlüsse in erster Linie von dem ballistischen Schalter unterbrochen werden. Mithin brauchen die üblichen Schalter auch nicht für die volle Kurzschlußleistung bemessen zu sein. Bei einer gegebenen Schaltleistung des vorgeschalteten Ölschalters bestimmen sich die Abmessungen des Schmelzfadens im ballistischen Schalter durch die kritische Stromstärke, bei der beide Schalter gleichzeitig arbeiten würden, d. h. durch den Schnittpunkt der die Stromstärke über der Zeit wiedergebenden Kennlinien beider Schalter. Die Vereinigung des ballistischen Schalters mit einem gewöhnlichen Schalter kann ferner durch eine Vorrichtung ergänzt werden, die eine Auslösung des letzteren bewirkt, nachdem ein oder mehrere Schmelzdrähte im ballistischen Schalter durchgebrannt sind. Der hierbei im Öl auftretende Überdruck wird in diesem Falle dazu ausgenutzt, auf einen Kolben zu wirken, der mit leichter Reibung in einem mit dem unteren Ölraum des ballistischen Schalters kommunizierenden Rohr spielt. Bei der Aufwärtsbewegung löst dieser Kolben einen Fallgewichtshebel aus, der seinerseits einen Relaiskontakt für das Ausschalten des Ölschalters schließt oder mechanisch auf den Auslösemechanismus desselben wirkt. Um die Selektivität mehrerer in aufeinander folgenden Schaltstellen einer Leitung und damit in Reihe liegender ballistischer Schalter zu wahren, müssen die Abmessungen der Schmelzdrähte verschieden stark gewählt werden, u. zw. in dem Sinne, daß deren Durchmesser zum Verbraucher hin abnehmen. Bis 15 kV werden die ballistischen Schalter mit den in Abb. 2 angegebenen Abmessungen ausgeführt. Für höhere Spannungen, u. zw. ab 30 kV, werden für jeden Apparat zwei in Reihe liegende Unterbrechungsstellen vorgesehen, um den entstehenden Lichtbogen im Öl zu unterteilen. Außer bei dem eingangs erwähnten Kraftwerk sind weitere ballistische Schalter bei einer Anzahl französischer Gesellschaften für Elektrizitätslieferung im Gebrauch. (M. Boutin, Rev. Gén. de l'El. Bd. 25, S. 891.) *O. N.*

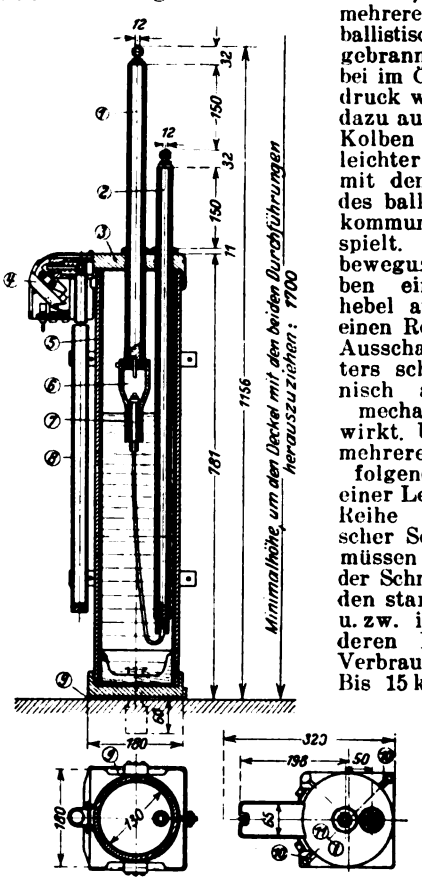


Abb. 2. Ballistischer Selbstschalter für 15 kV, 200 A.

Leitungen.

Theoretische Ermittlung von Nummer, Gewicht und Isolationszunahme von Baumwollgarnen. — Die Numerierung der Baumwollgarne erfolgt bekanntlich nach einem veralteten System unter Zugrundelegung einer Fadenlänge (L) von 840 Yards auf 1 engl. Pfund (lb.) Gehen auf 1 lb. 84 000 Yards, so handelt es sich um Garnstärke $100\left(\frac{84\,000}{840}\right)$; die Nummer ($N$) des Garns ist also $N = \frac{L_y}{840}$, worin L_y die in Yards gemessene Fadenlänge darstellt. Auf deutsche Maß- und Gewichtseinheiten umgerechnet ergeben sich folgende Werte: Lauflänge (L) von 1000 g

Digitized by Google

Garn in Metern $L_m = N\left(\frac{840 \cdot 0{,}9144 \cdot 1000}{453{,}6}\right)$ oder, da der Klammerausdruck konstant ist, $L_m = N \cdot 1693{,}3$ bzw.

$$L_m = L_y\left(\frac{0{,}9144 \cdot 1000}{453{,}6}\right) \text{ oder } L_m = L_y \cdot 2{,}015\,87$$

Das Gewicht (G) für 1000 m in Kilogramm beträgt mithin

$$G_{kg} = \frac{1000}{L_m} \text{ oder } \frac{1000}{N \cdot 1693{,}3}.$$

Ist das Gewicht des Baumwollgarns für 1000 m in Kilogramm bekannt, so ergibt sich die Nummer des Garns aus $N = G_{kg}\left(\frac{453{,}6}{840 \cdot 0{,}9144}\right)$ oder, da die Klammer konstant, $N = \frac{0{,}590\,551}{G_{kg}}$. Umgekehrt errechnet sich das Gewicht von 1000 m in Kilogramm nach $G_{kg} = \frac{0{,}590\,551}{N}$. Es empfiehlt sich, die Konstante 0,59 als besondere Kennmarke auf dem Rechenschieber festzulegen.

Zwei- oder mehrfach gezwirnte Garne ergeben eine um die Anzahl der Zwirnung verminderte Lauflänge. Unter Berücksichtigung eines Zwirnverlustes (Drall) von etwa 2 ... 5 % ändert sich die bereits ermittelte Konstante $c = 0{,}590\,551$ für die Gewichts- und Nummerermittlung in $c = 0{,}590\,551 \cdot 2\,(3) + \text{Drall}$, also in 1.222*1 für Zweifach- bzw. 1,8335 für Dreichfachgarne. Die Lauflänge errechnet sich sinngemäß nach der Formel

$$L_m = \frac{N \cdot 1693{,}33}{2\,(3) + \text{Drall}} \text{ bzw. } L_y = \frac{N \cdot 840}{2\,(3) + \text{Drall}}.$$

Neuere Bestrebungen der Baumwollspinnereien gehen dahin, an Stelle der Garnbezeichnung auf Basis 840 Yards/lb. ein internationales System, das sogen. „metrische Maß" einzuführen, das eine Umrechnung in Nummer, Gewicht oder Lauflänge auf einfachste Art gewährleistet. Das Gewicht von 1000 m Baumwolle Nr. 5 metrisch beträgt hiernach $\frac{1000}{5} = 200$ g. Umgekehrt ergeben $\frac{\text{Fadenlänge}}{\text{Gewicht}}$ die Nummer des Garns.

Zu erwähnen wäre noch die Umrechnung englischer Nummern in metrische Maße sowie metrischer Bezeichnungen in englische Stärken. Auf Grund der eingangs erwähnten Rechenmethode, die für Einfachgarne zur Festlegung der Konstante $c = 0{,}590\,551$ führte, ergeben sich für den Vergleich zwischen metrischer und englischer Bezeichnung folgende Umrechnungsfaktoren:

$$\text{metr. Nummer} = \frac{\text{engl. Nummer}}{0{,}590\,551} \text{ oder engl. Nummer} \cdot 1{,}693\,33$$

$$\text{engl. Nummer} = \frac{\text{metr. Nummer}}{1{,}693\,33} \text{ oder metr. Nummer} \cdot 0{,}590.$$

In der Kabelindustrie wird jedoch noch immer die englische Nummernbezeichnung in Anwendung gebracht.

Die theoretische Dichtigkeitskonstante σ für die Errechnung der Baumwollgewichte beträgt bei gewöhnlicher Bespinnung von Drähten und Litzen erfahrungsgemäß etwa 1,0, bezogen auf die Querschnittsdifferenz (Q) der Drähte zwischen besponnenem und unbesponnenem Zustand, bei Dynamodrähten infolge dichterer Bespinnung etwa 1,1 $\left(\sigma = \frac{\text{prakt. Verbrauch}}{Q}\right)$. Bezeichnet man den Durchmesser des besponnenen Drahtes (über Isolation gemessen) mit D, den des blanken Kupferleiters mit d, so läßt sich das Baumwollgewicht von 1000 lfd. m Dynamodraht nach der Formel $\left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}\right) \cdot \sigma$ leicht ermitteln. Bezeichnet man ferner den soeben errechneten Wert mit ε, das Gewicht des blanken Kupferdrahtes $\left(\frac{\pi d^2}{4} \cdot 8{,}9\right)$ mit δ, so erhält man aus $\frac{\varepsilon}{\delta + \varepsilon}$ den Bedarf an Baumwolle für 1 kg fertig besponnenen Drahtes, den Kupferverbrauch sinngemäß aus $\frac{\delta}{\delta + \varepsilon}$.

Obgleich die Isolationszunahme in erster Linie von der Stärke des Baumwollfadens (Nummer) abhängt, spielen auch die Fadenzahl und die durch letztere bedingte Überlappung eine nicht unerhebliche Rolle. Vorstehend genanntes Rechenverfahren wird hierdurch jedoch keineswegs beeinträchtigt, sofern D und d als praktische Werte angesehen werden können.

Eine weitere Methode, das Baumwollgewicht zu ermitteln, kommt zur Anwendung in Fällen, in denen eine bestimmte Anzahl von Windungen auf eine Drahtlänge von x cm gegeben ist. Scheiden auch in der Regel Dynamodrähte von dieser Maßnahme aus, muß in besonderen Fällen bei Kupferlitzen oder isolierten Drähten gelegentlich diesem Umstand Rechnung getragen werden. Unter Zuhilfenahme eines rechtwinkligen Dreiecks errechnet sich die Fadenlänge für 1 m Draht nach der Formel

$$L = \frac{\sqrt{\left(\frac{D+d}{2} \cdot \pi\right)^2 + s^2}}{s}$$

wobei $\frac{D+d}{2}$ den mittleren Durchmesser, s die Steigung des Spiralganges bedeuten $\left(s = \frac{l}{w}\right)$.

Ein Draht von $d = 1{,}0$ mm ($D = 1{,}12$ mm) mit 10-fädiger Baumwolle bei 90 Umwindungen auf 10 cm besponnen, enthält also eine Gesamtfadenlänge auf 1 km Draht von

$$\frac{\sqrt{(1{,}06\,\pi)^2 + \left(\frac{100}{90}\right)^2}}{1{,}11} \cdot 1000 \cdot 10 \approx 31\,600 \text{ m}.$$

Im allgemeinen können auf diese Weise errechnete Garngewichte bzw. die sich daraus ergebenden Nummern nur als ungefähre Werte angesehen werden, da die einwandfreie Feststellung des mittleren Durchmessers sowie die Anzahl der ausgezählten Windungen sich nicht immer mit absoluter Genauigkeit ermitteln lassen.

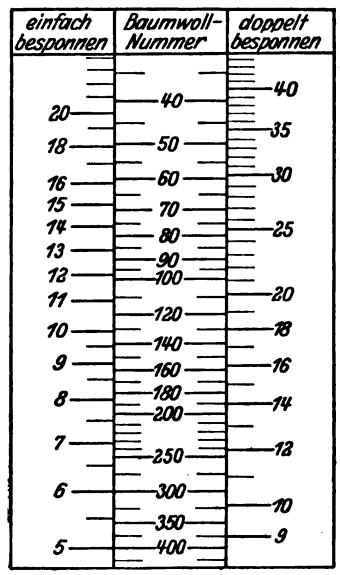


Abb. 3. Bespinnungszunahme in $^1/_{100}$ mm.

Sind auch die jeweils zur Verarbeitung kommende Garnqualität und die zur Erzielung einer einwandfreien, gut deckenden Bespinnung benötigte Fadenzahl in erster Linie Erfahrungssache, lassen sich dennoch Nummer und Isolationszunahme aus der logarithmischen Leitertafel Abb. 3 mit genügender Sicherheit ablesen. Die Tafel läßt sich natürlich nach oben und unten beliebig erweitern, dürfte aber für alle vorkommenden Fälle vollauf genügen.

Für besondere Spinnmaschinen bzw. Sonderbespinnungen empfiehlt sich die Herstellung einer ähnlichen Leitertafel, die sich nach Aufzeichnung einiger Anhaltspunkte (praktische Unterlagen) auf das logarithmische Netz durch einfache Projektion der Abszisse auf die Ordinate leicht herstellen läßt. Die theoretische Ermittlung der Baumvollgewichte und Isolationszunahmen von beklöppelten Fabrikaten sei einer späteren Veröffentlichung vorbehalten.

W. Schindler.

*1 Auf dem Rechenschieber festlegen!

Meßgeräte und Meßverfahren.

Das Hochfrequenz-Ultramikrometer. — Das Ultramikrometer[1] dient zur Messung kleinster Längenänderungen und kann vielseitig Anwendung finden. L. Richtera berichtet über derartige Messungen verschiedener Autoren und über ein von ihm selbst gebautes Demonstrationsmodell. Seine Ausführungen stützen sich vornehmlich auf eine Untersuchung von Whiddington[2]. Letzterer benutzt eine erstmalig von Pungs und Preuner angegebene und zu Messungen verwandte Methode[3], die Schwebungsmethode. Wird der Abstand der Platten eines Kondensators um einen Betrag Δx geändert, so ändert sich die Frequenz f eines Schwingungskreises, in dem der Kondensator liegt, um Δf, und zwar ist $\Delta f = \frac{f}{2} \frac{\Delta x}{x}$. Diese Frequenzänderung des Kreises (Meßkreis) wird leicht meß-

[1] Ein auf einem anderen Prinzip beruhendes Ultramikrometer wurde in der ETZ 1923, S. 294, beschrieben.
[2] K. Whiddington, Phil. Mag. Bd. 40, S. 634.
[3] Pungs u. Preuner, Phys. Z. Bd. 20, S. 543. Ref. in ETZ 1920, S. 398.

Digitized by Google

bar durch Überlagerung der Schwingung eines zweiten Kreises (Normalkreis), der mit einer konstanten, nur wenig von der des Meßkreises verschiedenen Frequenz schwingt und mit dem Meßkreis lose gekoppelt ist. Es entstehen Schwebungen, deren Tonhöhenschwankung schon zur Berechnung der Abstandsänderung benutzt werden kann. Praktisch werden jedoch Meßkreis und Normalkreis auf einen gut hörbaren Schwebungston eingestellt, und dieser wird mit einem von einem Tongenerator erzeugten konstanten Ton derselben Tonhöhe verglichen. Änderungen des Kondensatorplattenabstandes erzeugen dann rein akustisch Schwebungen zwischen dem vom Meß- und Normalkreis gelieferten Schwebungston und dem Ton des Tongenerators; diese Tonänderungen werden zur Messung benutzt.

Whiddington konnte mit dieser Anordnung Längenänderungen von 10^{-8} cm einwandfrei messen und glaubt, die Genauigkeit noch hundertfach steigern zu können. Von Sucksmith[1] wurden Temperaturänderungen von $^1/_{16\,000}$° durch Messung der thermischen Dehnung bestimmt. Weitere Anwendungen finden sich bei der Messung kleinster Kapazitäten[2], Drücke usw., ferner z. B. auch in der Seismometrie. (L. Richtera, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 76.) *Wi.*

Bergbau und Hütte.

Die Flutlichtbeleuchtung im Abbau. — Die ersten Versuche mit den bisher üblichen Glühlichtscheinwerfern auf den oberschlesischen Steinkohlengruben führten zu keinem Erfolg, da eine räumlich gleichmäßige Helligkeit der Abbaukammern nicht zu erreichen war. Erst mit der von den SSW geschaffenen Flutlichtleuchte konnte diese Forderung erfüllt und eine gute Beleuchtung des Abbaues erzielt werden. Die Flutlichtleuchte ist kipp- und schwenkbar ausgeführt, um eine leichte Einstellung zu ermöglichen. Das Stativ ist ausziehbar (Lichtpunkthöhe bis 2,75 m) und zur besseren Standfestigkeit unten mit Spitzen bewehrt. Bei Umstellung kann das Stativ zusammengeklappt und die Leuchte vom Stativ getrennt werden. Die verwendeten Osram-Projektionslampen Form B, 500 ... 1000 W, sind bei den Leuchten durch ein Abschlußglas und ein starkes Drahtgitter geschützt. Das Gehäuse der Leuchte ist innen emailliert und wirkt als Reflektor. Für die Wärmeabführung ist eine Lüftungsklappe vorgesehen. Der fest angebrachte Stecker gestattet einen leichten Anschluß der Leitung. Die Leuchte wiegt etwa 18,5 kg.

Abb. 4. Abbaubeleuchtung durch die Flutlichtleuchte auf einer oberschlesischen Steinkohlengrube.

Durch die große natürliche Streuung der Flutlichtleuchte von 120 ° ist es möglich, große Flächen und große Räume gleichmäßig zu beleuchten (Abb. 4). Bei Verwendung einer 1000 W-Osram-Projektionslampe beträgt die Lichtstärke der Leuchte 5000 HK, während die übliche Azytelenlampe von 10 l/h Gasverbrauch über rd. 10 HK verfügt. In einer Entfernung von etwa 18 m (Länge des Abbaues) beträgt die Beleuchtungsstärke der elektrischen Lampe vorn am Stoß etwa 15 Lux. (Für ähnliche Arbeiten wird nach den Leitsätzen der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft etwa 10 Lux vorgeschrieben.) Eine etwaige Blendung kann durch Verwendung von mattierten Abschlußgläsern vollständig vermieden werden. Eine seitliche Aufstellung der Leuchte ist anzustreben, damit vorn am Stoß keine störenden Schlagschatten auftreten. Durch die bessere Beleuchtung ist eine bessere Arbeitsmöglichkeit erreicht, und es ist mit einer Erhöhung der Förderleistung zu rechnen. Das Aushalten der Zwischenmittel ist leichter, die Reinheit der geförderten Kohle größer. Der Betrieb kann bei der fortschreitenden Mechanisierung besser übersehen und wirtschaftlicher gestaltet werden. Die bergmännischen Gefahren sind geringer.

Neben der Beleuchtung der hohen Abbaue von einem Lichtpunkt aus, also mit der Flutlichtleuchte, wird auch auf den oberschlesichen Steinkohlengruben mit weniger mächtigen Flözen (bis etwa nur 3 m Höhe) mit Vorteil die Flutlichtbeleuchtung durch einzelne Abbauleuchten erreicht. Es handelt sich um hochkerzige Lampen von etwa 150 W, die auf den hohen Stempeln aufgehängt werden. Neben der erreichten gleichmäßigen Helligkeit im Abbau werden durch die hohe Aufhängung Schlagschatten vermieden. (Just, El. i. Bergb. Bd. 4, S. 121.) *Sb.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Elektrisierung der italienischen Bahnen. — Mehrfach wurde über das Fortschreiten der Elektrisierung der italienischen Bahnen[1] berichtet. Nachstehende Zahlentafel zeigt den Stand vom 30. VI. 1929 für die verschiedenen angewandten Stromarten und Frequenzen.

Ab 30. VI. 1929 in Betrieb befindliche elektrische Strecken.

Lfd. Nr.	Strecke	Länge in km
	a) Drehstrom 3600 V, 16,7 Hz.	
1	Monza—Lecco—Sondrio	116,6
2	Colico—Chiavenna	26,3
3	Turin—Allessandria—Ronco—Genua	205
4	Turin—Bussoleno—Modane	104,9
5	Bussoleno—Susa	7,5
6	Savona—Ceva	45,3
7	Sampierdarena—Savona	39,9
8	Turin—Torre Pellice	47,7
9	Bricherasio—Barge	11,7
10	Scali Marittimi di Genua	25,6
11	Raccordi di Turin	6,5
12	Trofarello—Chieri	8,6
13	Alessandria—Tortona—Voghera	38,1
14	Novi—Tortona	20,4
15	Tortona—Arquata—Ronco	36,3
16	Genua—Spezia—Livorno	193,5
17	Bologna—Florenz e raccordi	140,9
18	Genua—Sampierdarena—Ovada—Alessandria	73,7
19	Bozen—Brenner	89,3
	b) Drehstrom 10 000 V, 50 Hz.	
1	Rom—Prenestina—Avezzano	103,0
	c) Gleichstrom 650 V, mit dritter Schiene	
1	Mailand—Varese—Porto Ceresio	72,0
2	Neapel—Pozzuolo—Villa Literno	37,4
	d) Gleichstrom 3000 V, mit Fahrdraht	
1	Foggio—Benevento	101,0
	e) Gleichstrom 800 V, mit Fahrdraht	
1	Brunico—Campo Tures	15,3
2	Trento—Malé (Schmalspur 1 m)	59,6
	Insgesamt	1 626,1

Strecken, für die die Elektrisierung am 30. VI. 1929 im Bau war.

Lfd. Nr.	Strecke	Länge in km
	a) Drehstrom 3600 V, 16,7 Hz.	
1	Cuneo—S. Dalmazzo—Ventimiglia	99,3
2	Savona—Ventimiglia	107,7
3	Spezia—Fornovo	97
	b) Drehstrom 10 000 V, 50 Hz.	
1	Avezzano—Sulmona	68,8
	c) Gleichstrom 3000 V, mit Fahrdraht	
1	Benevento—Neapel	96,8
	d) Einphasenstrom 15 000 V.	
1	Domodossola—Iselle	18,8
	In gesamt	488,4

Für die Elektrisierung am 30. VI. 1929 geplante Strecken:

Lfd. Nr.	Strecke	Länge in km
	a) Gleichstrom 3000 V, mit Fahrdraht	
1	Chiasso—Milano—Voghera	112
2	Triest—Postumia	82
3	Triest—Villa—Opicina	16
4	Triest—B.-Viadotto—Monfalcone—Cervignano	30
5	Monfalcone—Corizia	29
6	Bologna—Florenz (direttissima)	97
7	Rom—Neapel (direttissima)	214
	Insgesamt	580

[1] Sucksmith, Phil. Mag. 1922, S. 223.
[2] S. Fußnote 3 auf S. 717.

[1] ETZ 1923, S. 413; 1927, S. 995.

Digitized by Google

Abb. 5. Übersichtskarte der Elektrisierung italienischer Bahnen.

In der Karte (Abb. 5) sind die einzelnen Linien verzeichnet. Man sieht aus der Karte und den Zahlentafeln, daß über 1600 km bereits fertiggestellt, ungefähr 500 km im Bau und 580 km für die nächste Zeit geplant sind. *Rtz.*

Aluminium bei den elektrischen Vorortbahnwagen der Pennsylvaniabahn. — Um festzustellen, ob sich die mechanischen und physikalischen Eigenschaften von Aluminium und Aluminiumlegierungen im Eisenbahnbetrieb mit der Zeit ändern, hat die Pennsylvaniabahn im Jahre 1926 acht von den bestellten Wagen mit einem Aluminiumoberkasten ausführen lassen. Dabei wurden jedoch die gleichen Zeichnungen verwendet wie für den Bau der ursprünglich erbauten stählernen Wagen. Querschnittsänderungen wurden also nicht vorgenommen und für die Herstellung der Aluminiumteile konnten daher die schon vorhandenen Pressen usw. beibehalten werden.

Während das Gesamtgewicht des ursprünglichen Wagens 56,4 t betrug, war das Gewicht des neuen Wagens mit Aluminiumoberkasten 50,9 t. Die Gewichtsverminderung betrug also 9,45 % des ursprünglichen Gewichtes. Die Verbindung der Teile des Oberkastens wurde nicht durch Schweißen, sondern durch Nietung hergestellt. Das Dach wurde über dem Aluminiumbelag mit Teerpappe bedeckt. Ehe die Wagen gestrichen wurden, wurden die Aluminiumteile mit Sandstrahlgebläse und Stahlbürsten

Digitized by Google

gereinigt, danach mit Terpentin gewaschen und mit einer verdünnten Ammoniaklösung (3 %) abgerieben. Diese Vorbereitung der Oberfläche erschien nötig, um ein Blasigwerden der ersten Farbschicht zu verhindern. Das Streichen der Wagen geschah dann in der gleichen Weise wie bei den Stahlwagen.

An Aluminium gelangten verschiedene Sorten zur Verwendung, je nach der Beanspruchung der daraus zu fertigenden Teile:

1. Reines Aluminium mit der Bezeichnung 2 S von einer Festigkeit von 845 ... 1620 kg/cm² in drei verwendeten Ausführungen verschiedener Härte,
2. Aluminium 3 S mit einem Gehalt von 1,25 % Mg (zur Verhütung der Korrosion), Festigkeit 1055 ... 2040 kg/cm² in drei verwendeten Ausführungen verschiedener Härte,
3. Aluminium 195 HT mit einem Gehalt von 4 % Cu und einer Festigkeit von 2530 ... 3500 kg/cm²,
4. Aluminium 17 ST mit einem Gehalt von rd. 4 % Cu, 5 % Mn und 5 % Mg; dgl. Aluminium 17 SH, Festigkeit rd. 4300 kg/cm².

Eine längere Zahlentafel des Originalaufsatzes führt alle Teile des Oberkastens an, die aus Aluminium gemacht sind, unter gleichzeitiger Angabe der verwendeten Aluminiumsorten. Zu bemerken ist noch, daß Teile aus Aluminium 17 SH warm gepreßt werden.

Die Wagen wurden einem zweijährigen Probebetrieb unterworfen, und alle sechs Monate wurden Proben des Materials geprüft. Dabei zeigte sich, daß die Festigkeit im ersten Jahr langsam etwas abnahm, dann während des zweiten Jahres wieder zunahm und am Ende des zweiten Jahres etwas größer war als ursprünglich. Die Härte nahm im ersten Jahr zu, im zweiten wieder ab und war am Ende etwa so wie zu Beginn. Diese Erkenntnis gilt für die Aluminiumsorten 17 ST und 17 SH. Für die anderen Sorten sind Versuchsergebnisse nicht angeführt. Die Festigkeitsänderungen betragen maximal nur etwa 1,8 %, die Härteänderungen etwa 5,7 %. Diese Änderungen liegen vermutlich in den Grenzen der Meß- und Versuchsanordnungsfehler. (Railway Age Bd. 87, S. 373.) *Kir.*

Fernmeldetechnik.

Sicherung schienengleicher Wegübergänge. — Bei Hauptbahnen mit dichter Zugfolge bilden schienengleiche Straßenkreuzungen in Anbetracht des ständig wachsenden Verkehrs und der Geschwindigkeitsteigerung aller neuzeitlichen Betriebsmittel eine immer größer werdende Gefahr. Die üblichen, durch Menschenhand bedienten Schranken allein können an solchen Kreuzungen bei den heutigen Verkehrsverhältnissen nicht mehr eine genügende Sicherheit bieten, zumal wenn sie nicht weithin erkennbar gekennzeichnet sind. Hierauf abzielend, heißt es denn auch in der seit 1. X. 1928 in Kraft getretenen Eisenbahnbau- und betriebsordnung: „Der Reichsverkehrsminister kann den Ersatz von Schranken durch andere Vorrichtungen zur Sicherung der Wegeübergänge genehmigen." Mit einer dieser „anderen Vorrichtungen" beschäftigt sich eine im Zentralblatt der Bauverwaltung veröffentlichte Abhandlung. Die Quelle hebt mit Recht hervor, daß die vorstehend erwähnten bewachten Schranken an Überwegen die Sicherheit nur vortäuschen. Für die zweckdienliche Kennzeichnung solcher Planübergänge durch Warnungstafeln, für deren Gestaltung und Unterhaltung haben neuerdings einzig und allein die Landesbauverwaltungen im Benehmen mit Sachverständigen des Kraftfahrwesens zu sorgen. Stark belastete Hauptbahnen sollten von Plankreuzungen überhaupt befreit werden und dafür Straßenüberführungen und -unterführungen erhalten. Die angezogene Quelle vermißt, daß die neue BO. nicht auch bindende Bestimmungen über die Anlage von schienenfreien Straßenkreuzungen für bestimmte Verkehrsgrößen und Verkehrsbedeutung von Straßen und Bahnen enthält. Bei neu zu erbauenden Hauptbahnen sollte die Landespolizei nur noch gleisfreie Kreuzungen der Straßen zulassen.

Für schienenfreie Kreuzungen von Straßen mit Neben- und Kleinbahnen hat die Allgemeine Elektroindustrie (Dortmund) eine selbsttätige elektrische Warnungssignalanlage geschaffen. Bevor hierauf näher eingegangen wird, sei auf die verschiedenartigen bisher zur Anwendung gelangten Signale für den Straßenverkehr hingewiesen, die die Quelle auch im Bilde vorführt.

1. An einem Auslegermast, seitlich oder über der Straße, sind Transparente in beliebiger Farbe und Aufschrift aufgehängt.

2. Gleichfalls seitlich oder über der Straße sind pendelnde Scheiben (Pendelausschlag 90°) mit rotem Licht und Aufschrift angebracht.

3. Verwendung drehbarer Signale mit rotem Licht oder von Transparenten, die im Ruhezustand sich in waagerechter und in Warnstellung in aufrechter Lage befinden.

Selbstverständlich können solche Signale auch mit den üblichen amtlichen Warnungstafeln verbunden werden. Bei unübersichtlichen Wegeübergängen sollte man auch noch Straßenvorsignale (etwa als rotes Blinklicht ausgebildet) vorsehen, die vom Hauptwarnsignal um eine einfache Bremslänge und vom Wegübergang um eine doppelte Bremslänge entfernt aufzustellen wären. Akustische Zusatzsignale (Glocken, Hupen, Sirenen) können in jedem Falle mit einer Hörweite von 500 ... 1000 m die Wirksamkeit der Warnungssignale erhöhen. Außerdem kann noch eine Allgemeinbeleuchtung des ganzen Kreuzungspunktes durch Tiefstrahlerlampen erfolgen, die nur beim Befahren des Überweges durch den Zug ein- und ausgeschaltet wird. Zur Überprüfung dieser Signalanlage leuchten dem Zuge grüne Kontrollampen entgegen; hierdurch wird der Zugfahrer unterrichtet, ob die Signalanlage am Kreuzungspunkt vorschriftsmäßig arbeitet.

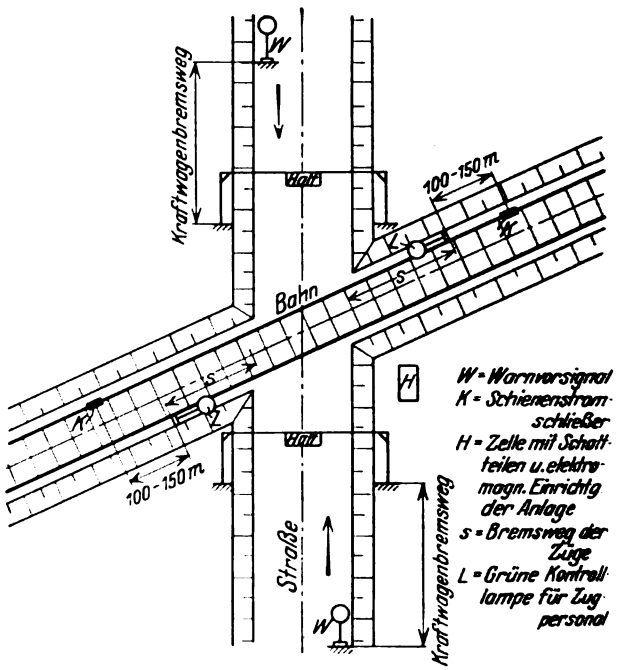


Abb. 6. Gesamtbild eines eingleisigen Planüberganges mit Warnungssignalanlage.

Bei der erwähnten, durch DRP. geschützten, in Abb. 6 gekennzeichneten Warnungssignalanlage geschieht die Ein- und Ausschaltung der Gesamtanlage bei Dampfbahnen völlig selbsttätig durch je einen beiderseits des Überweges eingebauten Schienenkontakt *k*, von dem aus Stromschluß und damit Ein- bzw. Ausschaltung der Anlage durch einen Stößel bewirkt wird, der von dem ersten Spurkranz des vorüberfahrenden Zuges niedergedrückt wird. Ein Relais sorgt dafür, daß der Stößel nur einmal — nämlich von der ersten Achse — niedergedrückt und in der Tieflage so lange festgehalten wird, bis alle Zugachsen darüber hinweggerollt sind. Nach Überfahren des zweiten Schienenkontaktes durch alle Zugachsen wird die Warnungssignalanlage ausgeschaltet. Bei zweigleisigen Bahnen sind selbstverständlich für jede Fahrrichtung zwei Kontakte, im ganzen also vier Kontakte, vorzusehen. Die Entfernung dieser Kontakte vom Überweg ist nach der vom schnellsten Zuge entwickelten Fahrgeschwindigkeit und dem hiervon abhängigen Bremsweg zu bemessen. Die Entfernung zwischen den beiden Schienenkontakten ist gleich der größten Zuglänge. Die Anlage wird mit Gleichstrom von 120 bis 220 V betrieben, der über einen Gleichrichter dem Überlandnetz oder einer Akkumulatorenbatterie entnommen wird. Die Batterie dient vor allem als Pufferbatterie, um im Falle des Ausbleibens des Überlandnetzstromes den Strom für die Anlage zu liefern; sie wird bei regelrechter, in Tätigkeit befindlicher Anlage selbsttätig vom Überlandnetzstrom

Digitized by Google

oder nach Belieben von Hand aufgeladen. Für den Fall, daß die Signalanlage bei gestörtem Überlandnetz nur durch die Batterie in Tätigkeit tritt, leuchten zur Unterrichtung des Zugpersonals außer den bereits erwähnten grünen Kontrollampen *L* solche von weißer Farbe auf.

Bei elektrisch betriebenen Bahnen wird die Ein- und Ausschaltung der Signalanlage mittels 80 ... 100 cm langer in die Fahrleitung eingebauter Lamellen-Schleifkontakte durch den Bahnstrom besorgt. Demzufolge entfallen die beim Dampfbetrieb nötigen Schienenkontakte, Schaltrelais, Gleichrichter und auch die Batterie. Am Warnungsgerät selbst, an den Kontrollampen und Vorsignalen ändert sich nichts.

Bei dieser Gelegenheit sei auf eine erfolgversprechende Maßnahme zur Erhöhung der Verkehrsicherheit an schienengleichen Wegeübergängen hingewiesen, wie sie z. B. letzthin auf der Neubaustrecke Mettmann—Wülfrath der Kreis Mettmanner Straßenbahnen G. m. b. H. durchgeführt worden ist. Hier wurden an allen schienengleichen Wege- und Straßenkreuzungen dreieckförmige Freiflächen vorgesehen[1], die laut grundbuchamtlicher Eintragung nicht bebaut werden dürfen. Die Schenkellänge der Dreiecke ist von Fall zu Fall, je nach der örtlichen Lage, so bemessen, daß die Zugfahrer ebenso wie die Lenker der den Schienenweg kreuzenden Fahrzeuge einander so rechtzeitig bemerken können, daß ihnen ein genügend langer Bremsweg zur Verfügung steht. (Zentralbl. Bauverw. Bd. 48, S. 743.) *W. Mk.*

Optische Zugschlußmeldung. — Das Übertragungsverfahren, welches der optischen Zugbeeinflussung zugrunde liegt, hat neuerdings auch für die Zugschlußmeldung, u. zw. zunächst versuchsweise auf dem Bahnhof Wedel des Reichsbahndirektionsbezirkes Altona Anwendung gefunden. Im Gegensatz zu der Anordnung bei der selbsttätigen Zugbeeinflussung befinden sich Geber und Empfänger, die auch hier örtlich zusammenfallen (elektrische Lichtquelle in Verbindung mit einer lichtempfindlichen Zelle usw.), auf der Strecke, der Reflektor (Raumspiegel) dagegen auf dem Fahrzeug (Abb. 7). Der Reflektor ist mit dem Schlußsignal zusammen angebracht, das bekanntlich an den letzten Wagen des Zuges gehängt wird. Die Einschaltung der Lichtquelle geschieht mittels einer isolierten Schiene, die von dem betreffenden Zuge befahren wird und die sich in einer solchen Entfernung vom Geber befinden muß, daß sie auch bei den am schnellsten fahrenden Zügen ihre volle Leuchtkraft hat, wenn der Schlußwagen mit dem Reflektor an ihr vorbei fährt. Die Belichtung der Zelle verursacht die Lösung einer Tastensperre, worauf die Lichtquelle selbsttätig wieder ausgeschaltet wird. Nachdem für diese Aufgabe nur eine „Qualität" in Betracht kommt, fällt die ganze Anordnung wesentlich einfacher aus als bei der Zugbeeinflussung; zudem können hier auch die Abstände zwischen Geber und Reflektor geringer gewählt werden.

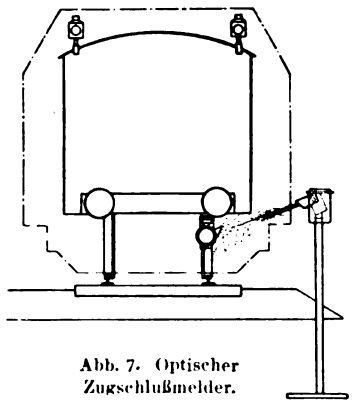


Abb. 7. Optischer Zugschlußmelder.

Als Stromverbrauch werden für verkehrsreiche Strecken bei Benutzung einer Chlormagnesiumbatterie von 16 V Spannung, 402 Ah angegeben. (Hampke, Zg. V. Dt. Eisenb.-Verw. Bd. 69, S. 833.) *Kmr.*

Telephonwesen in Italien. — Das Telephonwesen hat unter der faschistischen Regierung in Italien einen bedeutenden Aufschwung genommen. Im Jahre 1907 übernahm der Staat den Betrieb der Telephonie, der in den Händen einer Anzahl (62) von Privatgesellschaften lag. Nur einige kleinere Telephongesellschaften blieben bestehen. Die damaligen Regierungen verstanden es aber nicht, den Betrieb wesentlich auszubauen. Kurz vor dem Kriege begann man allerdings in Rom mit der Automatisierung. Der Krieg brachte eine Stockung, und nach Friedenschluß waren die Zentralen und Netze vollkommen unzureichend.

Die faschistische Regierung übertrug dann im Jahre 1923 den Ortstelephonbetrieb an fünf Konzessionsgesellschaften, die auf fünf Zonen verteilt waren:

1. die Società Telefonica Interregionale Piemontese e Lombarda (Stipel) mit dem Sitz in Turin, für die erste Zone: Lombardei und Piemonte,
2. die Società Telefonica delle Venezie (Telve) mit dem Sitz in Venedig für die zweite Zone: Venezia, einschließlich der ehemaligen österreichischen Provinzen,
3. die Società Telefoni Italia Medio Orientale (Timo) mit dem Sitz in Bologna für die dritte Zone: Emilia, Marche, Abbruzze,
4. die Società Telefonica Tirrena (Teti) mit dem Sitz in Florenz für die vierte Zone: Ligurien, Toscanien, Lazien einschl. Rom, Sardinien,
5. die Società Esercizi Telefonici (Set) mit dem Sitz in Neapel für die fünfte Zone: Süditalien, einschließlich Sizilien. An dieser Gesellschaft ist „Ericcsson" beteiligt.

Die drei Gesellschaften Stipel, Soc. Telefonica delle Venezie und Timo werden neuerdings durch eine Dachgesellschaft, die Società Industrie Elettrotelefoniche (Siet), Turin, kontrolliert (Aktienkapital 300 Mill Lire).

Nur das interurbane Telephonwesen blieb in den Händen des Staates, aber neuerdings interessieren sich hierfür die Amerikaner. Die Entwicklung drückt sich zahlenmäßig wie folgt aus:

	1922	1929
Teilnehmer	128 900	224 000
Zentralen	439	826
Automatenanschlüsse	7 055	147 000[1]
Freileitungen in km	73 426	97 400
Fernkabel in km	—	1 400
Fernkabel auf Doppelleitungen bezogen in km	—	76 300

Von den Automatenanschlüssen sind etwa 100 000 nach dem Siemens-System ausgeführt. Das Fernkabelnetz ist im Ausbau, da 1925, als nur die Fernkabel Mailand, Genua und Turin bestanden, von der Regierung hierfür etwa 550 Mill Lire bewilligt wurden. Im Herbst 1928 wurde das Fernkabel Rom—Neapel dem Betrieb übergeben. Im Juli dieses Jahres wird das Kabel Rom—Mailand fertig sein, der Anschluß Bologna—Triest ist im Bau. Ferner bestehen Bezirkskabel der Konzessionsgesellschaften, z. B. Mailand—Turin, Mailand—Como, Mailand—Varese, Vercelli—Biella, die von der Stipel als sogenannte „Pontikabel" gebaut wurden. Auch die anderen Konzessionsgesellschaften haben solche Bezirkskabel in Bau, z. B. die Timo ein Kabel Bologna—Ancona, die Teti Kabel Florenz—Pisa—Livorno und Genua—Rapallo. Die Stipel projektierte mit der Soc. Telefonica delle Venezie ein Kabel Mailand—Padua. Letztgenannte Gesellschaft baute ein Kabel vom Brenner nach Bozen.

Der Staat baute ferner Anschlußkabel an das europäische Fernkabelnetz, wie Mailand—Chiasso und Mailand—Simplon. Ferner ist ein Fernkabel von Neapel nach Sizilien und Bari geplant.

Die Regierung beabsichtigt, Sardinien durch ein Telephonkabel mit dem Festlande zu verbinden. Außerdem liefert Marconi für diese Verbindung eine drahtlose Telephonieverbindung, die mit kurzen Wellen ($\lambda = 7$ m) arbeiten soll.

Die Fernkabellinien sind von der Società Italiana Reti Telefoniche Interurbane (Sirti), Mailand, gebaut, an der Siemens & Halske wesentlich beteiligt ist.

Von der Regierung wird lebhaft darauf hingearbeitet, auch den selbsttätigen Landzentralen für kleine und kleinste Ortschaften Verbreitung zu verschaffen.

Augenblicklich entfällt in

Italien	1	Telephon	auf	197	Bewohner
Deutschland	1	„	„	25	„
England	1	„	„	33	„
Frankreich	1	„	„	55	„
Norwegen	1	„	„	16	„
Schweden	1	„	„	13	„

Die Telephongesellschaften suchen auch durch großzügige Aufstellung von Telephonstationen mit Münzkassierern das Telephonwesen zu heben. Insgesamt sind in Italien im privaten Telephonwesen (Ortstelephonie und Bezirkskabel) 1062 Mill Lire in Aktienkapital und Obligationen untergebracht. Davon entfallen auf die Stipel 507, Telve 45, Timo 59, Teti 331 und die Set 120 Mill.

Rautenkrantz.

[1] ETZ 1929, S. 1305, Abb. 11.

[1] Stand 1. IV. 1930: 193 000 Anschlüsse, davon 153 000 System S & H.

Digitized by Google

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Über den magnetischen Flußverlauf an schraubenförmigen Eisenkörpern. — U. Meyer und K. W. Wagner haben Formeln für den magnetischen Flußverlauf an schraubenförmigen Eisenkörpern, insbesondere Krarupleitern, entwickelt[1]. Dabei machten sie die Voraussetzung, daß die Schraube unendlich lang ist. Sie erhalten damit einen schraubenförmigen Verlauf des Flusses in dem Schraubenkörper. A. Mayer läßt nun in seiner Dissertation die Voraussetzung der unendlichen Länge fallen und entwickelt genaue Formeln für einen kurzen schraubenförmigen Eisenkörper. Er nimmt dabei die Leitfähigkeit des Außenraums um die Schraube, durch den sich der im Innern des Eisenkörpers schraubenförmig verlaufende Fluß schließen muß, als gegeben an und kommt damit zu dem Ergebnis, daß die Steigung des Flusses in der Schraube kleiner wird als bei Voraussetzung unendlicher Länge, und daß auch die resultierende Feldstärke in der Schraube eine Komponente in der Richtung der Schraubenachse erhält. Die Steigung der induzierenden Feldstärke ist aber entgegengesetzt gerichtet derjenigen des induzierten Flusses. Weiterhin nehmen auch Feldstärke und Induktion im Außenraum schraubenförmigen Charakter an. Dem Verfasser war es dann noch möglich, seine Formeln für den Fall beliebiger Induzierung der Schraube, d. h. außer der Induzierung durch den axialen Draht noch durch eine über die Schraube geschobene Spule, zu erweitern.

Der durch die theoretischen Überlegungen gefundene Flußverlauf wurde durch eingehende Versuche an mehreren Modellen vollkommen bestätigt. Durch geeignete Anbringung von Prüfspulen und Messung des Flusses durch diese war es möglich, sowohl die Größe als auch die Richtung des Flusses in der Schraube und im Außenraum zu bestimmen. Mit Hilfe der abgeleiteten Formeln untersucht der Verfasser dann noch die Frage nach der Wirksamkeit der Rogowskischen Schraube[2]. Er findet dabei, daß eine Flußverstärkung durch sie wohl möglich ist, praktisch aber keine großen Werte ergibt. Der Grund hierfür ist die verhältnismäßig große Streuung sowie die starke Abnahme der Steigung des Flusses in der Schraube und damit des allein wirksamen Längsflusses bei Vorhandensein einer großen Feldstärke im Schlitz. Bei Berücksichtigung der Streuung ergibt sich, daß es für die Flußverstärkung eine günstigste Umgangszahl geben muß. Auch diese Überlegungen wurden durch Versuche an mehreren Modellen einwandfrei bestätigt. Zum Schluß überträgt der Verfasser die für die magnetischen Verhältnisse geltenden Formeln auf die elektrischen Verhältnisse an Solenoiden und Transformatoren. (A. Mayer, Dr.-Ing.-Dissertation, T. H. Stuttgart 1929.) *Hrn.*

Werkstatt und Baustoffe.

Die Praxis der Isolierölbehandlung und -prüfung in Amerika. — Die Vereinigung der amerikanischen Elektrizitätswerke (National Electric Light Association) hat durch eine Umfrage bei 57 ihrer bedeutendsten Mitgliedswerke Erhebungen darüber angestellt, in welcher Weise die Werke für Lagerung und Behandlung, Überwachung und Prüfung der Isolieröle Sorge tragen, und welche Einrichtungen bzw. Verfahren hierzu gebräuchlich sind. Der ausführliche Bericht über das Ergebnis der Umfrage gibt neben einem allgemeinen Bild über die in der amerikanischen Elektrizitätswerkspraxis übliche Ölbewirtschaftung Aufschluß über eine Reihe von technischen Einzelheiten.

Man gewinnt aus dem Bericht den Eindruck, daß der Amerikaner dem Isolieröl als einem wichtigen Betriebshilfsstoff ganz besondere Beachtung schenkt und ihm daher die sorgsamste Pflege angedeihen läßt. Es wird zwar der Wiederaufbereitung von gebrauchten Ölen zum Zwecke ihrer restlosen Ausnutzung bis an die Grenze ihrer Verwendbarkeit anscheinend keine sonderliche Bedeutung beigemessen; vielmehr scheint das Hauptgewicht in der amerikanischen Praxis darauf gelegt zu werden, durch sorgfältige Auswahl sowie durch weitgehende Überwachung und häufige Reinigung und Auswechselung der Öle die Betriebsicherheit der elektrischen Anlagen auf dem höchstmöglichen Grad zu halten. Zur Erreichung dieses Zweckes geht man sehr großzügig vor. Bezeichnend hierfür ist vor allem, daß sowohl in Kraftwerken als auch in Unterstationen festverlegte Rohrsysteme mit getrennten Leitungen für neues Öl und verschmutztes Öl vorhanden sind, an welche entweder sämtliche ölgefüllten Apparate (Transformatoren und Ölschalter) dauernd fest angeschlossen sind oder doch jederzeit durch die Verwendung von biegsamen Verbindungsstücken angeschlossen werden können. Auf diese Weise ist eine jederzeitige Entleerung bzw. Neufüllung jedes einzelnen Apparates möglich (Abb. 8).

Bei fast allen Werken wird das im Betrieb befindliche Öl in regelmäßigen Zeitabständen auf seinen Zustand kontrolliert. Für Transformatoren werden Zeiträume von 6 ... 9 Monaten angegeben, u. zw. für Freiluft-Transformatoren etwas kürzere als für solche in Innenanlagen. Vielfach wird dabei eine Abstufung nach der Leistung und Spannung vorgenommen; für kleinere Transformatoren bei niedriger Spannung sind längere Zeiträume von 1 Jahr bis zu 5 Jahren üblich. Vereinzelt wird aber auch sogar in noch kürzeren Zeiträumen, bis zu 4 Monaten herunter, der Ölzustand untersucht. Besonders wichtige Schalter erhalten bei jeder Überholung neues Öl. Im übrigen wird vielfach nach jedem schweren Schaltvorgang das Öl eines Ölschalters untersucht.

Örtliche Ölaufbereitungsanlagen sind bei der Mehrzahl der befragten Werke sowohl im Kraftwerk als auch in den Unterstationen vorhanden. Mehr als 50 % der befragten Werke verfügen außerdem noch über zentrale Ölaufbereitungsanlagen. Die Aufbereitung der Betriebsöle beschränkt sich fast ausschließlich auf mechanische Reinigung und Trocknung. Nur vereinzelt wird auch Filterung durch Bleicherde angewendet, jedoch strebt man auch hierbei in erster Linie eine Trocknung, weniger aber eine chemische Reinigung an. Mit Vorliebe werden zur Aufbereitung Filterpressen benutzt, wobei diesen vielfach zur Vorreinigung des Öles noch eine Zentrifuge vorgeschaltet wird. Um die Wirksamkeit des Reinigungsprozesses zu erhöhen, werden die Öle durchweg vorgewärmt. Hierzu bedient man sich vorwiegend der elektrischen Beheizung. Außer den für diese Zwecke vorhandenen stationären Ölerwärmungsvorrichtungen der Öltanks werden — wie es heißt: aus Sicherheitsgründen — auch noch fahrbare elektrische Heizeinrichtungen vorgesehen, die je nach Bedarf in die Ölzuführungsleitungen zu den einzelnen Apparaten eingeschaltet werden können.

Die Leistungsfähigkeit der in ortsfesten Anlagen verwendeten Zentrifugen wird im Durchschnitt zu 2400 l/h, die von Filterpressen mit rd. 3800 l/h angegeben. Für ortsveränderliche Einrichtungen schwankt die Leistungsfähigkeit in sehr weiten Grenzen. Im Durchschnitt soll sie für Zentrifugen etwa 1500 l/h und für Filterpressen etwa 3000 l/h betragen.

Das Wärmetrockenverfahren durch Erhitzen des Öles zum Zwecke der Verdampfung des im Öl enthaltenen Wassers, das in der deutschen Praxis noch vielfach, u. zw. meistens unter Vakuum vorgenommen wird, um eine schädliche Überhitzung des Öles zu vermeiden, scheint kaum angewendet zu werden. Es wird wenigstens in dem Bericht nirgends erwähnt, wogegen mehrfach hervorgehoben wird, daß das Filtern und Schleudern außer zur Reinigung auch zur Trocknung vorgenommen wird. An einer Stelle wird sogar auch die Filterung durch Bleicherde ausdrücklich als Trocknungsverfahren genannt.

Die gesamte bei einem Werk im Betrieb befindliche Menge Transformatorenöl wird im Maximum mit 1800 t für das Kraftwerk und mit 3000 t für eine Unterstation angegeben, für Schalteröl beläuft sie sich auf etwa 1000 t. Der Höchstwert des Fassungsvermögens der Neuöllagereinrichtungen bei einem Werk wird mit 240 t für Transformatorenöl und 140 t für Schalteröl genannt. Im Durchschnitt beträgt der Lagervorrat an Neuöl etwa 5 % der Gesamtmenge des im Betrieb befindlichen Öles. Die Ölmengen, welche im Laufe eines Jahres der Reinigung unterzogen werden, schwanken naturgemäß je nach der Größe des Werkes sehr stark. Als Höchstwerte für ein einzelnes Werk werden Zahlen angeführt, die sich sowohl für Schalter- als auch für Transformatorenöl in der Größenordnung von 240 ... 3500 t bewegen.

Über die Kosten der Ölaufbereitung werden bestimmte Zahlen nicht genannt. Nach Angabe der Berichter sollen die von den einzelnen Werken gemachten Angaben außerordentlich stark voneinander abweichen. Der Grund für diese Abweichungen wird zum Teil darin erblickt, daß Werke, die geringere Filterkosten angeben, ihr Öl vor dem Filtrieren durch die Zentrifuge geben und so in der Lage sind, die nur durch vorgereinigte Öle beanspruchten Filter mehrmals zu brauchen. Daraus wird wieder der Schluß gezogen, daß mit der Verwendung der Zentrifuge zur Vorreinigung doch nennenswerte wirtschaftliche Vorteile verbunden sind, die vor allem in der Ersparnis an Filterpapier zum Ausdruck kommen.

[1] U. Meyer, El. Nachr. Techn. Bd. 1, S. 152. — K. W. Wagner, El. Nachr. Techn. Bd. 1, S. 157.
[2] W. Rogowski, Arch. El. Bd. 4, S. 370.

Digitized by Google

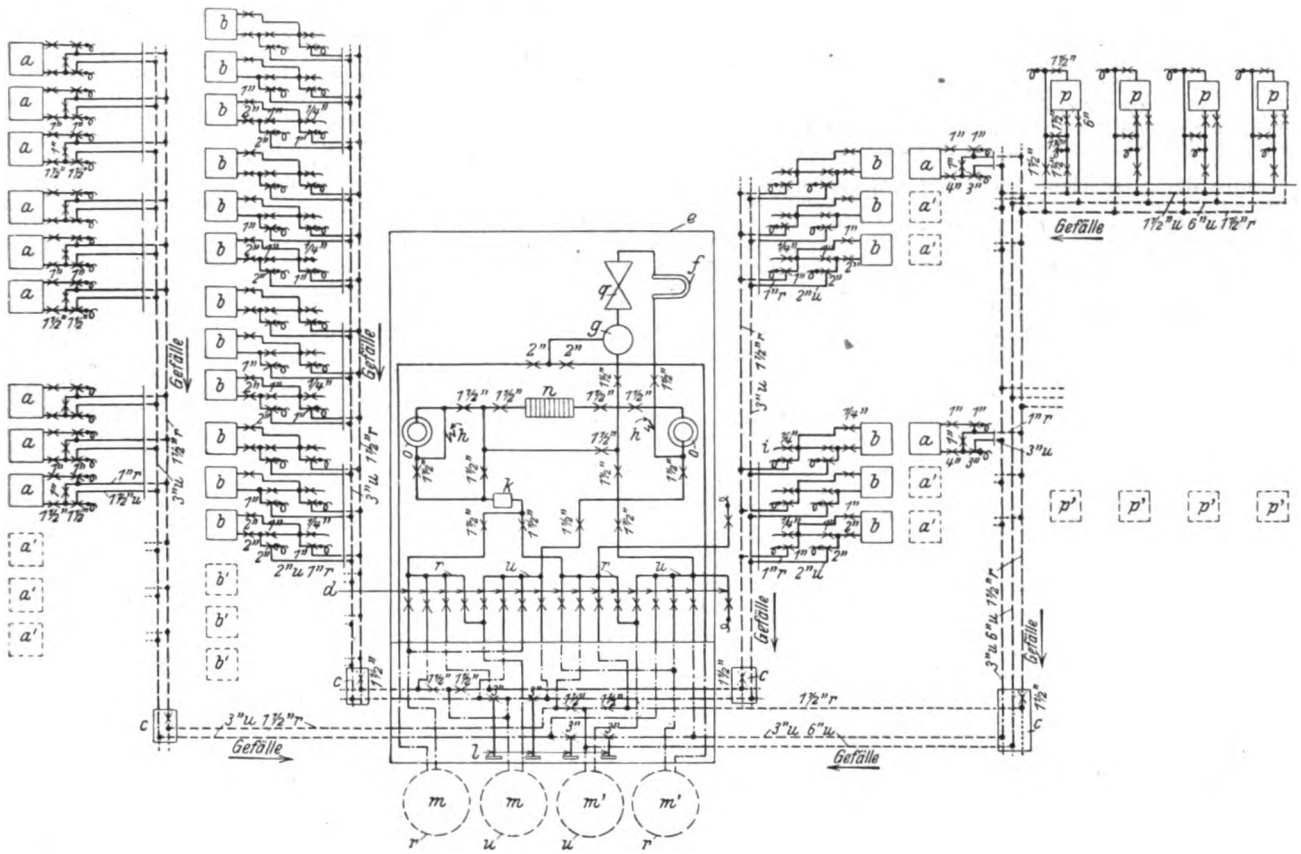
Die Beschaffung von Neuöl überläßt die Mehrzahl der Werke zur Zeit noch den die Apparate liefernden Firmen. Nur wenige der größten Werke haben die Gepflogenheit, direkt bei der Ölraffinerie einzukaufen. Es macht sich aber in zunehmendem Maße das Bestreben geltend, zum direkten Öleinkauf auf Grund eigener Lieferungsbedingungen überzugehen.

Der Zustand, in welchem Neuöl angeliefert wird, wird vielfach als sehr unzulänglich bezeichnet. In Neuölen sollen neben Wasser auch häufig Ausscheidungen festgestellt worden sein, so daß die meisten Werke es sich zur Gewohnheit gemacht haben, angeliefertes Neuöl grundsätzlich durch die Zentrifuge oder die Filterpresse zu geben, bevor es in die Vorratstanks gefüllt wird. Daraus, daß viele Werke ihr Öl von Zwischenverbrauchern beziehen, darf aber nicht geschlossen werden, daß etwa diese Öle unbesehen hingenommen werden; fast alle Werke lassen vielmehr alles eingehende Öl gründlich auf seine Eigenschaften untersuchen, woraus zu entnehmen ist, daß großer Wert darauf gelegt wird, nur wirklich einwandfreies Öl zu verwenden.

Die im Durchschnitt von den Werken für einige der wichtigsten Kenngrößen des Öles gestellten Anforderungen sind in der nachstehenden Zahlentafel aufgeführt:

	Transformatorenöl allgemein	Schalteröl Innenraumanlage	Schalteröl Freiluftanlage
Spez. Gewicht bei 15 °	0,82 ..0,9	0,82...0,9	0,82...0,9
Flammpunkt	130...150°	130...188°	130...180°
Stockpunkt	0...−40°	−4...−40°	−4...−40°
Viskosität (Saybolt bei 37,8 °)	55...65	55...128	55...121
Durchschlagfestigkeit	rd. 80...120 kV cm.		

Aus der Gleichartigkeit der an Transformatoren- und Schalteröl gestellten Mindestanforderungen wird gefolgert, daß man vielfach schon bestrebt ist, das gleiche Öl für beide Zwecke zu verwenden. Annähernd 20 % der befragten Werke benutzen schon jetzt das gleiche Öl für Innenraum- und Freiluftschalter und rd. 40 % das gleiche Öl für die Innenraum- und Freiluft-Transformatoren. Durch den Übergang auf ein Einheitsöl für alle Transformatoren und Schalter würde sich nach Angabe der Werke die Vorratsmenge an Neuöl um 10 ... 50 % reduzieren lassen können. (National Electric Light Association (New York), Serial report of the Electrical Apparatus Committee Nr. 289/48, April 1929.) *Zmn.*



→← Absperrventil ——— oberirdische Leitung ———— unterirdische Leitung
—·—·— unterirdische Leitung in zugänglichem Graben ℧ Anschlußmöglichkeit für Spiralschlauch

a	Spannungswandler	*g*	2″-Überlaufrohr	*n*	Filterpresse
a′	später aufzustellende Spannungswandler	*h*	Hilfsventil	*o*	Ölpumpe
b	Ölschalter	*i*	gebogener Hahn	*p*	Transformator, 18 800 l
c	Ventilgrube	*k*	(Öl-)Messer	*p′*	später aufzustellende Transformatoren
d	1½″-Ventile und -Röhren	*l*	Ventilbetätigungs-Stand	*q*	Zentrifuge
e	Gebäude für die Ölreinigungs-Einrichtungen	*m*	unterirdische Vorratstanks für reines bzw. unreines Öl 17 000 l	*r*	reines Öl
f	Heizvorrichtung	*m′*	dgl. für 23 000 l (Transform.)	*u*	unreines Öl

Abb. 8. Schema der Rohrleitungsverbindungen zwischen den elektrischen Apparaten und der Ölaufbereitungsanlage sowie den Öl-Vorratstanks in einem amerikanischen Kraftwerk.

Energiewirtschaft.

Die Elektrisierung des flachen Landes in Frankreich[1]. — Anfangs 1929 waren in Frankreich von 37 981 Gemeinden 22 419 oder rd. 60 % mit Elektrizität versorgt gegenüber nur 19 % gegen Kriegsende. Zu diesem raschen Fortschritt haben staatliche Subventionen zu den Kosten des ländlichen Elektrizitätsausbaus beigetragen, die sich 1928 auf 180, 1929 auf 200 Mill Fr beliefen und 1930 wahrscheinlich 300 Mill Fr betragen werden. Über diese Summen hat das Landwirtschaftsministerium zu verfügen, das sie an Gemeinden und Gemeindeverbände nach Prüfung der Anforderungen verteilt. Ferner können zu gleichem Zweck von den Gemeinden niedrig verzinsliche Anleihen bei der Caisse du Crédit Agricole aufgenommen werden; für weiteren Finanzierungsbedarf verbleibt noch die Auflegung von Obligationen.

Der amerikanische Konsul D. C. Woods, Paris, berichtet hierzu einige interessante Einzelheiten[2]. 1927 leb-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 275.
[2] Commerce Reports (Wash.) vom 3. III. 1930, S. 600.

Digitized by Google

ten von der französischen Gesamtbevölkerung 21 Millionen oder 53 % auf dem flachen Lande. Der Anteil der Elektrizitätsverbraucher innerhalb der gesamten ländlichen Bevölkerung schwankt in den verschiedenen Gemeinden im Mittel zwischen 10 und 20 %, doch verwenden nur 0.40 bis 3,35 % der Landbevölkerung Elektrizität auch zu motorischen Zwecken. Der Strompreis, der in den einzelnen Gemeinden natürlich starken Schwankungen unterliegt, beträgt für Licht zwischen 23 und 59 Pf, für Kraft zwischen 14 und 42 Pf. Der Strombedarf je Abnehmer beläuft sich i. a. jährlich auf 500 ... 1000 kWh, was einen verhältnismäßig hohen Verbrauch bedeuten würde.

Zur Wahrung gemeinsamer Interessen ist ein großer Teil der ländlichen Gemeinden der Fédération des Collectivités de l'Electrification Rurale angeschlossen, die ihren Sitz in Paris hat. Diese Organisation stellt Muster für Verträge über Elektrizitätslieferung, für Stromtarifberechnung und ähnliches informierendes Material zur Verfügung; sie vertritt ferner die Interessen dieser Gemeinden und Verbände gegenüber dem Parlament, den Behörden und der elektrotechnischen Industrie. *A. Fr.*

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die Preußische Elektrizitäts-AG., Berlin, die 1929 ihre Stromabgabe einschl. 175,609 Mill kWh der Nordwestdeutschen Kraftwerke AG., Hamburg, gegenüber dem Vorjahr von 537,771 auf 646,235 Mill kWh, d. h. um etwas über 20 % steigern konnte, sagt in ihrem Geschäftsbericht: „Unsere Bemühungen, den Produktionsgang von der Erzeugung des Stromes bis zu seiner Abgabe an den Verbraucher in unserem gesamten Versorgungsgebiet einheitlicher zu gestalten, führte zu einigen bemerkenswerten Fortschritten im Aufbau der bisher noch vielfach zersplitterten Stromverteilung. Die noch aus den Anfängen der Überlandversorgung herrührende Organisation der Fortleitung und Abgabe des Stromes durch kleine und kleinste, oft nur als Abrechnungstellen tätige Stromein- und -verkaufsgesellschaften ist heute überholt, da die Wirtschaft die Belastung mit den unproduktiven Kosten dieser häufig noch in mehreren Stufen hintereinander geschalteten Unternehmungen nicht mehr verträgt. Wir bildeten daher durch Zusammenfassung einer größeren Anzahl bisher selbständiger kleinerer Versorgungsbetriebe neue, den Erfordernissen rationeller Betriebsführung auch räumlich angepaßte Verteilungsgruppen, die in Form von Stromversorgungsgesellschaften nicht nur der Höhe der von uns übernommenen Beteiligung nach, sondern auch durch wirtschaftliche Vereinbarungen zur Förderung der gemeinsamen Aufgaben mit unserem Konzern aufs engste verbunden wurden. So entstand im Norden unseres Gebiets aus den von uns käuflich erworbenen Anlagen des Schleswig-Holsteinischen Elektrizitäts-Verbandes durch Vereinigung mit der Schleswig-Holsteinischen Elektrizitätsversorgung G. m. b. H. die Schleswig-Holsteinische Stromversorgungs-AG. mit dem Sitz in Rendsburg. Im Bezirk Hannover gründeten wir die Hannover-Braunschweigische Stromversorgungs-AG. mit dem Sitz in Hannover, die durch Zusammenfassung des von unserer Tochtergesellschaft, der Überlandwerke und Straßenbahnen Hannover AG., losgelösten Überlandwerksbetriebs mit der Überlandwerk Braunschweig G. m. b. H. sowie der Hannoversche Überlandzentrale Nordstemmen AG. und der Elektrizitätswerk Söhlde G. m. b. H. entstanden ist. Unsere Beteiligung an diesen beiden Neugründungen beträgt heute nach erfolgter Aktienabgabe an Kommunalverbände je 74 %. In dem nach Nordwesten vorgeschobenen Teil unseres Versorgungsgebiets gründeten wir zusammen mit der Stadt Leer in Ostfriesland als Ausgangspunkt für eine einheitliche Überlandversorgung dieses Bezirks die Weser-Ems Stromversorgungs-AG. Zur Zusammenfassung des Versorgungsgebiets des städtischen Elektrizitätswerks in Nienburg mit dem des Kreises Nienburg errichteten wir gemeinschaftlich mit der Stadt Nienburg (Weser) die Nienburger Stromversorgungs-AG., die ihrerseits auch noch die Kreisversorgung des Landkreises Stolzenau übernahm. Unsere Beteiligung an den beiden letzteren Gesellschaften beträgt je 50 %. Ferner beteiligten wir uns mit 26 % des Aktienkapitals an der Gründung der Elektrizitäts-AG. Mitteldeutschland in Kassel, durch die der größere Teil der zum Kommunalen Elektro-Zweckverband Mitteldeutschland gehörenden kommunalen Versorgungsbetriebe des Kasseler Bezirks zu einem einheitlichen Unternehmen zusammengeschlossen wurde. Um das Zusammengehen unserer Gesellschaft mit den bisher an der Stromversorgung ihrer Bezirke ausschließlich beteiligten Kommunalverbänden möglichst eng zu gestalten und die Vertretung der örtlichen Interessen auf diesem kommunalwirtschaftlich so bedeutungsvollen Gebiet auch für die Zukunft zu sichern, wurde den Kommunen die Möglichkeit einer Interessenahme an unserer Gesellschaft durch Übernahme von Aktien eingeräumt. Die Verflechtung der Elektrizitäts-AG. Mitteldeutschland mit unserem Unternehmen erfolgte durch Aktienaustausch." Auf Grund eines neuen Abkommens mit der Stadt Frankfurt a. M., nach dem der über die Leistungsfähigkeit der Eigenanlagen letzterer hinausgehende Strombedarf von der Preag gedeckt wird, erwarb diese die Kuxe der Braunkohlengrube Gewerkschaft Friedrich in Hungen und 50 % des Aktienkapitals der Braunkohlen-Schwel-Kraftwerk Hessen-Frankfurt AG. (Hefrag) in Wölfersheim. Zugleich hat sich Frankfurt durch Aktienübernahme in größerem Umfang an der Berichterstatterin beteiligt. Neuerdings sind auch die restliche Hälfte der Hefragaktien sowie verschiedene die Kohlenbasis des Schwelkraftwerks bildende hessische Staatsgruben in den Besitz der Preag übergegangen, die die gesamte Produktion des Gruben- und Schwelbetriebs auf den Wölfersheimer Anlagen zusammenfaßt. Sie hat die Zentrale Borken um 30 000 kW erweitert und die von dieser nach Lehrte führende 220 kV-Leitung in Betrieb genommen, ebenso das Wasserkraftwerk Affoldern; die Arbeiten am Speicherkraftwerk Bringhausen schreiten gut fort. Betriebsüberschuß: 13 002 213 RM (10 525 398 i. V.). Reingewinn: 5 623 395 RM (4 256 973 i. V.). Dividende: 6 % p. r. t. auf nunmehr 125 Mill RM Aktienkapital (5 % auf 80 Mill RM i. V.).

Der Gesamtstromabsatz der Württemb. Landes-Elektrizitäts-AG., Stuttgart, betrug 1929 215,808 Mill kWh, d. s. 21 % mehr als im Vorjahr (178,57 Mill kWh), die Höchstbelastung in der Viertelstunde 59 800 kW (56 000 i. V.), die Benutzungsdauer 3620 h (3200 i. V.). Im März 1929 ging das Elektrizitätswerk Schwenningen in den Besitz der Berichterstatterin über. Diese hat sich an der AG. für deutsche Elektrizitätswirtschaft mit 5 % des Aktienkapitals und als Mitglied einer württembergischen Gruppe, der noch die Stadt Stuttgart, die Neckarwerke AG. und der Bezirksverband Oberschwäbische Elektrizitätswerke angehören, an der gemeinsam mit der Lonza AG., Basel, beschlossenen Gründung einer Gesellschaft zum Ausbau der Rheinstaustufe Koblenz-Waldshut gleichfalls mit 5 % beteiligt. Bemerkenswert war die vielseitige Inanspruchnahme ihrer Anlagen zur Lieferung von Ersatzstrom während der starken Frostperiode des Winters 1928/29. Die Versuche für den betrieblichen Zusammenschluß der 100 kV-Anlagen des Badenwerks, der Berichterstatterin und des Bayernwerks über die 220 km lange 100 kV-Querverbindung Scheibenhardt-Meitingen sind zu einem befriedigenden Abschluß gekommen. Stromübertragung und -verkauf erbrachten 1 702 590 RM (1 105 698 i. V.), sonstige Einnahmen 70 670 RM (33 867 i. V.). Reingewinn: 493 346 RM (337 180 i. V.). Dividende: wieder 6 % auf nunmehr 7,5 Mill RM Aktienkapital.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Im Januar 1930 ist die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke nach den Angaben des Statistischen Reichsamts gegenüber dem gleichen Monat des Vorjahres um 112,9 Mill kWh, d. s. rd. 8 %, und arbeitstäglich um 4,34 Mill kWh gestiegen. Der Anschlußwert der von 103 Werken belieferten gewerblichen Abnehmer zeigt eine Zunahme um 0,268 Mill kW (6 %), ihr Verbrauch eine solche um 4,7 Mill kWh; arbeitstäglich hat sich dieser um 0,18 Mill kWh erhöht. Im Februar 1930 übertraf die Erzeugung die des Parallelmonats von 1929 um 111,3 Mill kWh (9 %) und arbeitstäglich um 4,638 Mill kWh. In beiden Monaten war die arbeitstägliche Produktion nur um 7,8 bzw. 8,9 % größer als zu der entsprechenden Zeit des Vorjahres, in der der Zuwachs aber 17,0 bzw. 18,4 % betragen hatte.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929
I.	26	26	1556,5	1443,6	59,9	55,5	4,6	4,3	544,7	540,0	20,9	20,8	4,6	4,8
II.	24	24	1393,3	1282,0	58,1	53,4	.	4,3	.	499,3	.	20,8	.	4,8

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 620.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 691; 1930, S. 583.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken (EVE) am Dienstag, dem 20. Mai 1930, abends 8 Uhr in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB., Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dr.-Ing. Erich Krohne über das Thema: „Niederspannungsmaschennetze ohne Sicherungen" (mit Lichtbildern und Film).

Inhaltsangabe:

1. Niederspannungsmaschennetze und ihre Beanspruchung im Kurzschluß.
2. Die Kabelausbrennversuche der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke AG.
   a) Versuchsvereinigung,
   b) Versuchsstand im Kraftwerk Oberspree,
   c) Art und Verlauf der Versuche.
3. Ergebnis der Versuche und ihre zukünftige Auswirkung auf den Betrieb mit Maschinennetzen. Amerikanische Erfahrungen.

Gäste willkommen.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß
für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken.
Der Vorsitzende:
Dr. Rehmer.

Ordentliche Sitzung

am 29. April 1930 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend.

Vorsitzender: Ich eröffne die Sitzung und heiße Sie alle willkommen. Seit der letzten ordentlichen Sitzung sind 21 Neuanmeldungen eingegangen; eine Liste liegt hier aus.

In der nächsten ordentlichen Sitzung am 27. Mai wird Herr Dr. Boll von der Firma Brown, Boveri & Cie. einen Vortrag halten über das Thema: „Automatische Leistungsregelung in großen elektrischen Netzen". Sodann wird eine außerordentliche Sitzung am 6. Mai stattfinden, in der mehrere Vorträge über Fernmeldetechnik in Amerika gehalten werden sollen, und zwar wird Herr Ministerialrat Höpfner sprechen über „Neuere Entwicklung von Betrieb und Technik im amerikanischen Fernsprech-Weitverkehr", ferner Herr Oberpostrat Mentz über „Fernsprechbau in den Vereinigten Staaten von Amerika" und Herr Direktor Storch über „Der Fernschreiber als modernes Verkehrsmittel".

In der Fachgruppe für Elektromaschinenbau wird am 13. Mai Herr Dr.-Ing. Rudolf Mayer vortragen über das Thema: „Selbsterregte Schwingungen in Kreisen mit veränderlichen Selbstinduktionen". In der Fachgruppe für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken wird am 20. Mai Herr Dr.-Ing. Krohne über das Thema: „Niederspannungsmaschennetze ohne Sicherungen" sprechen.

Wir kommen nun zum zweiten Gegenstand der Tagesordnung, zu dem Vortrag des Herrn Professor Dr. Philippi über das Thema: „Anforderungen und Fortschritte im Bau elektrischer Fördermaschinen". Ich bitte Herrn Professor Dr. Philippi, das Wort zu nehmen.

(Vortrag folgt.)

Vorsitzender: Meine Herren, wir haben soeben einen hochinteressanten Vortrag gehört, in dem ein hervorragender Fachmann uns Einblick gegeben hat, wie es mit den vielseitigen Mitteln der Elektrotechnik gelungen ist, auch auf dem Gebiete der Lastenförderung im Bergbau nicht nur die Leistungen zu erhöhen, sondern auch den Wirtschaftlichkeitsgrad zu verbessern und, was besonders wichtig ist, die Sicherheit für Leben und Gut der Menschen zu vergrößern. Ihr lebhafter Beifall wird dem Herrn Vortragenden schon den Beweis dafür erbracht haben, wie wertvoll und interessant seine Ausführungen für die Fachgenossen gewesen sind. (Beifall.)

Ich eröffne nunmehr die Diskussion über den Vortrag und bitte um Wortmeldungen.

Vortrag und Besprechung werden demnächst veröffentlicht werden.

Vorsitzender: Wünscht noch jemand das Wort? — Das ist nicht der Fall. Dann habe ich die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Philippi für seine interessanten Ausführungen und für die Mühe, die er sich mit der Darbietung des Vortrags im Interesse der Vereinsgenossen gemacht hat, den herzlichsten Dank des Vereins auszusprechen.

(Lebhafter Beifall.)

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Beckmann, Hermann, Diplom-Ingenieur, Neuwied
Dannenberg, Kurt, cand. ing., Berlin-Schöneberg
Donath, Rudolf, Diplom-Ingenieur, Leipzig C 1
Dropman, Gerhard, Ingenieur, Berlin-Charlottenburg
Ernst, Erich, Ingenieur, Landsberg a. W.
Franz, E., G. m. b. H., Elektroapparate-Fabrik, Berlin NW 87
Heß, Otto, Geschäftsführer d. Deutschen Philips G. m. b. H., Berlin
Hochkirch, Paul, Ingenieur, Berlin W
Holinsky, Carl, Konstrukteur, Berlin
Lich, Willy, Ingenieur, Berlin
Miethe, Gerhard, Gauß-Schüler, Berlin-Charlottenburg
Osol, Jan, Diplom-Ingenieur, z. Z. Berlin
Owtscharoff, Simeon R., Diplom-Ingenieur, Berlin
Schild, Otto, stud. ing., Berlin-Karlshorst
Schlechtweg, Werner, Diplom-Ingenieur, Berlin
Schulz, Günther, Diplom-Ingenieur, Charlottenburg
Schunk, Franz, Diplom-Ingenieur, Berlin
Porrée, Theodor, Ingenieur, Schöneiche
Stips, Heinz, cand. phil., Berlin
Täubert, Carl, Diplom-Ingenieur, Charlottenburg
Werner, August, Diplom-Ingenieur, Berlin W

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Lieferung des „Jahrbuch der Elektrotechnik 1927" von Präsident a. D. Geheimrat Professor Dr. Karl Strecker.

Wir sind in der Lage, den vor kurzem erschienenen Abschlußband 1927 von Streckers „Jahrbuch der Elektrotechnik" zu einem wesentlich ermäßigten Preise abzugeben.

Bestellungen erbitten wir unter Einzahlung von 8,90 RM auf unser Postscheckkonto Berlin 21 312.

Wir machen darauf aufmerksam, daß zum gleichen Preise auch noch einige Exemplare der Jahrbücher 1925 und 1926 bei uns erhältlich sind. Wir empfehlen baldige Bestellung, da der Vorrat nur noch gering ist.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein des Berg. Landes, Elberfeld. 21. V. 1930: Lichtbildervortrag Dr.-Ing. Heinike, „Was erwartet der Betriebsingenieur von den neuzeitlichen Arbeitsmaschinen".

Elektrotechn. Verein in Hamburg. 21. V. 1930, abds. 7½h, Hörsaal 8 der Techn. Staatslehranstalten, Lübecker Tor 24: Vortrag Dr.-Ing. Behne, „Neuerungen in der el. Einrichtung von Kränen".

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 20. V. 1930, abds. 8h, Hörsaal 151 der T. H.: Filmvortrag Dr.-Ing. H. Mül-

Digitized by Google

ler, „Isolatoren unter Einwirkung rasch veränderlicher Spannungen und der durch sie ausgelösten Lichtbogenvorgänge".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Magdeburg. 20. V. 1930, abds. 8¼h, Lichtsaal der Staatl. Ver. Maschinenbauschulen, am Krökentor 1: Lichtbildervortrag Obering. Kumlik, „Die Entwicklung der Außenschaltanlagen in Deutschland und ihre Bewährung im prakt. Betrieb".

Elektrotechn. Verein am Niederrhein, M.-Gladbach. 22. V. 1930, abds. 8¼h, Krefeld, Elektrohaus, Wiedstr. 21: Lichtbildervortrag Obering. Miram, „Auswirkung der Gas- u. Elektrizitätstarife bei Großküchenanlagen unter bes. Berücks. von Elektrogroßküchen" (m. Vorführ.).

Elektrotechn. Gesellschaft zu Nürnberg. 16. V. 1930, abds. 8h, Vortragsaal der SSW: Vortrag Dipl.-Ing. Thurow, „Welchen Einfluß wird die automatische Telephonie auf den Fernverkehr ausüben?"

Pomm. Elektrotechn. Verein Stettin. 16. V. 1930, abds. 8¼h, Konzerthaus Stettin: Filmvortrag Obering. Lehmann, „Herstellung eines Hochspannungseekabels und seine Verlegung in Norwegen".

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 20. V. 1930, abds. 7h, Ingenieurhaus: Vortrag Prof. Dr.-Ing. Meineke, „Die Grundlagen der Fahrzeitberechnung".

Lichttechn. Gesellschaft Karlsruhe. 20. V. 1930, abds. 8h, gr. Hörsaal d. Chem.-Techn. Instituts der T. H. Vortrag Dipl.-Ing. O. Knoll, „Über eine Reflexionsskala für die einfache und rasche Bestimmung von Reflexionsvermögen".

Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 23. V. 1930, nachm. 5½h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. d. Universität, Reichstag-Ufer 7/8: a) Vortrag K. W. F. Kohlrausch, „Über Raman-Effekt und Molekülbau"; b) Vortrag R. Ladenburg und G. Wolfsohn, „Über die Bildung zweiatomiger Hg- und Na-Moleküle und ihren Einfluß auf die Absorption und Dispersion dieser Dämpfe".

Verein deutscher Gießereifachleute, Berlin. 24. u. 25. V. 1930. 20. Hauptversammlung in den Gesellschaftsräumen des Zoologischen Gartens zu Berlin, mit folg. Vorträgen:

1. Prof. Dr.-Ing. B. Osann, „Hochwertiges Gußeisen und eutektisches Gußeisen". 2. Dr.-Ing. F. Roll, „Die Härte von Gußeisen in Abhängigkeit der Temperatur". 3. Obering. G. Stern, „Die Beanspruchung des Menschen in der Gießerei und die praktische Auswertung dieser Erkenntnis im Betriebe". 4. Dr.-Ing. B. Bardenheuer, „Neuere Ergebnisse amerikanischer Forschung über die physikalischen Eigenschaften des Gußeisens". 5. Dr. J. Winschuh, „Gedanken zum Problem einer neuen Werkspolitik". 6. Besichtigung der Eisen- und Zylindergießerei der Otto Jachmann AG. und der Metallgießerei der Siemens-Schuckertwerke AG.

Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin (in Gemeinschaft mit dem Verein deutscher Gießereifachleute, der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde und dem Gesamtverband deutscher Metallgießereien). 26. bis 28. Mai: metallgießereitechnische Hochschulvorträge:

1. Dr. Sterner-Reiner, „Remelted-Aluminium, seine Eigenschaften und Verwendung". 2. Obering. Tillmann, „Nickel in Metallguß". 3. Dr. W. Claus, „Sonderbronzen". 4. Dr. H. Nipper, „Dichte und Gasgehalte verschiedener Aluminium-Gußlegierungen und die Beeinflussung dieser Faktoren durch wechselnde Schmelzbehandlung". 5. Prof. Dr. M. Kurrein, „Trenn- und Nacharbeiten in der Metallgießerei". 6. Prof. Dr. H. Rupp, „Psychotechnik im Gießereiwesen". 7. Ing. P. Weiß, „Messing-Spritzguß". 8. Dr. W. Claus, „Normen und Normung der Nichteisenmetalle und Nichteisenmetall-Legierungen". 9. Prof. Dr. M. Kurrein, „Trenn- und Nacharbeiten in der Metallgießerei II". 10. Prof. Dr. W. Auler, „Kostenlehre in der Optimalkalkulation". 11. Dr. W. Claus, „Dr. Künzels Phosphor-Bronze (Aus der Geschichte der Metallgießerei)".

Teilnehmerkarten sind für Mitglieder der vorgenannten Vereine zum Vorzugspreise von 15 RM durch die Geschäftsstellen dieser Vereine zu beziehen.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Amerikanische Drehstrom-Aufzugsmotoren mit Käfiganker.

Herr SCHÜLER weist in der ETZ 1929, S. 1662 auf amerikanische Aufzugsmotoren mit Käfigankern hin und erwähnt, daß solche technischen Fortschritte der deutschen Elektrotechnik leider verschlossen bleiben. Ich möchte darauf hinweisen, daß die Pöge EAG einen Aufzugsmotor mit Kurzschlußanker nach den Patenten von Prof. RICHTER in Verbindung mit eigenen Verbesserungen baut, der berufen erscheint, einen solchen Fortschritt darzustellen. Der Motor ist bei der diesjährigen Tagung des VDE in einem Referat, betitelt „Spezialkurzschlußanker-Motoren nach Prof. Richter für kurzzeitigen Betrieb", ausführlich beschrieben worden. Dieser Motor besitzt zum Unterschied gegen den Richter-Motor für Dauerbetrieb ebenfalls nur eine einzige Ständerwicklung und kann somit genau so einfach geschaltet werden wie jeder Kurzschlußankermotor. Charakteristisch für den Richter-Aufzugsmotor ist der stark verkürzte Schritt im Anker. Auch dieser Motor kann genau wie der amerikanische mit einer polumschaltbaren Ständerwicklung ausgeführt werden, eine Komplikation, die bei unseren geringen Fahrgeschwindigkeiten und Förderhöhen aber nicht immer nötig sein wird.

Chemnitz, 20. XII. 1929. Dipl.-Ing. Artweger.

Zeitzeichen.

Das auf das Nauener Zeitzeichen folgende Koinzidenzzeichen (vgl. ETZ 1930, S. 253) wird neuerdings in der sogenannten internationalen Form abgegeben. Die 6 Striche von ½ s Dauer werden zu den vollen Minuten abgegeben (Strichanfang stimmt genau mit Minutenanfang überein). Die Zeichenaussendung (Abgabe von Vorsignalen) beginnt bereits um 1 (bzw. 13)h 0m 30,5s mit der Abgabe von Vorzeichen, um eine genaue Einstellung der Empfangsgeräte vor Beginn der 1. Minute zu ermöglichen.

Ferner werden die im Rahmen des Zeitzeichens zur 57. Minute abgegebenen Zeichen — .. — (Buchstabe X) — vgl. schematische Darstellung auf S. 253 — genau im Sekundenrhythmus gegeben. Die einzelnen Wiederholungen des Buchstabens X beginnen zu den Sekunden 0, 7, 14, 21 usw.

Bezüglich der Verbreitung der Zeitzeichen durch die deutschen Rundfunksender ist bedauerlicherweise festzustellen, daß diese — selbst durch den Großsender Königswusterhausen — äußerst unregelmäßig ist. An Sonn- und Feiertagen ist auf das wissenschaftliche Zeitzeichen bei kaum einer Sendegesellschaft Verlaß. Aus diesem Grunde sind alle diejenigen Stellen, welche Wert auf das Zeitzeichen legen müssen, gezwungen, sich einen besonderen Langwellenempfänger zu halten.

Nach Einstellung der Verbreitung des Zeitzeichens durch Nauen auf der Welle 3100 m tönend ist wegen mangelnden Verständnisses der meisten Rundfunkgesellschaften für den hohen Wert der Zeitzeichensendung die regelmäßige Aufnahme des Zeitzeichens tatsächlich sehr erschwert worden.

Zur Zeit beschäftigt sich das Reichspostzentralamt mit einer Nachprüfung der jetzt vorliegenden Verhältnisse. Es ist deshalb zu hoffen, daß durch entsprechende Maßnahmen der beteiligten Stellen in absehbarer Zeit für jeden Interessenten wieder die gleiche Zuverlässigkeit der Zeitzeichensendung gegeben ist wie früher.

Berlin, 23. II. 1930. H. Voigt.

LITERATUR.

Besprechungen.

Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Herausg. durch das Generalsekretariat des VDE. 17. Aufl. Nach dem Stande am 1. I. 1930. Mit zahlr. Abb. u. Taf., XVIII u. 1153 S. in 8°. Verlag Verband Deutscher Elektrotechniker, Berlin 1930. Preis geb. 18 RM, m. Daumenreg. 20,60 RM, f. VDE-Mitgl. geb. 16,20 RM, m. Daumenreg. 18,80 RM.

Die 17. Auflage, die erste im Verlag des VDE erschienene, zeigt eine nennenswerte Zunahme des Umfanges. Neben einer Einleitung über die Organisation und Entwicklung des VDE wird zur Erleichterung der Orientierung ein Verzeichnis der Kurzzeichen von VDE-Bestimmungen und ein solches der Änderungen gegenüber der vorhergehenden Auflage gegeben. Auch das Inhaltsverzeichnis und eine Ausstattung mit Daumenregister zeigen das Bestreben, den wachsenden Umfang nicht unübersichtlich werden zu lassen. Umfaßt doch allein das sehr gewissenhaft bearbeitete Sachregister 70 Seiten. Obgleich kaum ein Benutzer an allen Vorschriften Interesse hat, ist die Zusammenfassung aller gültigen Bestimmun-

Digitized by Google

gen in einem Band auch weiterhin erwünscht, denn ein Nachschlagewerk, das nur zum Bürogebrauch gedacht ist, darf auch einen großen räumlichen Umfang haben und eine gewisse Einarbeitung beim Gebrauch voraussetzen. Dagegen erscheint die Reihenfolge der Vorschriften und die Zusammenfassung zu Gruppen noch verbesserungsfähig. Sehr zu begrüßen ist die Übersicht über die DIN-VDE-Normblätter und DIN-Taschenbücher, die heute schon einen wesentlichen Teil der Festsetzungen des VDE enthalten. Das in vorzüglicher Ausstattung herausgegebene Buch gibt ein würdiges Abbild der Bedeutung des VDE und seiner Arbeiten. Zaudy.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. Geiger u. K. Scheel. Bd. 4: Allgemeine Grundlagen der Physik. Redig. v. H. Thirring. Mit 98 Abb. u. 1 Taf., XI u. 667 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh 60 RM, geb. 62,80 RM.

Das große, von H. Geiger und K. Scheel herausgegebene „Handbuch der Physik" liegt nunmehr abgeschlossen vor. Die „Allgemeinen Grundlagen der Physik", welche der IV. Band enthält, nehmen im Aufbau des Gesamtwerkes eine zentrale Stellung ein. Hatten die drei ersten Bände — Geschichte, Elementare Einheiten, Mathematische Hilfsmittel — Entstehung und Handwerkszeug der Physik dargestellt, so kommt im IV. Bande gewissermaßen die Physik selbst an die Reihe und soll zunächst in ihren allgemeinen Grundlinien entwickelt werden. Es sei vorweggenommen, daß die hierzu vereinigten Beiträge fast durchweg als ausgezeichnete wissenschaftliche Leistungen zu bewerten sind. Dem Umfang und der Anordnung dieser Beiträge wird man dagegen nicht überall voll zustimmen können.

Der Band wird durch die klaren Ausführungen über „Ziele und Wege der physikalischen Erkenntnis" von H. Reichenbach eingeleitet (80 Seiten). Hierauf folgt die Behandlung der makroskopischen Feldphysik durch H. Thirring unter der Überschrift „Begriffssystem und Grundgesetze der Feldphysik" (97 Seiten); dieser Beitrag, der sich bis auf die Relativitätstheorie erstreckt, wird dem eigentlichen Ziel des Bandes nach Anlage und Umfang wohl am glücklichsten gerecht. Hierauf scheint jedoch die logische Disposition des Bandes unterbrochen. Die „Allgemeine Relativitätstheorie", durch G. Beck dargestellt (109 Seiten), welche erst als viertes Kapitel gereiht ist, würde hier konsequenterweise anzuschließen haben, denn sie „stellt den jüngsten Zweig der Feldphysik dar" (S. 299); die Darstellung dieses Kapitels ist wohl deswegen bedeutend ausführlicher angelegt, weil der Gegenstand im Handbuch weiterhin nicht mehr zur Behandlung gelangt. Mit den beiden Beiträgen über Feldphysik ist ein Großteil der makroskopischen Physik abgehandelt, es fehlt noch eine Würdigung der Wärmelehre. Leider wird man eine Erwähnung der Thermodynamik, dieses methodisch eigenartigsten Gebietes der makroskopischen Physik, im vorliegenden Bande vergebens suchen. Nicht minder bedauerlich erscheint es uns, daß auf eine selbständige Kennzeichnung und Rechtfertigung der Atomistik, insbesondere auch ihrer Stellung zur Kontinuumphysik, völlig verzichtet worden ist. Die „Prinzipien der Statistik", von R. Fürth (3. Kapitel, 122 Seiten) sind an sich trefflich dargestellt und im „Grundlagen"bande wohl am Platze; sie sind jedoch weder dazu bestimmt noch geeignet, die beiden erwähnten Lücken auszufüllen. Sehr begrüßenswert ist, daß Fürth die Ansätze und Ergebnisse der neueren Quantenmechanik mitverarbeitet hat, wenngleich eine besondere Behandlung dieses Gebietes von E. Guth, „Entwicklung und Grundlagen der Quantenphysik" (170 Seiten) erst an späterer Stelle (5. Kapitel) geboten wird. Mit dem bewundernswerten Beitrag über „Quantentheorie" von W. Pauli im XXIII. Bande des Handbuches (1926) kann sich dieses Kapitel nicht messen — hierzu hätte nur die Hand eines Mitschöpfers der Quantentheorie ausgereicht; die Darstellung ist jedoch im wesentlichen gut und wird schon deshalb begrüßt werden, weil sie auch die neuesten Ergebnisse mitumfaßt. — Die bisherigen Kapitel sind ausschließlich theoretischer Natur, so daß der Band richtiger als Zusammenfassung allgemeiner Grundlagen der theoretischen Physik bezeichnet worden wäre. Allgemeines zu den Grundlagen der experimentellen Physik oder nach allgemeinen Gesichtspunkten gegliedertes Tatsachenmaterial bleibt in den bisherigen Kapiteln unberücksichtigt. Hier setzt wenigstens für die außerirdische Physik das Schlußkapitel des Bandes ein, „Der Bau des Kosmos" von W. E. Bernheimer (81 Seiten), das die empirische Kenntnis des Sternsystems vermittelt.

Der vorliegende Band befriedigt somit nicht alle Wünsche, zu denen seine Überschrift berechtigen könnte. Immerhin wird ihn jeder Besitzer des Handbuches gern und dankbar als Krönung des Werkes entgegennehmen. Besonders warm empfohlen sei er aber jenen, die das Gesamtwerk nicht besitzen. Sie finden darin eine knappe Darstellung der älteren und eine genügend ausführliche Behandlung der modernen und modernsten Physik, insbesondere jener Gebiete, die vom größten aktuellen Interesse sind. A. Smekal.

Mitteilungen aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt. Bd. 12. Mit zahlr. Textabb. u. III, 286 S. in 4°. Preis geh. 12 RM. — Bd. 13. Mit zahlr. Abb. u. III, 313 S. in 4°. Preis geh. 12 RM. — Bd. 14. Mit zahlr. Abb. u. III, 320 S. in 4°. Preis geh. 12 RM. Verlag von J. Springer, Berlin 1927/29.

Unsere Erwartung, der wir beim Erscheinen des IX. und XI. Bandes dieser Mitteilungen (siehe ETZ 1927, S. 710) Ausdruck gaben, hat sich erfüllt. Mit dem jetzt erschienenen XIV. Bande der „Mitteilungen aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt" liegen binnen zweier Jahre 3 aufeinanderfolgende Bände vor. Wie ihre Vorgänger umfassen sie die wichtigen Arbeiten von Angehörigen des Telegraphentechnischen Reichsamts bzw. des Reichspostzentralamts, wie es seit 1. IV. 1928 heißt. Der XII. Band umfaßt die Zeit vom Ende des Jahres 1925 bis Anfang 1927; er enthält, wie auch die anderen Bände, eine Anzahl Aufsätze aus den verschiedensten Gebieten der Nachrichtentechnik. Der anschließende XIII. Band ist aus 32 Arbeiten zusammengestellt, die bis Anfang des Jahres 1928 erschienen sind. Der jetzt erschienene XIV. Band schließt im Oktober 1929 ab und bringt 39 verschiedene Aufsätze. Wenn diese Bände auch nur Sammelbände sind und Arbeiten enthalten, die in den genannten Zeiträumen bereits in den verschiedensten Fachzeitschriften erschienen sind, so liegt doch gerade in der Zusammenfassung ihr Wert. Sie geben einerseits einen guten Überblick über die bei der technischen Zentralstelle der Deutschen Reichspost, die naturgemäß an der Entwicklung der Nachrichtentechnik einen nicht geringen Anteil hat, behandelten Probleme und damit anderseits ein Bild der Entwicklung ohne die mühsame Arbeit des Suchens in den verschiedensten Fachzeitschriften.

Diese Bände dürften nicht nur dem Fernmeldetechniker, sondern jedem, der sich mit den Vorgängen auf Leitungen beschäftigt, und vielen technischen Physikern sehr willkommen sein. Moench.

Neue Zeitschriften.

Der Bautenschutz. (Sonderbeilage der Zeitschrift „Beton u. Eisen", Berlin) Jahrg. 1, H. 1 vom 20. III. 1930. Jährlich 12 Hefte, 8°. Preis 8 RM, für Bezieher v. Beton u. Eisen 6 RM. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

[Die neue Zeitschrift soll dazu dienen, über die Baustoffe mehr Kenntnisse zu verbreiten. Sie soll durch eine Zusammenfassung der einschlägigen Erörterungen und Mitteilungen der Praxis nach Möglichkeit den Verlusten vorbeugen, die durch schädliche Einwirkungen aller Art sowie durch fehlerhafte Maßnahmen bei der Bauausführung entstehen.]

Sonderheft der ETZ zur Weltkraftkonferenz
Heft 24 vom 12. Juni 1930
Schluß der Anzeigenannahme am 20. Mai

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Die in der folgenden Übersicht zusammengestellten Werte des englischen Außenhandels im ersten Vierteljahr 1930 weisen für die einzelnen Monate im Vergleich zu der gleichen Periode des Vorjahres eine Steigerung des Imports beider Erzeugnisgruppen wie auch des Exports auf, der nur, soweit er Maschinen betraf, im Januar etwas zurückgegangen ist. Im ganzen ergibt sich für die Einfuhr ein Zuwachs um 822 400 £ (49 %). Wesentlich gestiegen ist diese u. a. bei nicht mit Gummi isoliertem Leitungsmaterial für Starkstrom, Glühlampen, Zählern und elektrischen Instrumenten mit Ausnahme derjenigen für Telegraphie und Telephonie, während sich der Wert der importierten Schwachstromapparate (ohne Funkröhren) merklich verringert hat. Letzteres bezieht sich bei der Ausfuhr auch auf Bahnmotoren und Schwachstrominstrumente, dagegen zeigt der Export von anderen Motoren, Generatoren usw., des oben genannten Leitungsmaterials, von Schwachstromleitungen, Bogenlampen und nicht näher bezeichneten Waren eine erhebliche Zunahme. Im ganzen war die Ausfuhr um 554 051 £ (12 %) größer als im 1. Quartal 1929 und betrug an elektrischen Maschinen nach Europa 346 955 £, d. s. 66 060 £ mehr als in der gleichen Zeit des Vorjahres (280 895 £). Gestiegen sind auch die Verschiffungen von Maschinen nach Südamerika und Südafrika, während sie nach Britisch-Indien mit 311 940 £ gegenüber 422 477 £ in der Parallelzeit von 1929 einen Rückgang um 110 537 £ aufweisen, u. zw. im März zugunsten von Australien. Japan ist während der drei Monate als Abnehmer beträchtlich zurückgetreten, Kanada neuerdings wieder mehr zur Geltung gekommen. Der Überschuß des Exports betrug am Ende der Berichtszeit 2 502 073 £ (2 770 422 £ i. V.).

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1930	1929	1930	1929
		Januar		
Maschinen	178 351	156 654	578 445	663 439
Waren u. Apparate .	743 877	441 441	1 166 606	950 862
	922 228	598 095	1 745 051	1 614 301
		Februar		
Maschinen	152 902	120 780	584 694	511 777
Waren u. Apparate .	643 026	388 036	1 070 670	950 588
	795 928	508 816	1 655 364	1 462 365
		Januar/Februar		
Maschinen	331 253	277 434	1 163 139	1 175 216
Waren u. Apparate .	1 386 903	829 477	2 237 276	1 901 450
	1 718 156	1 106 911	3 400 415	3 076 666
		März		
Maschinen	159 452	149 803	571 647	486 255
Waren u. Apparate .	623 727	422 221	1 031 346	886 436
	783 179	572 024	1 602 993	1 372 691
		Januar/März		
Maschinen	490 705	427 237	1 734 786	1 661 471
Waren u. Apparate .	2 010 630	1 251 698	3 268 622	2 787 886
	2 501 335	1 678 935	5 003 408	4 449 357

Metallpreise im 1. Vierteljahr 1930. — Die Metallmärkte lagen im 1. Vierteljahr 1930 durchweg außerordentlich schwach. Wie Abb. 1 zeigt, erfolgte insbesondere bei Blei und Zink Mitte Februar ein neuer, starker Rückgang. Alle Preisbewegungen in den Monaten Januar bis März treten jedoch in ihrer Bedeutung hinter den Preissturz für Kupfer vom 15. IV. zurück. An diesem Tage setzte das Kupferkartell seinen genau ein Jahr lang auf der Höhe von 18,30 cts/lb gehaltenen Preis auf 14,30 cts/lb cif europäischer Häfen herab. Diese Verringerung erfolgte insofern überraschend, als Mitteilungen über die Absicht, die Preise zu senken, vorher nicht bekannt geworden waren. Die Entwicklung am Kupfermarkt hatte nun allerdings schon seit langem eine Preisherabsetzung nicht nur als begründet, sondern auch als wirtschaftlich geboten erscheinen lassen. Die amerikanischen Vorräte betrugen Ende März rd. 523 000 tons; sie waren also im Verlauf von drei Monaten um rd. 83 000 tons und die von Raffinadekupfer — vorher ungefähr ein Drittel der Gesamtvorräte — Ende März auf etwa die Hälfte der gesamten Kupfervorräte gestiegen. Diese Entwicklung vollzog sich, obwohl die Produktion von Raffinadekupfer in den Monaten Januar bis März mit arbeitstäglich rd. 4230 tons um täglich rd. 730 tons niedriger lag als im Durchschnitt von 1929. Der seit Mitte des vorigen Jahres feststellbare starke Rückgang im Kupferverbrauch der Welt hat bis in die letzte Zeit angehalten; eine Belebung des Marktes durch stärkeres Auftreten des Konsums ist nach der gegenwärtigen Situation nicht zu erwarten. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse am Bleimarkt, wo trotz rückläufiger Erzeugung die Vorräte wachsen. Die Vereinbarungen der Großproduzenten am Europamarkt haben das weitere Sinken der Preise nicht verhindern können. Für Zink wurde sogar

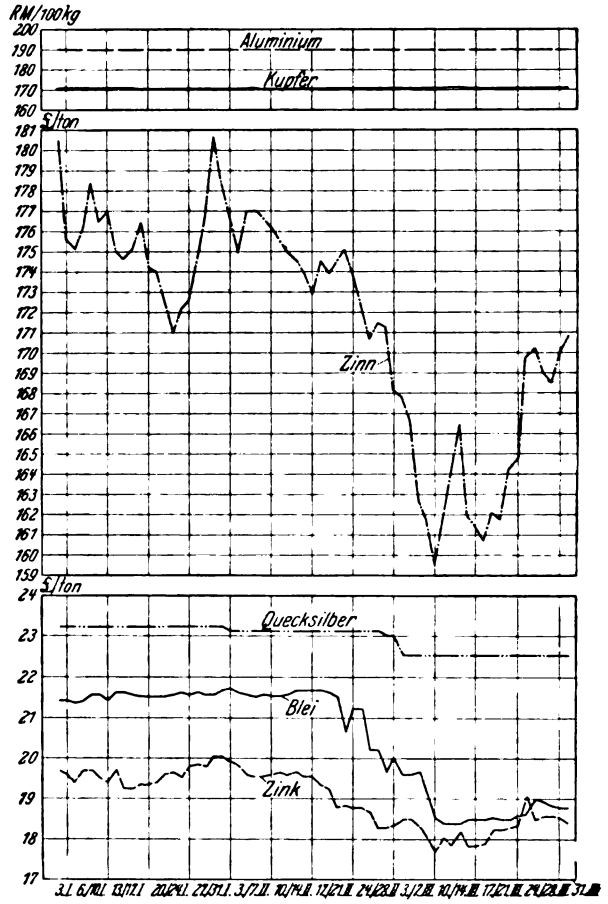


Abb. 1. Metallpreise im 1. Vierteljahr 1930.
Aluminium: 98/99 %, Blöcke und Barren — Elektrolytkupfer: Delnotiz Berlin — Zinn: per Kasse — Zink: nahe Sichten — Blei: nahe Sichten — Quecksilber: in £/Flasche zu 70/80 lbs.

der niedrigste Preis seit dem Jahr 1902 erreicht. Vereinbarungen über die Neubildung eines internationalen Zinkkartells konnten nicht zustandekommen. Die Zinnproduzenten haben sich zu einer Einschränkung ihrer Gewinnung, nachdem eine Einigung zwischen den englischen und holländischen Erzeugern zustandegekommen war, entschlossen. Es ergibt sich also für alle Metalle ein starkes Zurückbleiben des Verbrauchs hinter der Produktion, die bis zu Anfang des Jahres 1929 unter dem Eindruck der amerikanischen Metallhausse so stark erweitert worden war. Die Preisentwicklung im Vergleich zur Vorkriegszeit zeigt folgende Übersicht:

Preisindexziffer der Metallwirtschaft.

1909/13 = 100 Gesamtindexziffer	Januar 119,4	Februar 118,7	März 116,4	23. IV. 99,2
Kupfer	127,6	127,7	127,7	98,8
Blei	137,2	133,6	119,4	113,3
Zink	81,1	79,3	77,0	71,9
Zinn	96,4	95,8	90,5	87,9
Aluminium	132,0	132,0	132,0	132,0
Nickel	107,7	107,7	107,7	107,7

Die Preise für Kupfer, Zink und Zinn liegen also bereits unter dem Friedensstand. *Hg.*

[1] Nach El. Review. Vgl. ETZ 1929, S. 735; 1930, S. 448.

Abschluß des Heftes: 11. Mai 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Relais für selbsttätige Schaltanlagen.

Mitteilung der AEG.

Die schnelle Entwicklung der selbsttätigen Schaltanlagen in den letzten Jahren bedingte die Ausbildung einer größeren Zahl von Sonderrelais für die verschiedensten Zwecke. Es wurden sowohl in mechanischer als auch in elektrischer Hinsicht neue Aufgaben an die Relaistechnik gestellt, und es zeigte sich, daß bei Verwendung von Sonderrelais eine ganze Reihe von Schaltungen vereinfacht und die Zahl der für eine bestimmte Anlage benötigten Relais verringert werden konnte. Nachstehend wird ein Teil der in selbsttätigen Schaltanlagen bewährten Relais-Bauarten der AEG behandelt, wobei aber Schwachstrom-Fernsteuer-Relais, Schutzrelais, Schnellregler sowie Relais zur selbsttätigen Synchronisierung nicht berücksichtigt sind.

Abb. 1. Gleichstrom-Zwischenrelais mit vier Arbeitskontakten und einem Ruhekontakt.

Zwischenrelais werden sowohl für Gleichstrom wie für Wechselstrom in zahlreichen Formen gebaut (Abb. 1), sie dienen z. B. zur elektrischen Trennung verschiedener Stromkreise, wenn es sich darum handelt, mittels eines einpoligen Schutzrelais mehrere sonst einzeln gesteuerte Ölschalter auszulösen. Auch als Starkstrom-Fernsteuer-Relais werden sie benutzt, ebenso wie für die verschiedensten anderen Zwecke, z. B. zur Vergrößerung der Kontaktleistung.

Als Zeitverzögerungsrelais dienen, falls nur eine sehr kurzzeitige Verzögerung erforderlich ist, Relais des Aufbaues nach Abb. 1, die dann mit einer entsprechenden Luftdämpfung versehen werden. Für längere Verzögerungen bis zu 20 s werden Relais mit mechanischem Hemmwerk — in selbsttätigen Anlagen meist mit Spulen für Dauerschaltung — benutzt, für minutenlange Verzögerungen dienen schließlich Relais mit Motor und Schnecke. Für Signal- und Zählzwecke dient eine Reihe Fallklappen- und Signalrelais sowie Zählrelais, die zur Überwachung des ordnungsgemäßen Arbeitens aller Teile einer bedienungslosen Schaltanlage besonders wertvoll sind.

Will man einen infolge Überstroms gefallenen Automaten oder Ölschalter selbsttätig wieder einlegen, so baut man ein Wiedereinschaltrelais (Abb. 2) ein, das z. B. nach 20 s den Automaten wieder einlegt und diesen Vorgang noch zwei- oder viermal nach je 20 s wiederholt und sich dann mechanisch verriegelt, falls der gesteuerte Automat jedesmal wieder herausfällt. Zur Schonung der Anlage baut man zweckmäßig eine Prüfeinrichtung ein, die jedes Schalten auf einen bestehenden Kurzschluß vermeidet. Das Wiedereinschaltrelais betätigt in diesem Falle nur die Prüfeinrichtung, die Messung auf Kurzschlußfreiheit wird durch geeignete Prüfrelais vorgenommen. Für Gleichstromanlagen dienen als Prüfrelais einstellbare elektromagnetische oder Drehspul-Relais, für besonders genaue Messungen auch Balance-Relais oder Differenzspannung- bzw. Differenz-Strom-Relais mit Drehspul-Meßwerk.

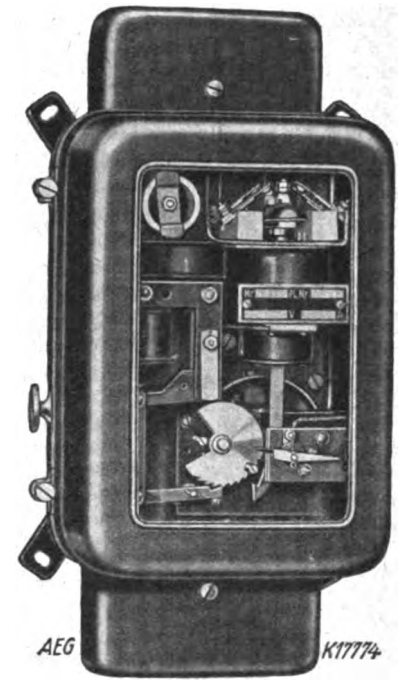


Abb. 2. Wiedereinschaltrelais.

Zur Stillegung und Verriegelung einer selbsttätigen Schalteinrichtung bei inneren Störungen der Anlage, in einer Transformatoren-Station, z. B. beim Ansprechen eines Buchholz-Schutzes, dient das Hauptsicherheits-Relais, das gleichzeitig auch die Inbetriebsetzung eines Reserve-Aggregates vornehmen kann. Die gleiche Einschaltung eines zweiten Aggregates kann auch in Abhängigkeit von der Belastung des ersten durch Zuschalt-Stromrelais erfolgen, die spätere selbsttätige Außerbetriebnahme bei kleiner Last durch Abschalt-Stromrelais.

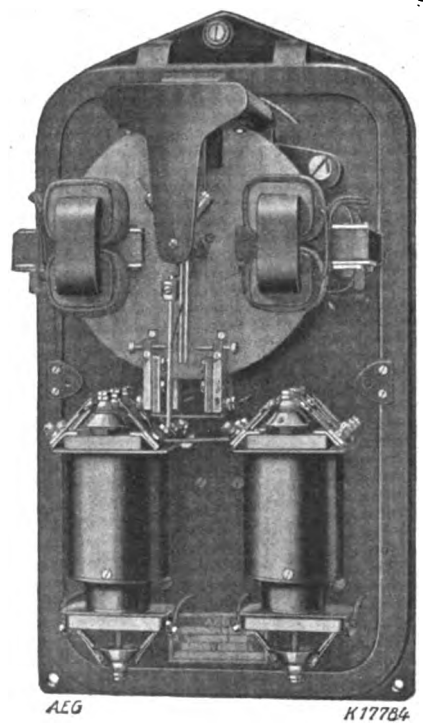


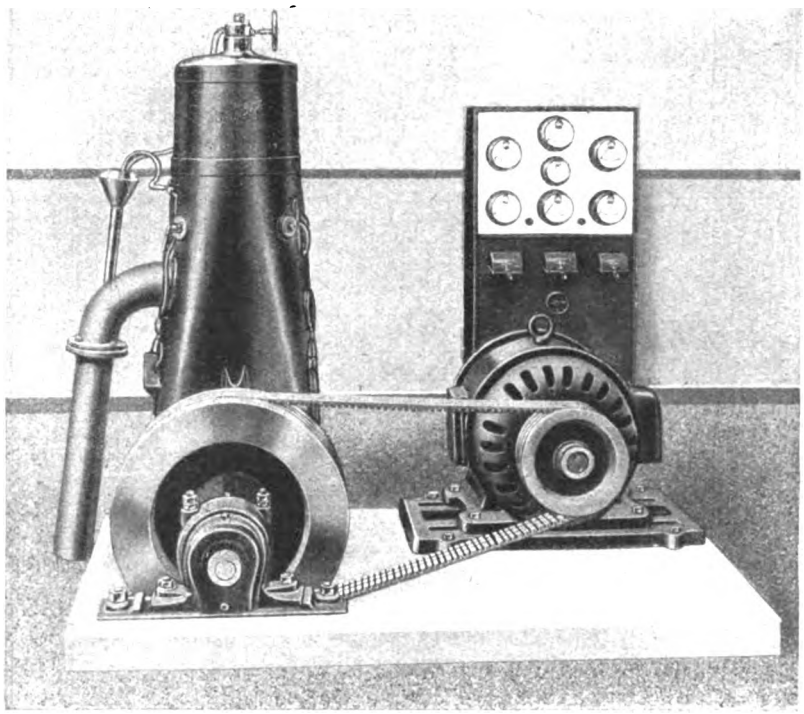
Abb. 3. Wechselstrom-Regulierrelais mit wattmetrischem Meßwerk.

Das Intrittfallen von Gleichstrommaschinen unter gleichzeitiger Kontrolle der Polarität wird durch polarisierte Synchronismus-Relais festgestellt, zur Konstanthaltung der Spannung, zur Strombegrenzung usw. werden Regulier-Relais benutzt, die wegen der besonders hohen Kontaktbeanspruchung nach dem bewährten Doppelzungenprinzip arbeiten, das den Kontaktabbrand auf ein Mindestmaß beschränkt.

Regulier-Relais werden für Gleichstrom mit Drehspul-Meßsystem als Strom- oder Spannungs-Relais, für Wechselstrom mit elektro-magnetischem Meßwerk gleichfalls als Strom- und Spannungs-Relais, mit Induktions-Meßwerk schließlich als Wirkleistungs-, Blindleistungs-, cos φ-, Frequenz-Relais usw. ausgeführt (Abb. 3), die eingebauten Zwischenrelais dienen zur Steuerung der Motorantriebe der Regler bzw. Drehzahlverstellvorrichtungen.

Digitized by Google

RODERWALD Akt.-Ges.
BERLIN-STEGLITZ



Antrieb eines Generators durch Dieselmotor, Leistung 70 PS, übertragen durch 3 Roderwald- Antriebe von je 1¼" bei 1100 mm Achsabstand

Die Hauptbedingungen für einen elektromotorischen Antrieb sind: größte Durchzugskraft bei kleinster Raumbeanspruchung. Möglichkeit großer Übersetzungen ohne Zuhilfenahme neuer Maschinenelemente (wie z. B. der teuren Spannrolle) - eine gewisse Elastizität zum Auffangen von Überlastungsstößen - höchster Wirkungsgrad - größte Einfachheit und geringe Betriebskosten

Diese Bedingungen werden einzig und allein von dem

Roderwald Hochleistungsantrieb

restlos erfüllt. D.R.P.

Ingenieurbesuch bereitwilligst.
Zu beziehen ab Fabrik und durch einschlägige Geschäfte.
Hauptkatalog kostenlos auf Wunsch.

RODERWALD-AKTIEN-GESELLSCHAFT

RAG

Digitized by Google

JUN 9 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

Frequenztransformation mittels wechselstrommagnetisierter Drosseln. Von K. Schmidt. 729
Das Pumpspeicherwerk Herdecke. Von W. Kraska. 733
Verfahren zur Widerstandsmessung bei Gleichstrommaschinen. Von H. Sequenz. 736
Begriffe und Bezeichnungen für Untersuchungen und Berechnungen auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft. Von W. Windel. 738
Elektrische Zugbeeinflussung nach dem Code-System. Von A. Kammerer. 741

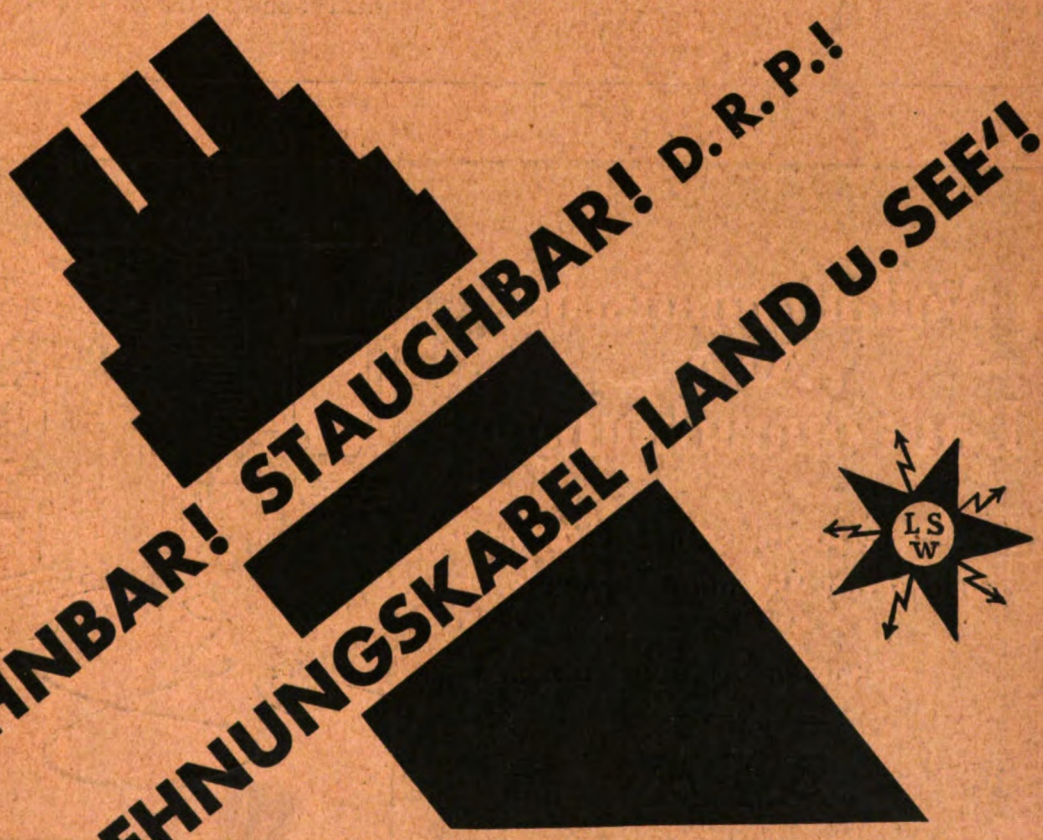
Rundschau:

Stromart und Regelbereich elektr. angetrieb. Saugzuganl. 743 — Die günstigste Spann. in Verteilungsnetzen mit Lichtbelast. 744 — Rußniederschläge auf Bahn-Isolatoren. 744 — Hochfrequenz-Gleichrichteranlage mit selbsttät. Konstanthalt. d. Gleichspann. 745 — Hydra-Störbefreiungs-Kondensatoren. 745 — Dielektr. Verluste bei hohen Frequenzen. 746 — El. Rollfeldbeleucht. f. Flughäfen. 746 — Tauchglocken für el. Öfen. 747 — Oberleitungsomnibus d. Kreis Mettmanner Straßenbahnen. 747 — Fortschr. d. Elektrisierungsbaues auf den Österr. Bundesbahnen. 747 — Großrundfunksender. 747 — Der dunkle Entladungsvorstrom in Luft v. Atmosphärendruck. 748 — Mess. betriebsmäß. Überspann. an Hochspannungs-Freileit. 748 — Neuzeitl. Speisewasseraufbereitung. 749 — Heinrich-Hertz-Institut f. Schwingungsforschung. 750 — Fortbildungskursus der T. H. Hannover f. Elektrowärmetechnik. 750 — Tagung des DNA in Saarbrücken. 750 — Jahresversamml., Kongresse, Ausstell. 750 — Energiewirtschaft. 751

Gewerbl. Rechtsschutz. 752
Vereinsnachrichten. 752 — **Bekanntmachungen des VDE.** 753
Sitzungskalender. 758
Persönliches. Fr. Werner. 758
Literatur. Reichs-Rundfunkgesellschaft, B. A. Behrend, H. Stellrecht, M. Siegerist. 758
Geschäftl. Mitteilungen. 759
Bezugsquellenverzeichnis. 760
Berichtigung. 760

ERSTE BRAUCHBARE KONSTRUKTION!

VIELFACH IN DER PRAXIS BEWÄHRT!



LAND- u. SEEKABELWERKE A.G.
KÖLN-NIPPES

21. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(729-760) 22. Mai 1930

Das Sonderheft der ETZ zur Weltkraftkonferenz erscheint am 12. Juni 1930

Digitized by Google

Weston

Thermo-Instrumente

Mod. 492
Weston-Hochfrequenz-Voltmeter
Empfindlichkeit 500 Ω/V

Spezialpreisliste Nr. 2
über Instrumente für die
Radio- und Hochfrequenztechnik
ist soeben erschienen

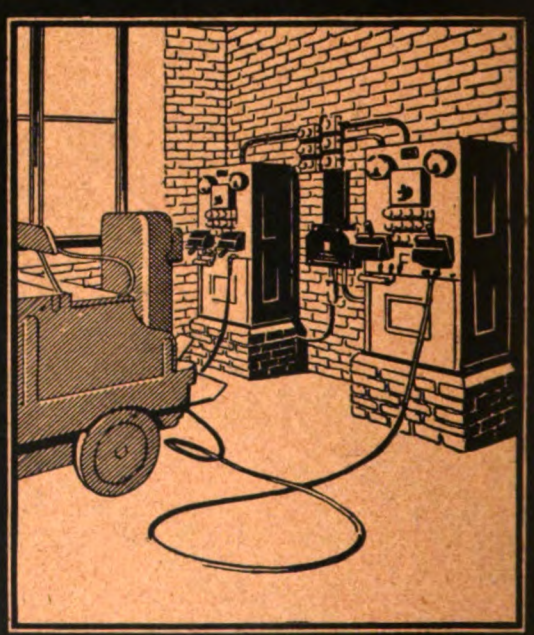
Generalvertrieb:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

db

Vollautomatische AFA Ladeeinrichtungen

dreiphasiger Anschluss an Drehstromnetze
Ladung von Akkumulatorenbatterien
für
Lastkarren, Schlepper u.a.

AFA



ACCUMULATOREN-FABRIK
AKTIENGESELLSCHAFT
BERLIN SW11

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 22. Mai 1930 | Heft 21

Frequenztransformation mittels wechselstrommagnetisierter Drosseln.

(Mitteilung aus dem Maschinenbau-Laboratorium der C. Lorenz AG.).

Von Dr.-Ing. E. h. **Karl Schmidt**, Berlin.

Übersicht. Es wird die geschichtliche Entwicklung der Frequenztransformation geschildert, wobei vom Verfasser die bereits bekannten, aber wesentlichsten Punkte seines Frequenz-Transformationsprinzips nochmals hervorgehoben werden. An Hand von praktischen Beispielen wird der Unterschied zwischen Stoßerregung und Heraussieben höherer Harmonischer auseinandergesetzt. Die Schwierigkeiten bei der Entwicklung der Vervielfachungstransformatoren, insbesondere die Konstruktion sowie ganz allgemein die Entstehung des Manteltransformators aus dem Kerntransformator werden eingehend erörtert. Die vorteilhaftesten Formen der Frequenztransformatoren werden beschrieben und im Bilde dargestellt. An der Entwicklung dieser Transformatoren haben außer dem Verfasser noch die Herren Prof. Dr. Pungs, Dr. Gerth und Dr. Gutzmann regen Anteil.

I. Das Prinzip der Frequenztransformation.

Die Frequenzverdopplungs-Transformatoren können wie die normalen Wechselstromtransformatoren berechnet werden. Man setzt eine bestimmte Eiseninduktion mit Rücksicht auf die Eisenverluste fest und bestimmt danach Querschnitt und Windungszahl. Mit Rücksicht auf Eisenverluste werden hierbei verhältnismäßig geringe Induktionen gewählt; 500 ... 1000 Gauß sind üblich. Diese Transformatoren werden recht vorsichtig abgestimmt, damit keine schädlichen Überspannungen bzw. zu hohe Eiseninduktionen auftreten, da sonst die Eisenverluste in bezug auf die Gesamtleistung unverhältnismäßig hoch werden. Sehr häufig ist es vorgekommen, daß derartige Transformatoren beim Abstimmen infolge Auftretens anormal hoher Spannungen durchschlugen, indem die früher sehr gefürchtete Kippresonanz im Kreise auftrat. Solche Kippresonanzen treten vor allem in Schwingungskreisen auf, die Eisendrosseln ohne Luftspalt enthalten. Sehr ausführlich und klar sind diese Vorgänge in neuester Zeit von Rüdenberg[1] geschildert worden. Sobald also Sättigungserscheinungen in Transformatoren auftreten, hat man keine reine Resonanz im Kreise mehr; hierbei ergeben sich Spannungsanstiege, die den Eindruck einer Resonanz erwecken, aber im Grunde genommen mit Resonanz nichts zu tun haben.

Der Verfasser untersuchte seinerzeit (1914) gleichstrommagnetisierte Frequenzverdopplungs-Transformatoren, dimensionierte aber die Transformatoren so, daß sie in der gefürchteten Kippresonanz arbeiten konnten. Die Transformatoren wurden hierbei nur einen Bruchteil so groß wie die üblichen. Durch Verwendung besonders dünner Eisenbleche bzw. Drähte und Verringerung des Eisengewichtes auf ein Minimum gelang es ihm bereits 1917, Frequenzen mit einem bisher noch nicht erreichten Wirkungsgrade in einer Stufe zu verdreifachen bzw. zu versechsfachen[2]. Während der Versuche zeigte sich, daß der Wirkungsgrad günstiger bzw. die Leistung größer wurde, wenn größere induktive Widerstände in den primären Abstimmkreis eingeschaltet wurden. Der Verfasser ging dann weiter und verwendete Transformatoren ohne Gleichstrommagnetisierung, wobei er fast alle ungeraden Vielfachen der Grundfrequenz erzielen konnte. Er erhielt hierdurch bereits im Jahre 1918 Frequenzvervielfachungen bis zur 17fachen mit einem Wirkungsgrad von rd. 50 %. Diese Vervielfachungsmethode kam bereits im Jahre 1922 für einige Schiffsender der holländischen Marine, die wahlweise mit 12 verschiedenen Wellen arbeiteten, zur praktischen Ausführung. Die kleinste Welle betrug 800 m bei einer konstanten Maschinenfrequenz von 8000 Hz, die höchste Vervielfachung betrug also das 47fache. Diese Sender sind heute noch unverändert in Betrieb.

Die Theorie dieser Frequenzvervielfachung im Gegensatz zur Frequenzverdopplung war damals noch recht unklar. O. Scheller erkannte auf Grund von oszillographischen Aufnahmen mit der Braunschen Röhre, daß hier eine Art Stoßerregung des angeschlossenen Schwingungskreises vorlag. Auf diese Erkenntnis hin wurden dann von verschiedenen Seiten teils theoretische, teils praktische Untersuchungen angestellt, die das vorliegende Frequenzvervielfachungssystem zum Gegenstand hatten. Aber fast alle Untersuchungen bis auf die neueste Zeit heben das Mittel zum praktischen Erfolg nicht genügend hervor; es ist dies nämlich die Einschaltung einer verhältnismäßig großen Selbstinduktion ohne Eisenschluß in den primären Abstimmkreis, der im übrigen aus Frequenzwandler, Hochfrequenzmaschine und Kondensator besteht. Erst hierdurch ist aber die maschinelle Erzeugung von Hochfrequenzströmen im gesamten Langwellenbereich praktisch ermöglicht worden. Unterläßt man die Vorschaltung dieser Selbstinduktion, so gleichen sich die Spannungen hoher Frequenz über die Stromquelle aus, dem Frequenzwandler wird nur die Maschinenspannung aufgedrückt, und er ist so nicht fähig, einen angeschlossenen Schwingungskreis höherer Frequenz mit genügender Energie anzustoßen. Erst durch Einschaltung dieses induktiven Widerstandes bzw. durch die damit verbundene lose Kopplung des Frequenzwandlers mit der Hochfrequenzmaschine wird ersterer zu einem selbständigen Hochfrequenzgenerator[3]. Allerdings wird durch diese notwendige Maßnahme die leerschwingende Energie des Primärkreises ein Vielfaches seiner Wattenergie.

Kurz zusammengefaßt besteht das grundlegende Prinzip der Frequenztransformation des Verfassers darin, daß

1. der Frequenztransformator so gebaut wird, daß er sehr hohe Eiseninduktionen verträgt, damit in der Kippresonanz gearbeitet werden kann,
2. der Frequenztransformator mit dem Hochfrequenzgenerator so lose gekoppelt ist, daß er seine Spannungskurven frei ausbilden und so zu einem selbständigen Generator werden kann.

Die Frequenzvervielfachung geschieht hier also durch „Stoßerregung". Es ist dies ein in der drahtlosen Technik gebräuchlicher Ausdruck, der im folgenden noch näher erläutert und mit den allgemein üblichen physikalischen Begriffen in Verbindung gebracht werden soll. Es wirft sich die Frage auf: Welcher Unterschied besteht zwischen Stoßerregung und dem sog. Heraussieben von höheren Harmonischen aus einer verzerrten Kurvenform? Es soll diese Frage an Hand von Beispielen auf einfachste Art und Weise klargestellt werden.

Bekanntlich kann jede beliebige periodische Funktion nach Fourier in eine Reihe von Sinusfunktionen zerlegt werden. Es handelt sich hier um eine rein mathematische Behandlungsweise, die noch keinerlei Aufklärung

[1] Rüdenberg, Elektrische Schaltvorgänge. Verlag Julius Springer, Berlin.

[2] DRP. 350972. — Nesper, Handbuch der drahtlosen Telegraphie Bd. 1, S. 296. Verlag Julius Springer, Berlin 1921.

[3] DRP. 411002, C. Lorenz AG. und Karl Schmidt.

Digitized by Google

über die physikalische Natur beliebig periodischer Funktionen gibt. Rein theoretisch gilt selbstverständlich das Fouriersche Gesetz, aber es tritt sofort ein wesentlicher Unterschied auf, sobald man das Fouriersche Gesetz realisieren will, indem man Energie den höheren Harmonischen entzieht. Aber es ist einleuchtend, daß bei Energieabgabe die Energie von irgendeiner Quelle herkommen muß und daß dann der Unterschied zwischen Stoßerregung und Heraussieben hervortritt und auf die erzielten Schwingungen bestimmend einwirkt. Schwingungskreise ohne Energieentziehung gibt es aber nicht, so daß der theoretische Fall praktisch keine Rolle spielt. In einer nach Sinusfunktionen zerlegten, beliebig verzerrten Stromkurve sind daher die Oberwellen im allgemeinen als Ströme nicht vorhanden; sie können reell gemacht werden nach zweierlei Methoden, entweder durch Superposition von Gegenströmen oder Anlegen von Schwingungskreisen. Will man z. B. eine Oberwelle durch einen an die verzerrte Spannung angelegten Schwingungskreis nutzbar machen, so hat man fast immer den Fall der Stoßerregung, indem der Schwingungskreis durch eine passende Spannungswelle angestoßen wird und selbst weiterschwingt. Wir haben es hier naturgemäß mit gedämpften Schwingungen zu tun. Es gibt aber auch verzerrte Spannungskurven, in denen eine Oberwelle in jedem Zeitmoment vorhanden ist und die dann durch einen angelegten Schwingungskreis herausgesiebt werden kann. Durch einen Schwingungs- bzw. Siebkreis können Oberwellen nur dann herausgesiebt werden, wenn sie in jedem Zeitmoment vorhanden sind. Es dürfte wohl klar sein, daß man bei einer Spannungswelle, die längere Zeit auf der Nullinie verläuft, von einem Heraussieben höherer Harmonischer nicht reden kann. Werden mehrere Wechselstromquellen von verschiedener Frequenz, die voneinander völlig unabhängig sind, parallelgeschaltet und über eine Leitung geführt, so können die einzelnen Frequenzen durch Abstimmkreise, jede für sich, wieder aus der Leitung herausgesiebt werden (z. B. bei der Mehrfachtelegraphie). Werden diese Stromquellen aber hintereinander geschaltet, so ist es nicht mehr möglich, die einzelnen Frequenzen durch Schwingungskreise herauszusieben, da sie sich gegenseitig stören bzw. aufheben. Die angelegten Schwingungskreise werden auch hier noch ansprechen, aber sie werden teilweise durch Stoßerregung zum Schwingen gebracht.

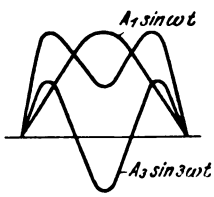


Abb. 1 a.

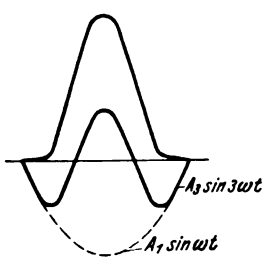


Abb. 1 b.

Eine andere Methode, um Oberwellen aus einer verzerrten Spannungskurve herauszusieben, kann durch Anwendung von entsprechenden Gegenspannungen durchgeführt werden; so z. B. könnte aus einer Kurve (Abb. 1 a) mit der dreifachen Harmonischen $A_1 \sin \omega t + A_3 \sin 3\omega t$ die dreifache Frequenz erhalten werden, indem man die Grundwelle $A_1 \sin \omega t$ subtrahiert: $(A_1 \sin \omega t + A_3 \sin 3\omega t) - A_1 \sin \omega t$, was praktisch durch Gegenschaltung einer Stromquelle, deren Kurvenform der Gleichung $A_1 \sin \omega t$ genügt, ausgeführt werden kann. Je nachdem das Glied der 3. Harmonischen $A_3 \sin 3\omega t$ positiv oder negativ ist, entsteht eine ganz verschiedene Wellenform: im ersteren Falle mehr rechteckig, mit einer starken Einbuchtung in der Mitte (Abb. 1 a), im letzteren Falle spitz. Man kann daher aus der Subtraktion einer spitzen wie einer flachen Kurve von einer Sinuskurve einen Strom der dreifachen Harmonischen erhalten.

So haben sowohl E. Frank als auch der Verfasser vorgeschlagen, die dreifache Grundfrequenz aus einer Hochfrequenzmaschine dadurch zu erzielen, daß man bei einer normalen Gleichpolmaschine durch entsprechende Gestaltung der Pole in der einen Hälfte eine flache bzw. sinusförmige Kurvenform, in der anderen Hälfte eine spitze Form erhält und die beiden Wicklungshälften entsprechend in Serie schaltet.

Man erhält also hier ohne Anlegen von Schwingkreisen eine kontinuierliche bzw. ungedämpfte dreifache Frequenz. Bei der geschilderten Gegenschaltung einer Stromquelle von Sinusform zur Stromquelle spitzer Kurvenform sind beide Stromquellen an der Leistungslieferung beteiligt, so daß in jedem Zeitmoment die Leistung der dreifachen Oberwelle von der einen oder anderen Stromquelle gedeckt wird.

Ein grundlegendes Beispiel dürfte die Frequenzverdopplung sein. Man erreicht hier eine Überlappung der in den einzelnen Transformatoren verzerrten Spannungskurven, so daß beide einen kontinuierlichen Strom doppelter Frequenz ergeben; in jedem Moment wird von der Stromquelle die Energie doppelter Frequenz geliefert, also ohne jegliche Abstimmung. Man kann aber auch nur einen Frequenztransformator verwenden, wenn man sekundär einen auf die doppelte Frequenz abgestimmten Schwingungskreis an den Transformator legt. Ein angelegter Schwingungskreis wird aber angestoßen, und es werden die zwischenliegenden zwei fehlenden Wellen von ihm hervorgerufen. Wir haben also hier wiederum einen gedämpften Schwingungsvorgang, weil die Energie teilweise von einem Schwingungskreis herrührt, der entsprechend angestoßen wird. Hier haben wir also die zwei grundlegenden Fälle der Frequenzvervielfachung, u. zw. einmal dadurch hervorgerufen, daß in jedem Moment die Energie von der Stromquelle geliefert wird, im zweiten Falle dagegen der Schwingungskreis teilweise Energie abgibt.

Während bei Verwendung von zwei Transformatoren die Sinuskurvenform des Generatorstromes nicht geändert wird, würde letzterer bei Verwendung nur eines Transformators verzerrt und unsymmetrisch werden. Bei gleichbleibender sinusförmiger Klemmenspannung könnte eine Frequenzverdopplung nicht mehr auftreten, wenn nicht zwischen Generator und Transformator ein Widerstand von entsprechender Größe geschaltet werden würde, der eine freie Ausbildung der Spannungskurvenform am Transformator zuläßt. Es ist also hier die eingangs erwähnte lose Kopplung zwischen Frequenztransformator und Generator notwendig, um Stoßerregung zu erhalten.

Für den praktischen Gebrauch der Frequenzvervielfachung sind selbstverständlich gedämpfte Frequenzen sehr nachteilig, da diese infolge ihrer flachen Resonanzkurve und bei Vorhandensein mehrerer nahe zusammenliegender Harmonischer keine eindeutige Resonanz für eine Frequenz besitzen; es treten zu gleicher Zeit mehrere Wellen auf. Drahtlose Sender mit Nebenwellen sind heutzutage unbrauchbar. Es läßt sich ermessen, wieviel Arbeit es gekostet hat, Maschinensender mit hohen Frequenzvervielfachungsstufen so zu vervollkommnen, daß sie praktisch einwellig sind, wenn man bedenkt, daß die Frequenz fast verhundertfacht wird, wobei die einzelnen entstehenden Nebenwellen sehr eng zusammenliegen und der Hauptwelle unmittelbar benachbart sind. Aus diesem Grunde mußte man hohe Frequenzvervielfachungen nicht in einer Stufe, sondern in mehreren Stufen, also mit mehreren Transformatoren in Kaskadenschaltung vornehmen, so z. B. bei einer 77fachen Frequenz in zwei Stufen mit 7×11. Durch die Anwendung einer Vervielfachung in Stufen wird der Schwingungskreis hoher Frequenz, d. h. der zweiten Stufe innerhalb der Periode der Grundschwingung, mehrfach angestoßen, so daß die Dämpfung wesentlich verringert wird. Um besseren Wirkungsgrad bzw. kleinere Dämpfung zu erzielen, hatte der Verfasser bereits im Jahre 1920 bei höheren Frequenzvervielfachungen in einer Stufe, z. B. bei der 23fachen, einen besonderen Nebenkreis zum Frequenzwandler gelegt, der auf irgendeine Welle höher als die Grundwelle abgestimmt bzw. teilweise abgestimmt wird. Man erreicht dadurch Leistungssteigerungen bis 100 %.

II. Die Ausführung der Frequenztransformatoren.

Die Anforderungen an die Frequenztransformatoren bedingten eine ganz besondere Konstruktion, die erst im Laufe mehrerer Jahre zur höchsten Vollkommenheit entwickelt werden konnte. Die Verluste, auf die Raumeinheit bezogen, sind bei diesen Transformatoren überaus hoch, u. zw. sind die Eisenverluste ausschlaggebend; die Kupferverluste spielen den Eisenverlusten gegenüber keine Rolle. Die Eisenverluste sind nur durch Wahl des Materials sowie durch äußerste Beschränkung des Eisengewichts zu verringern, können aber nicht durch Wahl der Eiseninduktion — diese ist durch das Vervielfachungssystem festgelegt — vermindert werden.

Als Eisenmaterial verwendete man anfangs einen gezogenen Eisendraht von 0.05 mm Dmr., der im Handel zu verhältnismäßig billigem Preise zu erhalten war. Dieser Draht wurde zwecks Isolierung mit ölbeständigem Lack überzogen. Es sei von vornherein erwähnt, daß luftge-

Digitized by Google

kühlte Transformatoren hier überhaupt nicht in Betracht kommen, da es bis jetzt nicht möglich war, die hohe Wärmeentwicklung durch Luftstrom zu beseitigen. Daher müssen diese Transformatoren immer in ein Ölbad gelegt und mittels fließenden Öles gekühlt werden.

Bekanntlich gibt es in der Technik zwei Arten von Transformatoren, u. zw. Kern- und Manteltransformatoren. Selbstverständlich ist, physikalisch betrachtet, kein Unterschied zwischen Kerntransformator und Manteltransformator, denn es muß immer die Verkettung zwischen Fluß und Leiter vorhanden sein. In den Grenzgebieten geht der Manteltransformator in den Kerntransformator über, jedoch ist technisch, insbesondere konstruktiv, ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Typen. Kurz gesagt: die Kerntype ist dadurch gekennzeichnet, daß der Kupferdraht um den Eisenkern herumgewickelt wird, während bei der Manteltype das Eisen um die Kupferspule gelegt ist. In Abb. 2 u. 3 sind beispielsweise *A*

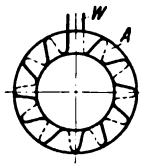


Abb. 2. Kerntransformator (Ringform).

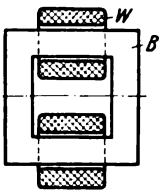


Abb. 3. Kerntransformator, Rechteckform mit 2 Spulen.

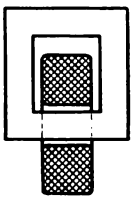


Abb. 4. Kerntransformator mit 1 Spule; Übergang zum Manteltransformator.

und *B* normale Kerntransformatoren; sie bestehen aus einem in sich geschlossenen ringförmigen (*A*) oder eckigen (*B*) Eisenkörper, um den die Wicklung *W* herumgelegt wird. Umwickelt man einen Eisenring mit Kupferdraht, so ist der gesamte Eisenkörper vom Kupferdraht umgeben, ist also nicht mehr sichtbar. Augenfällig ist hier sofort, daß ein derartiger Transformator eine schlechte Abkühlung für das Eisen besitzt, denn die Eisenwärme kann nur über die Wicklung nach außen gehen. Vorzüge dagegen hat ein derartiger Transformator in bezug auf Isolation, da die höchsten Potentiale räumlich sehr weit voneinander getrennt werden können.

Interessant dürfte die Entwicklung des Manteltransformators aus dem Kerntransformator sein. Verlegt man in Abb. 3 die beiden Wicklungen *W* auf nur einen Schenkel, so entsteht ein Transformator nach Abb. 4. Wie ersichtlich, liegt hier bereits ein größerer Teil des Eisenweges frei. Geht man nunmehr noch weiter und verwendet nur halb so breite Eisenkerne, dafür aber deren zwei, und legt diese zur Wicklung so, daß sie eine gerade Linie bilden, so erhält man einen sog. Manteltransformator nach Abb. 5 a u b. In Abb. 6 sind die beiden Blech-

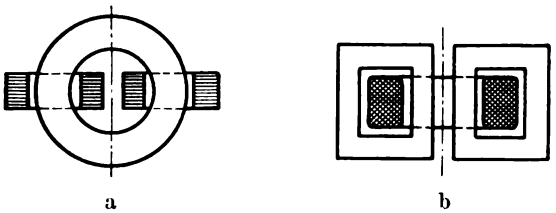


Abb. 5. Manteltransformator mit 2 getrennten Eisenkernen.

kerne zu einem gemeinsamen Blechkern vereinigt, Abb. 7 ist eine Außenansicht des normalen technischen Manteltransformators. Verändert man den Transformator Abb. 5 a insofern, daß man eine größere Zahl von Blechkernen um die Spule radial herumlegt, wie in Abb. 8 gezeigt, so entsteht der bekannte Igeltransformator. Hier ist das Eisen, in Blechpaketen verteilt, rings um die Wicklung gelegt. Es ist natürlich nicht nötig, daß die Wicklung rund ist, sie kann auch rechteckig sein, wie Abb. 9 zeigt. Hier ist ein Hochfrequenztransformator dargestellt; die Eisenblechringe liegen vollkommen offen und können demgemäß gut gekühlt werden. Der Transformator trägt 2×7 Eisenkörper, die auf ein Isolationsrohr aufgesteckt sind. Im Isolationsrohr selbst liegen U-förmige Leiter aus Kupferblech, die durch Glimmerstreifen voneinander isoliert sind und nach Aufbringung der Eisenringkörper am anderen Ende durch Kupferstreifen so verlötet werden, daß die gewünschte Zahl von Windungen entsteht. Vergleicht man diesen Transformator mit dem normalen Kerntransformator der Abb. 2 u. 3, so sind hier an Stelle der Kupferwicklungen die Eisenpakete und an Stelle des Eisenkernes die Kupferwicklung getreten. Es ist also im wahrsten Sinne des Wortes der vorliegende Manteltransformator eine vollkommene Umkehrung des normalen Kerntransformators. Mit diesem Transformator glaubte man die

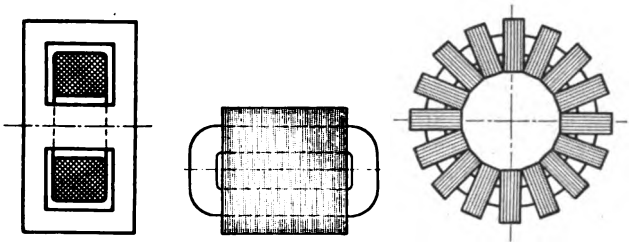


Abb. 6 u. 7. Manteltransformator.

Abb. 8. Aus Abb. 5 a entstandener Igeltransformator.

für den Hochfrequenztransformator geeignete Konstruktion gefunden zu haben, aber es mußten noch viele Schwierigkeiten beseitigt werden, bis sie brauchbar wurde.

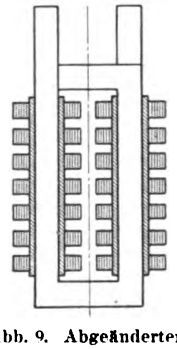


Abb. 9. Abgeänderter Igeltransformator für Hochfrequenz.

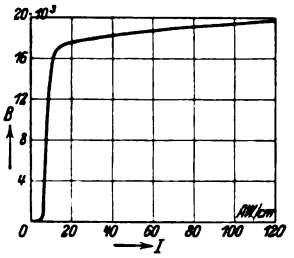


Abb. 11. Magnetisierungskurve von 0,05 mm starkem Eisendraht.

Wie bereits erwähnt, wurden die Eisenpakete bei diesem Transformator so hergestellt, daß dünner Eisendraht in Form von Spulen aufgewickelt und diese dann durch Asbestbindfaden festgehalten wurden (Abb. 10). In

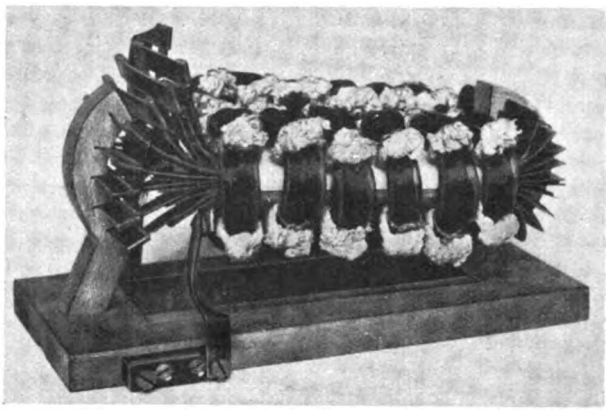


Abb. 10. Hochfrequenztransformator bis 250 000 Hz.

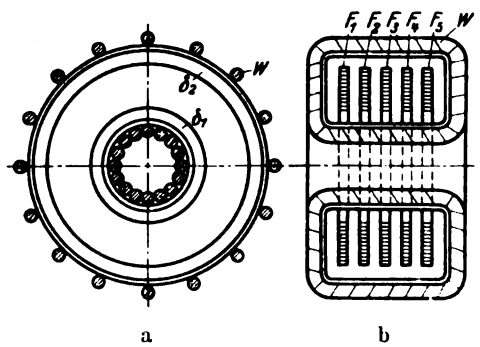
der ersten Ausführungsform dieser Transformatoren verwendete man Eisenspulen von 10 mm Breite und 15 mm Höhe. Bei geringen Vervielfachungen bis zur 7fachen waren diese Eisenspulen brauchbar; die Erwärmung blieb noch in den zulässigen Grenzen, die natürliche Ölzirkulation infolge Aufstiegs des erwärmten Öles genügte vollkommen. Bereits bei 9maliger Vervielfachung zeigten sich aufsteigende Ölgasbläschen, ein Zeichen, daß im Eisenkern hohe Temperatur herrschen mußte. Äußerlich war nach 20 Betriebstunden noch wenig zu sehen, aber bereits nach 50 Betriebstunden wuchs um die Eisendrahtspulen eine koksartige Masse herum, wodurch sich das Spulenvolumen ganz bedeutend vergrößerte. Die Folge davon war, daß die Eisenspulen das umschlossene Isola-

Digitized by Google

tionsrohr zerdrückten und so Wicklungskurzschlüsse herbeiführten. Eine Untersuchung der Eisenspulen ergab, daß sich zwischen den Windungen, insbesondere an den schlecht gekühlten Stellen, also von der Mitte ausgehend, Ölkohle ablagerte, eine an sich bekannte Erscheinung. Zunächst versuchte man andere Kühlmittel zu verwenden, die keine Kohle absetzen, aber andere Kühlmittel als Öl waren praktisch nicht verwendbar, man mußte also eine bessere Kühlung anwenden. Das geschah durch Verwendung von Drucköl, indem mittels einer Pumpe der Ölstrom direkt auf den Transformator gedrückt wurde, so daß die Eisenspulen wenigstens äußerlich intensiv gekühlt wurden. Aber auch diese Maßnahme vermochte die Lebensdauer des Transformators nur zu verdoppeln.

Der verwendete dünne Eisendraht weist eine sehr steile Magnetisierungskurve mit scharfem Knick auf. Diese Charakteristik ist daher für die Frequenztransformation besonders geeignet. In der Abb. 11 ist die Magnetisierungskurve dargestellt. Diese weicht von der für sonst übliche Eisensorten ganz erheblich ab; die feine Bearbeitung des Eisens scheint die Ursache zu sein; denn dasselbe Material, noch nicht zu so feinen Drähten ausgezogen, hatte noch die übliche Magnetisierungskurve.

Die schlechte Abkühlung und die Veränderung des Drahtmaterials gaben daher Veranlassung, Bleche zu verwenden. Für geringe Frequenzvervielfachungen bis zur 13fachen, z. B. von 10 000 auf 130 000 Hz, kann man mit Blechen, insbesondere legierten Blechen von 0,05 mm auskommen; für höhere Frequenzvervielfachungen mußte das entsprechende Blech erst geschaffen werden. Es gelang nach einem Verfahren von Hausrath, Bleche von 8 µ Dicke herzustellen. Diese Bleche wurden bei Kerntransformatoren in Bänder von rd. 10 mm Breite geschnitten und zu einer Ringspule aufgewickelt, bei Manteltransformatoren in Scheiben gestanzt und auf ein Isolationsrohr aufgesteckt. Trotz künstlicher Ölkühlung traten auch hier — allerdings erst nach längerer Zeit — dieselben Verkohlungserscheinungen auf. Es wurde festgestellt, daß die Wärmeleitfähigkeit in diesen dünnen Blechen äußerst schlecht und der Wärmeleitweg viel zu lang war, so daß ein erhebliches Wärmegefälle entstand. Bekanntlich ist die Wärmeleitfähigkeit von normalen, mit Papier isolierten Transformatorenblechen in Richtung des Querschnittes etwa 100mal so groß wie senkrecht zur Blechoberfläche. In noch viel höherem Maße ist dies aber bei derartig dünnen Blechen, wie sie hier verwendet werden, der Fall, und erst durch Schaffung großer Querschnitt-Abkühlungsoberflächen gelang es, die Wärme ohne große Temperaturgefälle abzuführen, so daß die Transformatoren, insbesondere bei Anwendung von Druckölkühlung, unbegrenzt haltbar bleiben. Dies wurde dadurch erreicht, daß man Blechstreifen von einer Streifenbreite von nur 2 ... 3 mm zu einer Spule aufrollte und mehrere derartige schmale Blechspulen zum Aufbau des Transformatorkernes verwendete. In der Abb. 12 ist ein derartiger Transformator



a b

Abb. 12. Aufbau eines Hochfrequenztransformators bis 10^6 Hz.

als Kerntype im Schnitt dargestellt; dieselbe Maßnahme kann auch bei der Manteltype nach Abb. 9 getroffen werden. Die Praxis scheint sich im Laufe der Zeit wegen der sehr viel besseren Isolationsmöglichkeit immer mehr für den Kerntyp zu entscheiden, obwohl die Eisenverluste infolge des größeren Eisenaufwandes erheblich höher sind.

Der praktische Aufbau eines Kerntransformators ist aus der Abb. 12 zu ersehen. *a* stellt einen Querschnitt, *b* einen Längsschnitt dar, *W* sind die Windungen, δ_1 und δ_2 sind Ölzwischenschichten. Der Eisenkörper besteht hier aus fünf Blechrollen $F_1 \ldots F_5$ von 2 mm Breite, die einen großen Abstand voneinander haben, so daß allseitig das Kühlmittel hindurchfließen kann. Die Herstellung der schmalen Blechringe kann in der Weise geschehen, daß die 2 mm breiten Streifen, mit Bakelitlack überzogen, zu einer Rolle vom gewünschten Durchmesser aufgerollt und dann im Ofen getrocknet werden. Allerdings ist bei diesen Blechringen kein vollkommener Eisenschluß für den magnetischen Kraftfluß vorhanden, sondern er verläuft an den Übergangstellen teilweise in Luft bzw. in Isolationsmaterial, wodurch zweifellos erhöhte Verluste auftreten, ganz besonders deshalb, weil die Kraftlinien an der Übergangstelle, also von Windung zu Windung, senkrecht die Blechfläche treffen. Dieser Nachteil läßt sich aber nicht umgehen, und es scheinen auch die hierdurch verursachten zusätzlichen Verluste keine nennenswerte Rolle zu spielen.

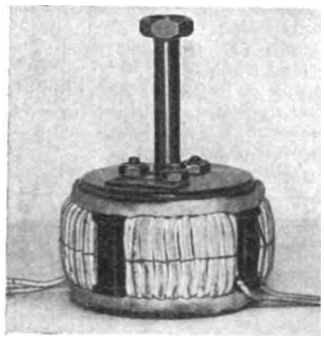


Abb. 13. Hochfrequenztransformator für 600 000 Hz.

In der Abb. 13 ist ein praktisch ausgeführter Transformator für hohe Frequenzen (500 m-Welle) dargestellt. Der Eisenkern (nicht sichtbar) ist nach Abb. 12 ausgeführt. Die Wicklung ist in vier Teile geteilt, so daß vier Zwischenräume entstehen, aus denen das Drucköl wieder austreten kann, das durch ein in der Mitte angebrachtes Rohr zugeführt wird. Durch diese Konstruktion wird auch beim Kerntransformator eine vorzügliche Kühlung des Eisens erzielt.

Der Wirkungsgrad der Frequenztransformation bewegt sich jetzt bei Vervielfachungen von etwa 10 000 Hz auf 90 000 Hz in der Größenordnung von 80 ... 90 %, von 90 000 Hz bis auf 810 000 Hz von 60 ... 70 %, letztere Frequenztransformation in zwei Stufen, z. B. Grundfrequenz von 10 000 auf 90 000, also 9fach, in der zweiten Stufe von 90 000 auf 810 000 Hz, also nochmals 9fache Frequenz.

Es sind nach dem vorbeschriebenen System eine größere Zahl von Sendern für drahtlose Telegraphie wie für Telephonie gebaut worden. Unter anderen sind in Deutschland folgende größere Sender z. Z. in Betrieb:

Bei der Deutschen Reichspost:

1 Maschinensender für 50 kW Antennenenergie mit der Wellenlänge	8700 m
2 Sender für 10 kW und 20 kW Antennenenergie mit den Wellenlängen . . .	2550 u. 4025 „
Rundfunksender München für 12 kW Antennenenergie mit der Wellenlänge	536 „
Polizeisender Adlershof für 5 kW Antennenenergie mit der Wellenlänge	1124 „
Sender für Wetterdienst in Lindenberg i. M. für 5 kW Antennenenergie mit der Wellenlänge	1630 „
Sender für Flugzeugüberwachung in Schleißheim bei München für 1 kW Antennenenergie mit der Wellenlänge	900 „

Was den Vergleich des Röhrensenders mit dem Maschinensender anbelangt, so kann gesagt werden, daß für größere Antennenleistungen (10 kW und mehr) und Wellen über etwa 300 m der Maschinensender den Röhrensender an Wirtschaftlichkeit übertrifft. Die fast unüberwindlichen Schwierigkeiten, die bei der Entwicklung des Maschinensenders auftraten, sind nunmehr beseitigt. Der Verfasser möchte auch an dieser Stelle nicht unerwähnt lassen, daß es die Herren Dir. Hahnemann sowie insbesondere Obering. Herzog waren, denen die restlose Beseitigung der Schwächen des Maschinensenders in vollem Maße gelang. Über die diesbezügliche, nicht die eigentliche Frequenztransformation betreffende Entwicklung des Maschinensenders wird noch später berichtet werden

Digitized by Google

Das Pumpspeicherwerk Herdecke.

Einen Beweis für die große Bedeutung, die man der Speicherung von hydraulischer Energie in der Elektrizitätsversorgung großen Stils beimißt, kann man darin erblicken, daß immer größere Pumpeneinheiten für diesen Zweck gewählt werden. Den raschen Fortgang der Entwicklung kann man ermessen, wenn man sich vor Augen

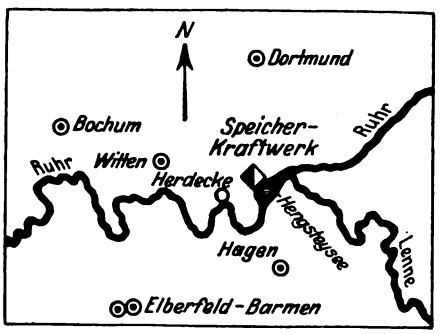


Abb. 1.

hält, daß für das Speicherwerk Herdecke[1] des RWE, dessen erster Maschinensatz am 30. I. in Betrieb kam, eine Pumpenleistung von 36 000 PS gewählt wurde, während die erste deutsche derartige Anlage, das Speicherwerk Fridingen (Württ.), im Jahre 1921 mit 3 Maschinensätzen von insgesamt 1860 PS ausgerüstet war. Die Gesamtleistung der in Herdecke zunächst eingebauten Pumpen von rd. 110 000 PS entspricht der vorläufigen Gesamtpumpenleistung von Niederwartha[2]. Mit einer Gesamtleistung der Turbinen von rd. 200 000 PS und den Einzelleistungen der Pumpen übertrifft aber das Werk Herdecke alle bisherigen Werke dieser Art.

Am Zusammenfluß der Lenne mit der Ruhr (Abb. 1) hat der Ruhrverband einen ausgedehnten Stausee von rd. 2,8 Mill m³ Inhalt, den sogenannten Hengstey-See angelegt, um die Flüsse des Ruhrgebietes von den industriellen Abwässern zu säubern; das durch den Stau geschaffene Gefälle wird in einem Niederdruckkraftwerk (3900 kW) ausgenutzt. Viel wichtiger wurde der See für das zweite bedeutend größere Kraftwerk (140 000 kW). Das Wasser des Sees wird nämlich unter Verwendung von Überschußstrom des RWE-Netzes durch Speicherpumpen in ein Becken befördert, das man in einer Höhe von 160 m auf dem „Kleff" (Abb. 2) in den Felz einsprengte, und das 1,5 Mill m³ Wasser faßt. Der Boden des Beckens wurde mit einer Spritzschicht von Beton überzogen und darüber eine feste Zementdecke gelegt. Zwei Stollen führen zu zwei Rohrleitungen von je 3,2 m Dmr., die an vier Maschinensätze angeschlossen sind. Bei Leerung des Beckens dienen vom Speicherwasser angetriebene Turbinen zur Erzeugung wertvollen Spitzen- oder Reservestromes, ohne daß die bei der Speicherung und Leerung auftretenden Verluste die Wirtschaftlichkeit des Betriebes in Frage stellen können. Abb. 3 zeigt einen Blick auf den Stausee, Rohrleitungen und das 160 m lange Kraftwerksgebäude.

Jeder Maschinensatz besteht aus einer mit einem Drehstromgenerator festgekuppelten Turbine und einer Pumpe, die beim Pumpenbetrieb durch eine im Betrieb ein- und ausrückbare hydraulisch-mechanische Kupplung mit dem dann als Motor arbeitenden Generator verbunden wird. Während der Entwurf der Francis-Spiralturbinen von je 48 600 PS Nennleistung keine wesentlichen Schwierigkeiten bot, lagen die Verhältnisse völlig anders bei den Pumpen, von denen jede bei einer Förderung von 15 m³/s einen Kraftbedarf von 36 000 PS aufweist, und ihren Kupplungen. Die größte Förderhöhe beträgt 166,5 m. Die Pumpen (Abb. 4) sind zweistufig und haben doppelten Einlauf. Die Unmöglichkeit, für derartig große Pumpen ein genügend betriebsicheres Drosselorgan in die Rohrleitung einzubauen, zwang zur Verwendung eines Leitapparats mit beweglichen Schaufeln, wodurch auch bei wechselnder Belastung ein ruhiger Gang der Pumpen erzielt wird. Die hydraulisch-mechanische Kupplung (Abb. 5), Bauart Voith-Föttinger, arbeitet völlig stoßfrei in der Weise, daß der Läufer der angestellten Pumpe vom Stillstand zunächst durch den hydraulischen Teil der Kupplung auf rd. 95 % der Betriebsdrehzahl beschleunigt, und dann erst der mechanische Teil eingerückt wird, mit Hilfe dessen die Normaldrehzahl in rd. 35 s erreicht wird.

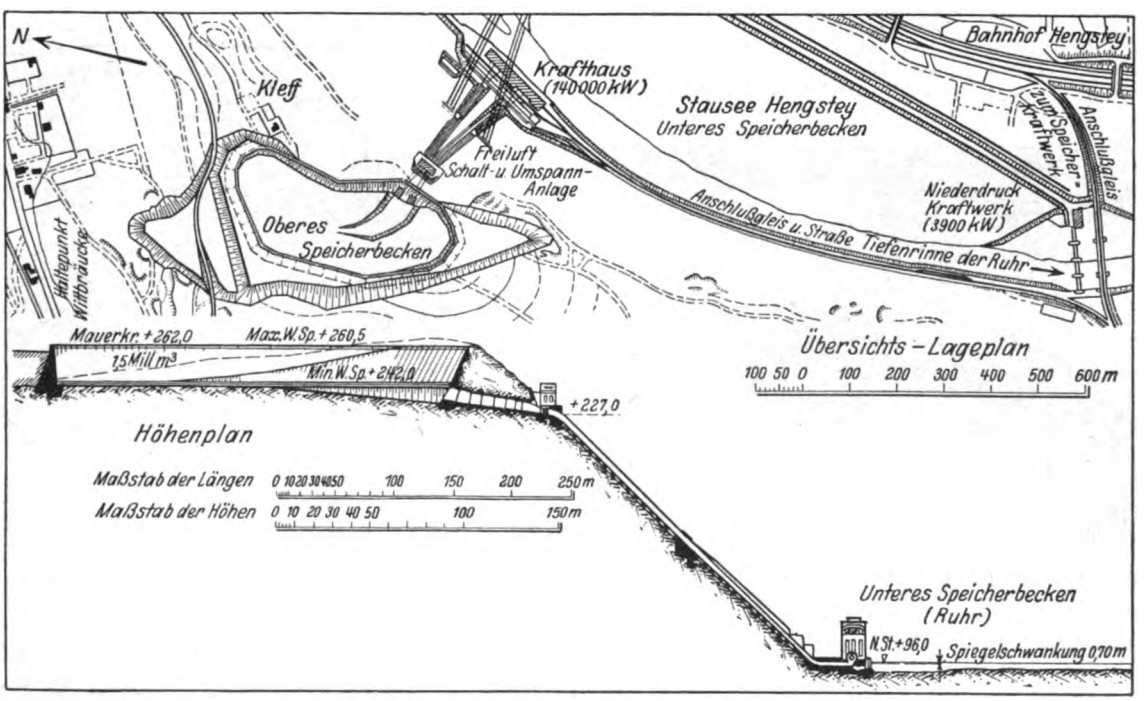


Abb. 2. Lage- und Höhenplan.

Der gesamte Maschinensatz hat selbsttätige Steuerung, so daß alle Steuerbewegungen sowohl für den Turbinen- als auch für den Pumpenbetrieb von einer Schaltwalze im Schaltraum eingeleitet, elektrisch nach den Steuerschränken im Maschinenhaus übertragen und von dort aus durch druckölgesteuerte Ventile nach den

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1413.
[2] Vgl. ETZ 1927, S. 945.

Digitized by Google

einzelnen Hilfsmotoren weitergeleitet werden. Auf diese Weise können die Turbinen in rd. 120 s in Betrieb gesetzt werden, in rd. 150 s ist Übergang von Turbinen- auf Pumpenbetrieb und in 50 s von Pumpen- auf Turbinenbetrieb möglich. Sämtliche hydraulischen Maschinen, Abschlußorgane und Apparate sowie der hydraulische Teil der Automatik sind von der Firma I. M. Voith, Heidenheim, geliefert, die Pumpen gemeinsam mit der Gebr. Sulzer AG., Ludwigshafen, von den elektrischen Einrichtungen 2 Maschinen, 4 Transformatoren und Schaltanlage von der AEG und 2 Maschinen mit dazugehöriger Automatik von den SSW. Abb. 6 zeigt einen der beiden bereits in Betrieb genommenen AEG-Generatoren für 40 000 kVA und 300 U/min. Bei Speicherbetrieb arbeitet die Maschine als Synchronmotor und leistet 30 000 kW dauernd bzw. 1 h lang 12 % Überlast. Ferner ist der Generator imstande, untererregt als Phasenschieber 20 000 kVA als Blindleistung abzugeben. Zur Verkürzung der Gesamtlänge des Maschinensatzes wurden Ossanna-Erregermaschinen in das Generatorgehäuse eingebaut, deren Kommutator in Abb. 6 zwischen Außenlager und Generator sichtbar wird. Das Gesamtgewicht eines Generators beträgt fast 300 t.

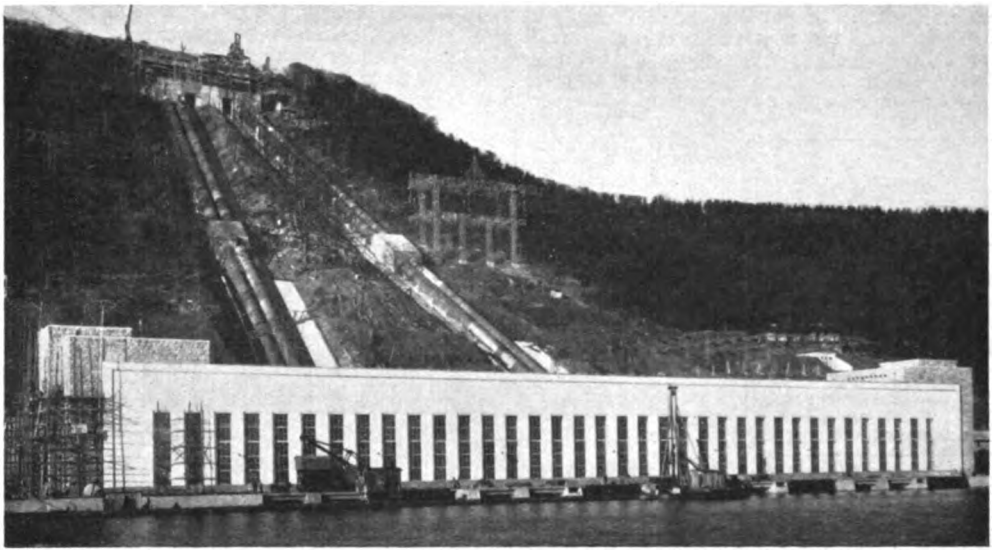


Abb. 3. Ansicht des Werkes vom Hengstey-See aus.

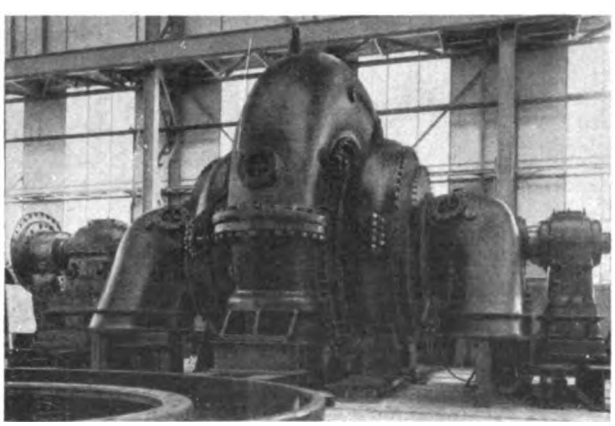


Abb. 4. 36 000 PS-Speicherpumpe.

Die Maschinenspannung von 10 kV wird durch 40 000-kVA-Transformatoren (Abb. 7) auf 220 kV, bzw. auch umschaltbar auf 100 kV, heraufgesetzt. Von den in der Freiluft-Schaltanlage eingebauten Apparaten zeigt Abb. 8 220 kV- und 110 kV-Ölschalter der AEG nebeneinander, während die Abb. 9 a u. b die dazugehörigen Trennschalter darstellen. Die letzteren hat die AEG mit drei Stützenisolatoren ausgerüstet, von denen der mittlere für das Öffnen und Schließen des Schalters beweglich angeordnet und durch eine Schereneinrichtung mit einem Außenstützer verbunden ist. Bemerkenswert ist hieran die geschützte Anordnung der Kontakte; auf dem beweglichen Isolator sitzt eine horizontale Hülse, innerhalb deren sich unter Federwirkung eine zweite Hülse verschieben kann, so daß sie im ausgeschalteten Zustand weiter hervortritt als bei Einschaltung. Im letzteren Falle schiebt sie sich so weit zurück, daß die in ihrem Innern befindliche und mit dem beweglichen Isolator starr verbundene Kontaktzunge in den feststehenden Kontakt gepreßt wird.

Bei dem von der AEG gelieferten elektrischen Teil der Automatik wird durch die Einstellung eines sogenannten Wählerschalters von Hand die gewünschte Art des Betriebes, z. B. Generator-, Phasenschieber- oder Pumpenbetrieb, bestimmt. Die Inbetriebsetzung des Maschinensatzes im Anschluß an diese Auswahl erfolgt vollselbsttätig. Da sich die Inbetriebnahme der ganzen Anlage einschließlich der Parallelschaltung der Generatoren auf das Netz innerhalb von 3½ min vollzieht, kommt die Bedeutung der elektrischen Maschinen als Momentreserve voll zur Geltung. Das selbsttätige Parallelschalten geschieht hierbei durch die sogenannte Grobsynchronisierung, wobei der Generator nach seinem

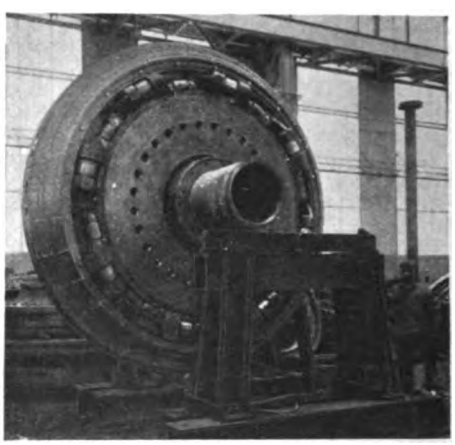


Abb. 5. Hydraulisch-mechanische Kupplung.

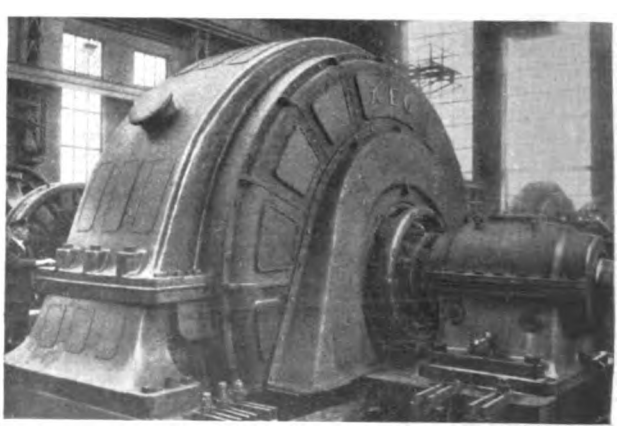


Abb. 6. Generator für 40 000 kVA, 300 U/min.

Digitized by Google

selbsttätigen Hochlaufen schwach erregt auf das Netz geschaltet wird, u. zw. über eine Drosselspule direkt, welche nach Erreichen der synchronen Drehzahl und voller Erregung der Maschine selbsttätig durch einen Ölschalter überbrückt wird. Bei Übergang von der einen zur anderen Betriebsart, z. B. vom Generator- zum Pumpenbetrieb, braucht lediglich der Wählerschalter verstellt zu werden.

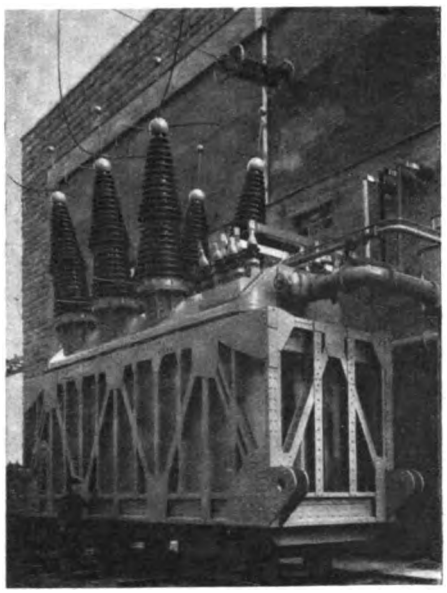


Abb. 7. AEG-Transformator für 40 000 kVA.

Die elektrische Spitzenleistung des Werkes, dessen Bauzeit sich auf rd. 2½ Jahre beläuft, und das seit Ende März d. J. zur Hälfte in Betrieb ist, beträgt 140 000 kW (gegenüber 112 000 kW des Walchenseewerks), und es können jährlich 160 Mill kWh erzeugt werden. Das Werk dient, neben der Aufnahmemöglichkeit für schlecht verwertbare Nachtenergie und veränderliche Energie des Ruhr- und Braunkohlengebietes sowie demnächst für Überschußenergie der Alpen- und Rheinwasserkräfte, zur Deckung der Spitzen des RWE-Netzes und gleichzeitig in etwaigen Störungsfällen als Momentreserve. Da es sich also in erster Linie um einen täglichen Ausgleich der Spitzen mit Hilfe künstlicher hydraulischer Energie handelt, ist das Prinzip ein anderes als bei den Speicheranlagen im Alpengebiet, wo das Betriebsmittel natürlich zufließt und lediglich durch Speicherung vom Sommer auf den Winter verschoben wird. Das Werk liegt mitten im Hauptabsatzgebiet und ist in den Ring der 220 kV-Leitung des RWE „Brauweiler—Wesel—Ibbenbüren—Osnabrück—Paderborn—Herdecke—Brauweiler" eingegliedert. Die Hauptschaltstelle in Brauweiler, welche die gesamte Lastverteilung im RWE-Gebiet vornimmt, kann bei Ausfall einer Maschine in einem Kraftwerk oder einer Kupplungsleitung fast augenblicklich auf die 140 000 kW von Herdecke zurückgreifen. Wie die Belastung des Gesamtnetzes des RWE durch Herdecke verflacht wird, zeigt Abb. 10, der ein Höchstbelastungstag des Jahres 1929 zugrunde liegt.

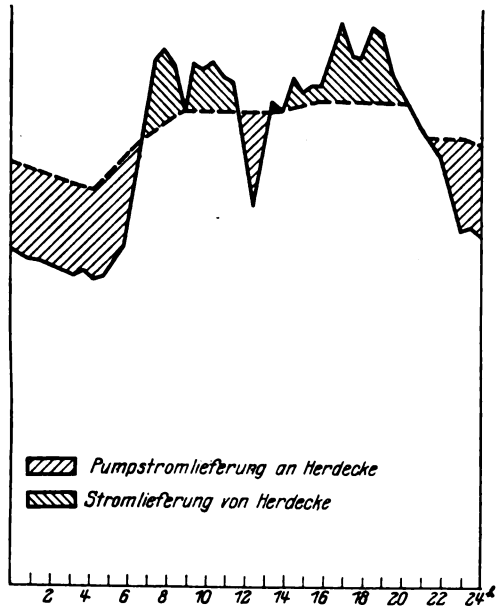
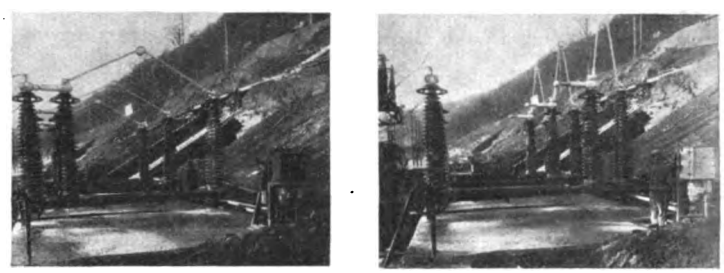


Abb. 10. Belastung des RWE-Netzes an einem Höchstbelastungstag des Jahres 1929 und Spitzenausgleich durch Herdecke.

Die Gestehungskosten des Werkes, bezogen auf die kW-Einheit, sind zwar nach Angabe des RWE nicht höher als diejenigen einer entsprechenden Dampfkraftanlage; selbstverständlich können sich aber bis zur völligen Abschreibung der Anlagekosten die für die Anlage maßgebenden wirtschaftlichen und technischen Grundbedingungen durchgreifend geändert haben. Der Mut, mit welchem man sich über diese Möglichkeit hinweggesetzt hat, ist charakteristisch für die Arbeitsweise des Konzerns. Jedenfalls kann die Errichtung des Werkes als ein Zeugnis dafür gelten, daß auch die überaus ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse, die sich seit Kriegsende immer mehr verschärft haben, deutsche Unternehmungslust und wirtschaftliche Kraft nicht haben brechen können.

W. Kraska.

Abb. 8. Ölschalter in der Freiluft-Schaltanlage.



a) geschlossen b) offen

Abb. 9. Trennschalter.

Digitized by Google

Verfahren zur Widerstandsmessung bei Gleichstrommaschinen.

Von Ing. Dr. techn. **Heinrich Sequenz**, Wien.

Übersicht. Das Verfahren von E. Müllendorff[1] zur Bestimmung des Ankerwiderstandes von Gleichstrommaschinen ist nur bei Maschinen anwendbar, bei denen mindestens zwei Bürsten auf jedem Bürstenbolzen sitzen. Im folgenden wird das Müllendorffsche Verfahren auch auf jene Maschinen ausgedehnt, die nur eine Bürste auf jedem Bürstenbolzen haben. Ausgenommen sind Maschinen mit nur zwei Bürstenbolzen.

In dieser Zeitschrift[1] gab E. Müllendorff folgendes Verfahren zur Bestimmung des Ankerwiderstandes von Gleichstrommaschinen an: Es seien n Bürsten auf jedem Bürstenbolzen vorhanden. Man hebt zuerst alle Bürsten bis auf eine auf jedem Bürstenbolzen vom Stromwender ab und mißt den Widerstand an den Maschinenklemmen. Diese Messung ergebe den Wert r_1 [Ω]. Es besteht dann offenbar die Beziehung

$$r_1 = r_a + r_{\ddot{u}},$$

wenn mit r_a der zu bestimmende Widerstand des Ankers und mit $r_{\ddot{u}}$ der gesamte Bürsten-Übergangswiderstand bezeichnet werden für den Fall, daß nur eine Bürste jedes Bolzens auf dem Stromwender aufliegt. Läßt man aber von jedem Bürstenbolzen zwei Bürsten aufliegen und mißt den Widerstand an den Maschinenklemmen mit r_2 [Ω], so erhält man die Gleichung

$$r_2 = r_a + \frac{r_{\ddot{u}}}{2}.$$

Liegen drei Bürsten jedes Bolzens auf dem Stromwender, so ist

$$r_3 = r_a + \frac{r_{\ddot{u}}}{3}$$

usw. Wenn schließlich alle n Bürsten eines Bolzens auf dem Stromwender aufliegen, so erhält man die Beziehung

$$r_n = r_a + \frac{r_{\ddot{u}}}{n}.$$

Durch Wegschaffen von $r_{\ddot{u}}$ aus je zwei aufeinanderfolgenden Gleichungen entstehen die Beziehungen:

$$r_a = 2\,r_2 - r_1$$
$$r_a = 3\,r_3 - 2\,r_2$$
$$\vdots$$
$$r_a = n\,r_n - (n-1)\,r_{n-1}.$$

Man bekommt also $(n-1)$ Werte für den Ankerwiderstand r_a und kann als dessen wahrscheinlichsten Wert das arithmetische Mittel ansehen:

$$r_a = \frac{n\,r_n - r_1}{n-1}.$$

Aus dieser Formel erkennt man, daß zur Bestimmung von r_a nur zwei Messungen notwendig sind: eine Messung mit einer Bürste jedes Bürstenbolzens auf dem Stromwender und die zweite Messung mit allen Bürsten auf dem Stromwender. Der gesamte Bürsten-Übergangswiderstand ist

$$\frac{r_{\ddot{u}}}{n} = \frac{r_1 - r_n}{n-1}.$$

Das Verfahren von Müllendorff setzt voraus, daß der Bürsten-Übergangswiderstand im umgekehrten Verhältnis zur Anzahl der auf dem Stromwender aufliegenden Bürsten jedes Bürstenbolzens steht, d. h. daß, wenn $r_{\ddot{u}}$ den Bürsten-Übergangswiderstand darstellt für eine Bürste jedes Bürstenbolzens auf dem Stromwender, $r_{\ddot{u}}/n$ der Übergangswiderstand ist, wenn n Bürsten jedes Bürstenbolzens auf dem Stromwender aufliegen. Dies ist aber nur möglich, wenn bei den beiden Messungen (mit einer bzw. mit n Bürsten) die spezifischen Übergangswiderstände zwischen 1 cm² Bürstenfläche und dem Stromwender gleich sind, und diese Bedingung ist nur erfüllt, wenn die Stromdichten unter den Bürsten bei diesen beiden Messungen die gleichen sind. Läßt sich diese Forderung bei der Messung nicht genau erfüllen, so muß man zwei Kurven des Widerstandes für eine Bürste bzw. für n aufliegende Bürsten über einen größeren Bereich der Stromstärke aufnehmen, Punkte gleicher Stromdichte abgreifen und für die Berechnung verwenden[2].

[1] E. Müllendorff, ETZ 1925, S. 1081.
[2] M. Riepe, ETZ 1926, S. 1163.

Wie man sieht, ist das Verfahren nach Müllendorff nur anwendbar, wenn mindestens zwei Bürsten auf jedem Bolzen sitzen. In den folgenden Abschnitten soll nun eine Erweiterung des Müllendorffschen Verfahrens gezeigt werden, die es erlaubt, den Ankerwiderstand getrennt vom Bürsten-Übergangswiderstand auch in allen jenen Fällen zu ermitteln, in denen nur eine einzige Bürste auf jedem Bürstenbolzen vorhanden ist. Ausgenommen sind Maschinen mit nur zwei Bürstenbolzen.

1. Schleifenwicklungen.

In Abb. 1 ist eine sechspolige Schleifenwicklung dargestellt. Auf jedem der sechs Bürstenstifte sitze eine Bürste. Hebt man alle Bürsten ab bis auf eine positive und die zunächstliegende negative Bürste, so wird man an den Maschinenklemmen einen Widerstand messen, der wie folgt angeschrieben werden kann:

$$r_1 = p\,r_{\ddot{u}} + (2a-1)\,r_a,$$

denn es sind in der Ankerwicklung zu dem einen Ankerstromzweig vom Widerstande $2a\,r_a$ die übrigen $(2a-1)$ Ankerstromzweige von je $2a\,r_a$ Ohm Widerstand parallelgeschaltet. r_a bedeutet dabei den gesamten Ankerwiderstand und $2a$ die Zahl der Ankerstromzweige. Mit $r_{\ddot{u}}$ ist jener Bürsten-Übergangswiderstand bezeichnet, der auftritt, wenn alle Bürsten auf dem Stromwender aufliegen. Da p Paare von Bürstenbolzen vorhanden sind, ist der Bürsten-Übergangswiderstand für ein Bürstenpaar $p\,r_{\ddot{u}}$.

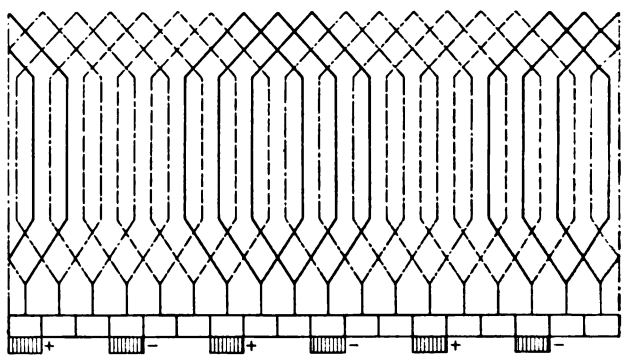


Abb. 1. Sechspolige Schleifenwicklung.

Legt man nun das nächste Bürstenpaar ebenfalls auf den Stromwender, so wird der an den Maschinenklemmen gemessene Widerstand

$$r_2 = \frac{p\,r_{\ddot{u}}}{2} + 2a\,r_a\,\frac{2a-3}{3\,.\,(2a-3)+1},$$

denn in diesem Falle sind neben drei parallelen Ankerzweigen vom Widerstande $2a\,r_a\,.\,1/3$ die restlichen $(2a-3)$ Zweige mit dem Gesamtwiderstande $(2a-3)\,.\,2a\,r_a$ eingeschaltet.

Wenn dann das nächste, dritte Bürstenpaar auf den Stromwender gelegt wird, so mißt man einen Widerstand von der Größe

$$r_3 = \frac{p\,r_{\ddot{u}}}{3} + 2a\,r_a\,\frac{2a-5}{5\,.\,(2a-5)+1}.$$

Dies wird fortgesetzt, bis schließlich das letzte, p-te Bürstenpaar zum Aufliegen kommt. Der Widerstand, den man in diesem Falle mißt, wird dann sein

$$r_p = \frac{p\,r_{\ddot{u}}}{p} + 2a\,r_a\,\frac{2a-(2p-1)}{(2p-1)\,.\,(2a-2p+1)+1}$$

oder, weil $2p = 2a$,

$$r_p = r_{\ddot{u}} + r_a.$$

Man bekommt auf diese Weise p Gleichungen für den Ankerwiderstand r_a und den Bürsten-Übergangswiderstand $r_{\ddot{u}}$. Schafft man aus je zwei aufeinanderfolgenden Gleichungen $r_{\ddot{u}}$ weg, so erhält man $(p-1)$ Gleichungen für den Ankerwiderstand. Bildet man das arithmetische Mittel aus diesen $(p-1)$ Werten von r_a, so kann dieses als der wahrscheinlichste Wert des Ankerwiderstandes angesehen werden.

Digitized by Google

Für eine vierpolige Maschine ($2p = 4$) mit Schleifenwicklung wird der Ankerwiderstand aus den zwei möglichen Messungen mit einem bzw. mit beiden Bürstenpaaren

$$r_a = r_1 - 2r_2.$$

Bei einer sechspoligen Maschine ($2p = 6$) können drei Messungen durchgeführt werden mit einem, zwei und allen drei aufliegenden Bürstenpaaren. Als Mittelwert der beiden Werte des Ankerwiderstandes, die wir aus den drei Gleichungen erhalten, erscheint

$$r_3 = \frac{5}{42}(3r_1 + 8r_2 - 21r_3).$$

Aus den vier Messungen, die bei einer achtpoligen Maschine möglich sind, folgt der Mittelwert des Ankerwiderstandes zu

$$r_a = \frac{r_1}{16} + r_2 - \frac{8}{3}r_4.$$

2. Reihenwicklungen.

Bei den Reihenwicklungen mit zwei Ankerstromzweigen, bei denen alle $2p$ Bürsten auf den Stromwender aufgesetzt sind, kann man den Ankerwiderstand getrennt vom Bürsten-Übergangswiderstand in genau derselben Weise wie bei den vorhin behandelten Schleifenwicklungen ermitteln. Die Gleichungen werden aber weitaus einfacher.

Hebt man alle Bürsten vom Stromwender ab und legt nur eine positive und eine benachbarte negative Bürste auf, so wird der an den Maschinenklemmen gemessene Widerstand der folgende sein:

$$r_1 = r_a + p\,r_{\ddot{u}}.$$

Mit r_a wird wieder der gesamte Ankerwiderstand, mit $r_{\ddot{u}}$ der gesamte Bürsten-Übergangswiderstand (wenn alle p Bürstenpaare aufliegen) bezeichnet.

Legt man nun das nächste Bürstenpaar auf und mißt abermals den Widerstand an den Maschinenklemmen, so kann dieser angeschrieben werden mit

$$r_2 = r_a + \frac{p}{2}r_{\ddot{u}},$$

denn es genügt bekanntlich bei einer eingängigen Wellenwicklung, eine positive und eine negative Bürste auf den Stromwender zu legen, wenn auch die Maschine mehr als zwei Pole besitzt. Man legt jedoch im allgemeinen alle $2p$ Bürsten auf, um das Bürstenfeuer leichter unterdrücken zu können. Durch die Verbindungen der gleichnamigen Bürsten wird nun der von einer Bürste kurzgeschlossene Umlauf nochmals über die gleichpoligen Bürsten kurzgeschlossen (Abb. 2). Das Auflegen des zweiten Bürstenpaares ändert also den Ankerwiderstand nicht, wenn man von dem Einfluß der Kurzschlußstromkreise absieht, die noch dazu kommen, sondern setzt nur den Bürsten-Übergangswiderstand auf die Hälfte herunter.

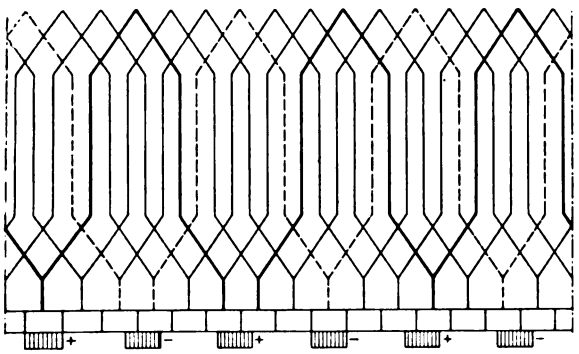


Abb. 2. Sechspolige Wellenwicklung (Reihenwicklung).

Ein drittes Bürstenpaar verändert den gemessenen Widerstand in

$$r_3 = r_a + \frac{p}{3}r_{\ddot{u}}.$$

Nach dem Auflegen des p-ten Bürstenpaares wird der Widerstand an den Maschinenklemmen

$$r_p = r_a + r_{\ddot{u}}.$$

Schafft man aus je zwei aufeinanderfolgenden Gleichungen $r_{\ddot{u}}$ weg, so erhält man $(p-1)$ Werte für den Ankerwiderstand r_a:

$$r_a = 2r_2 - r_1$$
$$r_a = 3r_3 - 2r_2$$
$$\vdots$$
$$r_a = p\,r_p - (p-1)\,r_{p-1}.$$

Der arithmetische Mittelwert als der wahrscheinlichste Wert des Ankerwiderstandes ist

$$r_a = \frac{p\,r_p - r_1}{p-1}.$$

Wie beim Müllendorffschen Verfahren sind also nur zwei Messungen notwendig: eine mit allen Bürstenpaaren auf dem Stromwender und eine nur mit einem Bürstenpaare.

3. Reihenparallelwicklungen.

Diese mehrfachen Wellenwicklungen sind genau so zu behandeln wie die Reihenwicklungen. Auch hier würde ein Bürstenpaar auf dem Stromwender genügen, um die $2a$ Ankerstromzweige parallel zu schalten, wenn die Bürstenbreite größer ist als die a-fache Stromwenderstegteilung. Man ordnet aber auch hier im allgemeinen $2p$ Bürstenstifte an. Wie bei der Reihenwicklung in Abb. 2 wird der durch eine Bürste kurzgeschlossene Umlauf der Wellenwicklung durch die übrigen $(p-1)$ gleichnamigen Bürsten in seinen p Spulen nochmals kurzgeschlossen. Wieder ändert sich also der Ankerwiderstand nicht, gleichgültig, ob nur ein Bürstenpaar oder ob sämtliche Bürstenpaare aufliegen.

4. Zusammenfassung.

Das beschriebene Verfahren erlaubt, den Ankerwiderstand bei allen jenen Maschinen zu ermitteln, die mehr als zwei Bürstenstifte mit je einer Bürste besitzen. Es wird im allgemeinen für Maschinen kleiner und mittlerer Leistung verwendet werden können. Solche Maschinen sind aber fast alle vierpolig gebaut und meistens mit einer Reihenwicklung, seltener mit einer Schleifenwicklung ausgerüstet. In beiden Fällen legt man zuerst nur ein Bürstenpaar auf den Stromwender und mißt an den Maschinenklemmen den Widerstand r_1. Dann werden beide Bürstenpaare aufgelegt, und es wird abermals der Widerstand gemessen, der mit r_2 bezeichnet sei. Bei Reihenwicklungen ist dann der Ankerwiderstand

$$r_a = 2r_2 - r_1,$$

bei Schleifenwicklungen

$$r_a = r_1 - 2r_2.$$

Zu beachten ist, daß bei beiden Messungen die Stromdichten unter den Bürsten die gleichen sein müssen. Läßt die Versuchsanordnung eine solche genaue Einstellung der erforderlichen Stromstärken nicht zu, so wird man am besten die Widerstände bei beiden Messungen (mit einem und mit zwei Bürstenpaaren) für verschiedene Stromstärken ermitteln. Dann stellt man sich die Widerstände mit einem Bürstenpaar und die Widerstände mit zwei Bürstenpaaren in Abhängigkeit von der verwendeten Stromstärke in je einer Kurve zusammen, greift aus diesen zwei Kurven die Punkte gleicher Stromdichte heraus und rechnet mit diesen Werten die Formel aus. Die Messung kann mit verschiedenen Ankerstellungen wiederholt oder bei langsam sich drehendem Anker vorgenommen werden. In die Rechnung sind dann die Mittelwerte einzusetzen.

Das Verfahren, das wie eingangs schon betont wurde eine Erweiterung des Verfahrens von E. Müllendorff ist, hat selbstverständlich fast alle seine Vor- und Nachteile. Diese Vorzüge und Mängel wurden größtenteils schon in den beiden angeführten Arbeiten von Müllendorff und Riepe aufgezeigt; sie sollen aber hier kurz noch einmal zusammengestellt werden.

Die Vorzüge des Verfahrens sind: Einfachheit; Möglichkeit der Durchführung auch bei schwer zugänglichen Stromwendern, d. h. an Aufstellungsorten der Maschine, wo ein Abtasten der Stromwenderstege schwierig ist; weiter liegt ein nicht zu unterschätzender Vorteil darin, daß entgegen dem beim Abtasten auftretenden unsicheren Kontakt die Messung bei fester Verbindung mit den Maschinenklemmen ausgeführt werden kann; außerdem ist zu beachten, daß z. B. bei der Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung beim Abtasten leicht eine Kontaktunterbrechung, ein Abgleiten, eintreten kann, wodurch dann das Spannungsmeßgerät fast an die gesamte Spannung der verwendeten Stromquelle zu liegen kommt und dadurch Schaden leiden kann.

Die Nachteile des Verfahrens liegen darin, daß der spezifische Übergangswiderstand zwischen 1 cm² Bürstenfläche und dem Stromwender außer von der Stromdichte (was ja berücksichtigt wurde) auch vom Stoff der Bürste, von der chemischen und mechanischen Beschaffenheit der Berührungsflächen und vom Auflagedruck abhängig ist[3]. Dieser Ungleichheit der Bürsten-Übergangswider-

[3] Arnold-la Cour, Die Gleichstrommaschine, Bd. 1, S. 285. Verlag von Julius Springer, Berlin 1919, 3. Aufl. – R. Richter, Elektrische Maschinen, Bd. 1, S. 232. Verlag von Julius Springer, Berlin 1924.

Digitized by Google

stände kann man aber Rechnung tragen, indem man z. B. bei Maschinen mit vier Bürstenbolzen bei der ersten Messung, die mit einem aufliegenden Bürstenpaare durchgeführt wird, viermal diese Messung macht, indem man die vier Möglichkeiten ausnutzt, aus den zwei positiven und den zwei negativen Bürsten Paare zusammenzustellen.

Das hier angegebene Verfahren wurde an mehreren Maschinen geprüft und seine Ergebnisse stimmten gut mit jenen überein, die das genaue Verfahren nach Wettler[4] ergab. So z. B. war der Ankerwiderstand eines vierpoligen Gleichstrommotors für 4,6 PS, 440 V, 9,2 A und 1400 U/min, der mit einer künstlich geschlossenen Reihenwicklung ausgerüstet war, nach dem genauen Verfahren[5] 2,48 Ω, nach dem hier geschilderten Verfahren 2.43 Ω. Der Unterschied betrug also nur ungefähr 2 % des genauen Wertes. Ein vierpoliger Gleichstromerzeuger mit einer künstlich geschlossenen Reihenwicklung, der für 115 V und 34,8 A, also 3,8 kW bei 1510 U/min gebaut ist, zeigte nach dem genauen Verfahren[5] einen Ankerwiderstand von 0.15 Ω, nach dem hier beschriebenen Verfahren 0,14 Ω. Der Unterschied ist also 6,66 % des genauen Betrages.

[4] Wettler, ETZ 1902, S. 8. — H. Sequenz, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 260 (1928).

[5] H. Sequenz, ETZ 1928, S. 750.

Begriffe und Bezeichnungen für Untersuchungen und Berechnungen auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft.

Von **Walther Windel**, Berlin-Steglitz.

Übersicht: Die Arbeit bringt in Form einer Übersicht einen Vorschlag für die Normung einiger für elektrizitätswirtschaftliche Untersuchungen unentbehrlicher Grundbegriffe und Buchstabenbezeichnungen sowie für die Berechnungsmöglichkeiten der einzelnen Werte. Da es sich bei diesem Vorschlag um wirtschaftliche Fragen handelt, ist bei der Wahl der Bezeichnungen auf die Festsetzungen des AEF keine Rücksicht genommen worden.

Bereits in meiner „Einführung in die Elektrizitätswirtschaft“[1] wies ich auf die Bedeutung einer einheitlichen und allgemein anzuerkennenden Normung der für alle elektrizitätswirtschaftlichen Untersuchungen unentbehrlichen Grundbegriffe und Buchstabenbezeichnungen hin. Bis heute ist noch keine nationale, geschweige denn internationale Regelung auf diesem Gebiet erfolgt. Jeder Schriftsteller legt seinen Berechnungen die verschiedensten Begriffe und Bezeichnungen zugrunde. Er handelt hierbei nach den Worten des Mephistopheles in der Schülerszene (Faust):

„Denn eben, wo Begriffe fehlen,
da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein“

und beruhigt sich hierbei mit dem Gedanken des Korinther-Briefes: „Der Buchstabe tötet, aber der Geist machet lebendig!“

Mit diesem genialen sich-hinweg-setzen über eine feste Normung und einheitliche Begriffe kommt die Elektrizitätswirtschaft aber nicht weiter. Viele Irrtümer in wirtschaftlichen wie statistischen Arbeiten sind darauf zurückzuführen, daß oft Autoren unter gleichem Namen wie Buchstaben etwas wesentlich anderes verstehen.

Wie ich in meiner eingangs erwähnten Abhandlung anführte, ist es ein Verdienst Klingenbergs gewesen, grundlegend bei der Einführung einheitlicher Begriffe und Bezeichnungen gewirkt zu haben.

Es ist ein unbedingtes Erfordernis, auch in der Elektrizitätswirtschaft sich auf einheitliche Begriffe und Bezeichnungen einzustellen, damit der Leser nicht gezwungen wird, bei jeder neuen Lektüre seine Gedanken „umzuschalten“. Unklarheiten und unnützer Zeitverlust werden hierdurch vermieden. Klarheit, Eindeutigkeit und Übersichtlichkeit müssen geschaffen und viele unnütze Worte

(Schluß des Textes auf S. 741.)

[1] ETZ 1926, S. 1121.

Begriffe und Bezeichnungen für Untersuchungen und Berechnungen auf dem Gebiet der „Elektrizitätswirtschaft“.

Lfd. Nr.	Begriff	Buchstabenbezeichnung	Zu errechnen aus: Buchstabenbezeichnung	Zu errechnen aus: laufende Nummer	Einheit
	a	b	c	d	e
			I.		
1	Flächeninhalt von Belastungsdiagrammen bzw. die jährlich erzeugte elektrische Arbeit	F	$L \cdot h_L$	(2) . (7)	kWh
			$S \cdot h_S$	(3) . (8)	„
2	Gesamte Leistungsfähigkeit oder die installierte Leistung (einschl. Reserve)	L	F / h_L	(1) / (7)	kW
3	Spitze oder Höchstbelastung	S	F / h_S	(1) / (8)	„
4	Leistungsgröße einer Maschine	$\mathfrak{L}$	—	—	„
5	Durchschnittsbelastung oder mittlere Jahresbelastung	L_m	F / 8760 Std.	(1) / 8760 Std.	„
			$n \cdot L$	(12) . (2)	„
			$m \cdot S$	(11) . (3)	„
			$S \cdot h_S$ / 8760 Std.	(3) . (8) / 8760 Std.	„
			$L \cdot h_L$ / 8760 Std.	(2) . (7) / 8760 Std.	„
			S	(3)	„
			σ	(43)	
6	Benutzungsdauer, Betriebszeit oder Stundenzahl	h	—	—	Std.
7	Jährliche Benutzungsdauer der gesamten installierten Leistung	h_L	F / L	(1) / (2)	„
			L_m . 8760 Std. / L	(5) . 8760 Std. / (2)	„
			n . 8760 Std.	(12) . 8760 Std.	„
			$S \cdot h_S$ / L	(3) . (8) / (2)	„
			h_S / r	(8) / (13)	„

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Begriff	Buchstaben-bezeichnung	Zu errechnen aus: Buchstabenbezeichnung	Zu errechnen aus: laufende Nummer	Einheit
	a	b	c	d	e
8	Benutzungsdauer der Spitzenleistung	h_S	$\frac{F}{S}$	$\frac{(1)}{(3)}$	Std.
			$\frac{8760\ \text{Std.}}{\sigma}$	$\frac{8760\ \text{Std.}}{(43)}$	„
			$\frac{L_m \cdot 8760\ \text{Std.}}{S}$	$\frac{(5) \cdot 8760\ \text{Std.}}{(3)}$	„
			$m \cdot 8760\ \text{Std.}$	$(11) \cdot 8760\ \text{Std.}$	„
			$\frac{L \cdot h_L}{S}$	$\frac{(2) \cdot (7)}{(3)}$	„
			$r \cdot h_L$	$(13) \cdot (7)$	„
9	Benutzungsdauer des gesamten Anschlußwertes aller angeschlossenen Abnehmer	h_{a_w}	$\frac{F \cdot (100\,\% - v_{erz})}{A_w}$	$\frac{(1) \cdot [100\,\% - (31)]}{(36)}$	„
			$8760\ \text{Std.} \cdot \frac{L_m}{A_w} \times (100\,\% - v_{erz})$	$8760\ \text{Std.} \cdot \frac{(5)}{(36)} \times [100\,\% - (31)]$	„
10	**Grenz**benutzungsdauer	h_{Grenz}	—	—	„
11	Belastungsfaktor	m	$\frac{L_m}{S}$	$\frac{(5)}{(3)}$	%
			$\frac{h_S}{8760\ \text{Std.}}$	$\frac{(8)}{8760\ \text{Std.}}$	„
			$\frac{L}{S} \cdot n$	$\frac{(2)}{(3)} \cdot (12)$	„
			$\frac{h_S}{h_L} \cdot n$	$\frac{(8)}{(7)} \cdot (12)$	„
			$r \cdot n$	$(13) \cdot (12)$	„
12	Ausnutzungsfaktor	n	$\frac{L_m}{L}$	$\frac{(5)}{(2)}$	„
			$\frac{h_L}{8760\ \text{Std.}}$	$\frac{(7)}{8760\ \text{Std.}}$	„
			$\frac{S}{L} \cdot m$	$\frac{(3)}{(2)} \cdot (11)$	„
			$\frac{h_L}{h_S} \cdot m$	$\frac{(7)}{(8)} \cdot (11)$	„
			$\frac{m}{r}$	$\frac{(11)}{(13)}$	„
13	Reservefaktor	r	$\frac{L}{S}$	$\frac{(2)}{(3)}$	%
			$\frac{m}{n}$	$\frac{(11)}{(12)}$	„
			$\frac{h_S}{h_L}$	$\frac{(8)}{(7)}$	„
14	**Verschiedenheitsfaktor** S_1 = Spitze der Belastg. 1 in kW S_2 = „ „ „ 2 „ „ S_3 = „ „ „ 3 „ „ S_x = „ „ „ x „ „	v	$\frac{\sum (S)}{\frac{(S_1 + S_2 + S_3 \ldots + S_x)}{S}}$	$\frac{\sum (S)}{(3)}$	„
			$\frac{1}{g}$	$\frac{1}{(15)}$	„
15	**Gleichzeitigkeitsfaktor** = Verhältnis der wirklich auftretenden Spitze zur Summe aller Teilbelastungsspitzen	g	$\frac{S}{\frac{(S_1 + S_2 + S_3 \ldots + S_x)}{\sum (S)}}$	$\frac{(3)}{\sum (S)}$	„
			$\frac{1}{v}$	$\frac{1}{(14)}$	„
16	**Gleichzeitigkeitsziffer**, Benutzungsverhältnis der Höchstbelastung A_{w_1} = Anschlußwert des Abnehmers 1 in kW A_{w_2} = „ „ „ 2 „ „ A_{w_3} = „ „ „ 3 „ „ A_{w_x} = „ „ „ x „ „	y_z	$\frac{S}{\frac{(A_{w_1} + A_{w_2} + A_{w_3} \ldots + A_{w_x})}{\sum (A_w)}}$	$\frac{(3)}{\sum (A_w)}$	„
17	**Betriebszeitfaktor** = Ges. Betriebszeit aller Maschinen in Std. / Höchstmögl. Betriebszeit aller Masch. in Std.	f	$\frac{\sum (\mathfrak{L} \cdot h)}{8760\ \text{Std.} \sum (\mathfrak{L})}$	$\frac{\sum [(4) \cdot (6)]}{8760\ \text{Std.} \left[\sum (4)\right]}$	„

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Begriff	Buchstaben-bezeichnung	Zu errechnen aus: Buchstabenbezeichnung	Zu errechnen aus: laufende Nummer	Einheit
	a	b	c	d	e
	II.				
18	Brennstoffverbrauch je erzeugte kWh (d. h. an der Schalttafel	c	$\frac{w}{H}$	$\frac{(23)}{(21)}$	kg/kWh
19	Spezifischer Dampfverbrauch je kWh	d	—	—	„
20	Dampfmenge	D	—	—	kg oder t
21	Brennstoffheizwert	H	$\frac{w}{c}$	$\frac{(23)}{(18)}$	WE/kg
22	Gesamtwirkungsgrad	$\eta_{\text{therm. ges.}}$	$\frac{860 \cdot 100\ \%}{w}$	$\frac{860 \cdot 100\ \%}{(23)}$	%
23	Wärmeverbrauch	w	$\frac{860 \cdot 100\ \%}{\eta_{\text{therm. ges.}}\ \%}$	$\frac{860 \cdot 100\ \%}{(22)}$	WE/kWh$_{erz}$
			$c \cdot H$	$(18) \cdot (21)$	„
	III.				
24	Anlagekosten der installierten Gesamtleistung (L)	A_L	$a_L \cdot L$	$(26) \cdot (2)$	RM
25	Anlagekosten der Spitzenleistung (S)	A_S	$a_S \cdot S$	$(27) \cdot (3)$	„
26	Spezifische Anlagekosten, bez. auf 1 install. kW der Gesamtleistung (L)	a_L	$\frac{A_L}{L}$	$\frac{(24)}{(2)}$	„
			$\frac{a_S}{r}$	$\frac{(27)}{(13)}$	„
27	Spezif. Anlagekosten, bezogen auf 1 install. kW Spitzenleistung (S)	a_S	$\frac{A_S}{S}$	$\frac{(25)}{(3)}$	„
			$a_L \cdot r$	$(26) \cdot (13)$	„
28	Prozentsatz der Anlagekosten für: p_1 = Verzinsung p_2 = Tilgung p_3 = Erneuerung p_4 = Reparaturen p_5 = Schmier- u. Putzstoffe p_6 = Bedienung p_7 = Verwaltung, Versicherung, Steuern und sonstige Ausgaben Insges. = p	p	—	—	%
29	Brennstoffkosten frei Kraftwerk	b	—	—	Pf/kg bzw. Pf/WE
30	Erzeugungskosten einer kWh	k	$\frac{a_L \cdot p \cdot r}{h_S} + b \cdot c$	$\frac{(26) \cdot (28) \cdot (13)}{(8)} + (29) \cdot (18)$	Pf/kWh$_{erz}$
	IV.				
31	Gesamtstromverluste eines Kraftwerkes vom Generator bis zum Abnehmer in % der Gesamterzeugung Anm.: $\begin{cases} \text{kWh}_n = 1 \text{ beim Abn. nutzb. abgeg. kWh} \\ \text{kWh}_{erz} = 1 \text{ an der Schalttafel des Werkes erzeugte kWh} \end{cases}$	v_{erz}	$100\ \% - \frac{\text{kWh}_n}{\text{kWh}_{erz}}$	$100\ \% - \frac{\text{kWh}_n}{\text{kWh}_{erz}}$	%
32	Gesamtstromverluste in % der nutzbaren Stromabgabe	$v_{nutzb.}$	$\left(\frac{100\ \%}{100\ \% - v_{verz}} - 1\right) \cdot 100$	$\left[\frac{100\ \%}{100\ \% - (31)} - 1\right] \cdot 100$	„
33	Gesamtstromverluste im Netz und den Transformatoren in % der Gesamterzeugung	$v_{\text{Netz}_{erz}}$	—	—	„
34	Eigenbedarf des Kraftwerks in % der Gesamterzeugung	$v_{\text{Kraftw.}_{erz}}$	—	—	„
	V.				
35	Einwohnerzahl des angeschlossenen Gebietes	E	$\frac{A_w}{a_{w_E}}$	$\frac{(36)}{(37)}$	Köpfe
36	Gesamtanschlußwert aller an das Werk angeschlossenen Abnehmer	A_w	$E \cdot a_{w_E}$	$(35) \cdot (37)$	kW
37	Spezifischer Anschlußwert, bezogen auf einen Einwohner des angeschlossenen Gebietes	a_{w_E}	$\frac{A_w}{E}$	$\frac{(36)}{(35)}$	Watt
38	ha unter dem Pflug des gesamten angeschlossenen Gebietes	$H_{a_{\text{Pflg.}}}$	—	—	$\text{ha}_{\text{Pflg.}}$
39	Spezifischer Anschlußwert, bezogen auf 1 ha landwirtschaftlich bebauter Fläche	$a_{w_{ha_{\text{Pflg.}}}}$	$\frac{A_w}{H_{a_{\text{Pflg.}}}}$	$\frac{(36)}{(38)}$	Watt

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Begriff	Buchstabenbezeichnung	Zu errechnen aus: Buchstabenbezeichnung	Zu errechnen aus: laufende Nummer	Einheit
	a	b	c	d	e
			VI.		
40	Ausbauverhältnis	$\frac{L}{A_w}$	$\frac{L}{A_w}$	$\frac{(2)}{(36)}$	%
41	Benutzungsverhältnis der Durchschnittsleistung des Werkes	$\frac{L_m}{A_w}$	$\frac{L_m}{A_w}$	$\frac{(5)}{(36)}$	„
			$m \cdot \frac{S}{A_w}$	$(11) \cdot \frac{(3)}{(36)}$	„
			$m \cdot g_z$	(11) . (16)	„
42	Belastungsziffer des Werkes	$\frac{S}{L}$	$\frac{S}{L}$	$\frac{(3)}{(2)}$	„
			$\frac{1}{r}$	$\frac{1}{(13)}$	„
43	Jahresschwankungsverhältnis	σ	$\frac{S}{L_m}$	$\frac{(3)}{(5)}$	„
			$\frac{S}{A_w}$ / $\frac{L_m}{A_w}$	$\frac{(3)}{(36)}$ / $\frac{(5)}{(36)}$	„
			g_z	(16)	„
			$\frac{L_m}{A_w}$	$\frac{(5)}{(36)}$	
			$\frac{1}{m}$	$\frac{1}{(11)}$	„
			$\frac{8760 \text{ Std.}}{h_s}$	$\frac{8760 \text{ Std.}}{(8)}$	„

vermieden werden. Jeder Leser elektrizitätswirtschaftlicher Abhandlungen muß sofort wissen, was gemeint ist.

Die bevorstehende Weltkraftkonferenz würde sich ein großes Verdienst auch um die Elektrizitätswirtschaft erwerben, wenn sie sich einer internationalen Normung der Begriffe und Bezeichnungen für die Elektrizitätswirtschaft in ihrem Arbeitsprogramm annehmen würde. Dem Schüler, Lehrer wie Praktiker würde hierdurch die Arbeit bedeutend erleichtert werden.

Wenn ich vorstehend eine Übersicht über die „Begriffe und Bezeichnungen für Untersuchungen und Berechnungen auf dem Gebiet der Elektrizitätswirtschaft" bringe, so soll sie nur eine Anregung für die Aufnahme derartiger Arbeiten bieten. In meinen gutachtlichen Äußerungen wie auch in den von mir gehaltenen Vorlesungen und Übungen, in den bei mir anzufertigenden Studien- und Diplomarbeiten sowie auch in den Doktorarbeiten werden die in der Übersicht enthaltenen Begriffe und Bezeichnungen angewendet bzw. ihre Anwendung empfohlen. Ich lege hierbei weniger Wert auf langatmige Definitionen, die man doch wieder vergißt, als auf das Verständnis dafür, aus welchen einzelnen Rechnungsgrößen (Spalte c und d) der Begriff (Spalte a) sich zusammensetzt, sowie auf welche Einheit (Spalte e) er sich bezieht. Grundsätzlich gebe ich allen Gesamtzahlen große und den Einheitswerten kleine Buchstaben. Auch habe ich versucht, den Buchstabenbezeichnungen (Spalte b), wo dies möglich ist, einen mnemotechnisch bequemen Anhalt zu geben, z. B. F = Flächeninhalt. In der Übersicht sind die mnemotechnischen Anhaltspunkte für die Buchstabenbezeichnungen hervorgehoben. Wie die verschiedenen Werte (Spalte b) ermittelt werden können, ist aus den Spalten c und d ersichtlich. Hierin bedeuten die ( ) Zahlen die laufenden Nummern.

Ich bin mir bewußt, daß die Übersicht keine erschöpfende Zusammenstellung bringt, sondern nur einen kleinen Ausschnitt für die Begriffe, Bezeichnungen und das Berechnen der einzelnen Werte. Wenn sie als Anregung für weitere Vorschläge zu einer endgültigen Regelung und Normung der Begriffe und Bezeichnungen von dem Leserkreis aufgenommen wird, so ist damit der Zweck dieser Arbeit erfüllt.

Elektrische Zugbeeinflussung nach dem Code-System.

Von **A. Kammerer**, Berlin.

Übersicht. Das Code-System ist eine Form der Linienzugbeeinflussung, bei welcher nur Wechselströme einer Grundperiodenzahl benutzt werden. Diesem Strom werden verschiedene verhältnismäßig langsame Unterbrecherfrequenzen überlagert, um mehrere Zeichen auf der Lokomotive geben zu können.

Neben der bekannten Linienbeeinflussung mit Überwachungs- und Blockstrom hat in den V. S. Amerika, wie schon an anderer Stelle dieser Zeitschrift erwähnt[1], noch das Code-System eine gewisse Bedeutung erlangt. Bei dem erstgenannten System[2] werden die verschiedenen „Übertragungsqualitäten", das sind die unterschiedlichen Zeichen, die in der Regel angestrebt werden, durch einen bzw. durch Kombination von zwei Wechselströmen erzeugt. Der eine Strom — Überwachungsstrom — fließt in gleicher Richtung durch beide Schienen, der andere Strom — Blockstrom — dagegen hat in den gegenüberliegenden Schienen entgegengesetzte Flußrichtung. Als Blockrelais werden zweiphasige Ferraris-Relais mit Scheibenanker benutzt. Schaltet man eine oder beide Phasen dieses Relais ab, so nimmt es eine neutrale Lage ein, weil dann auf den Anker kein Drehmoment ausgeübt wird. Sind beide Phasen erregt, so erhält man je nach der Polung der einen Phase ein rechts bzw. links gerichtetes Drehmoment auf den Relaisanker. Daraus ergeben sich eine linke, eine mittlere und eine rechte Kontaktstellung. Die Schaltung ist bei der Linienbeeinflussung so getroffen, daß man den Überwachungstrom ein- und ausschaltet, während der Blockstrom je nach Bedarf gepolt wird. Das Empfangsrelais auf der Lokomotive ist, wie erinnerlich sein dürfte, gleichfalls zweiphasig gewickelt; die eine Phase entspricht dem Überwachungstromkreis, die andere dem Blockstromkreis. Auf diese Weise ist es möglich, im Führerstand drei verschiedene Zeichen zu geben, u. zw. „Halt", „mittlere Geschwindigkeit" und „höchste Geschwindigkeit". Der Überwachungstrom bleibt von der Zugachse unbeeinflußt, der Blockstrom dagegen wird bei Anwesenheit eines

[1] ETZ 1928, S. 1008; 1929, S. 778.
[2] ETZ 1929, S. 777.

Digitized by Google

Zuges in dem betreffenden Blockabschnitt durch die erste Achse kurzgeschlossen, so daß die dahinterliegende Blockstrecke stromlos wird und das dazugehörige Blockrelais in die mittlere Stellung geht (vgl. das Schaltbild der Linienbeeinflussung in Abb. 1).

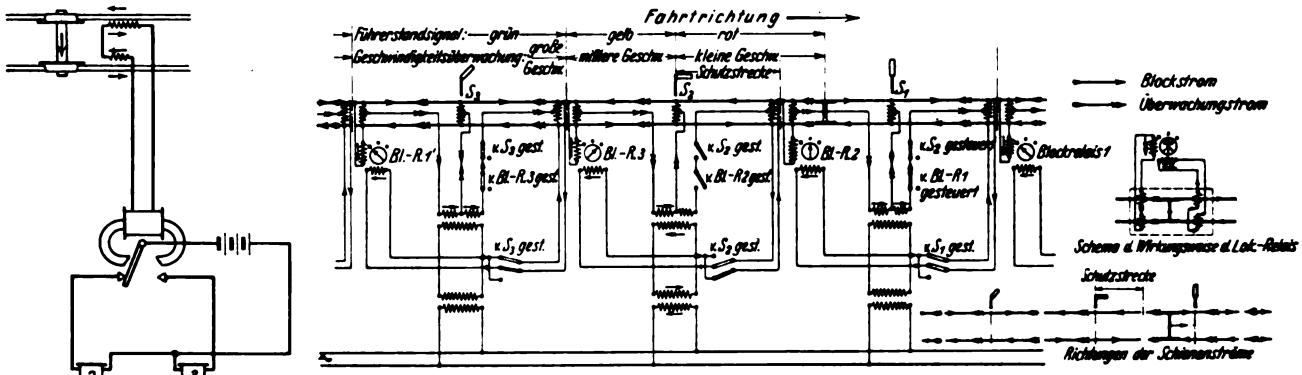


Abb. 1. Gewöhnliche Linienbeeinflussung.

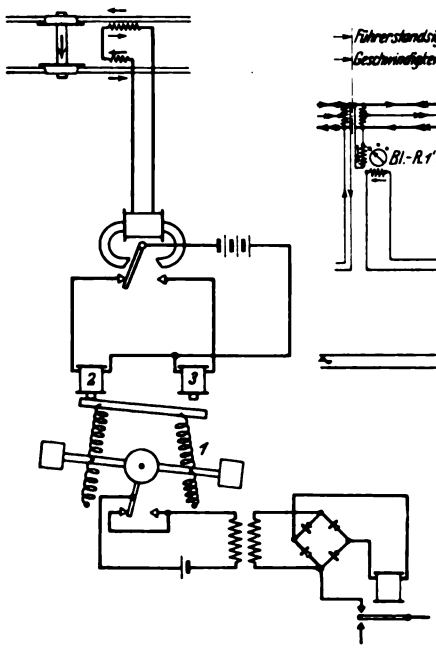
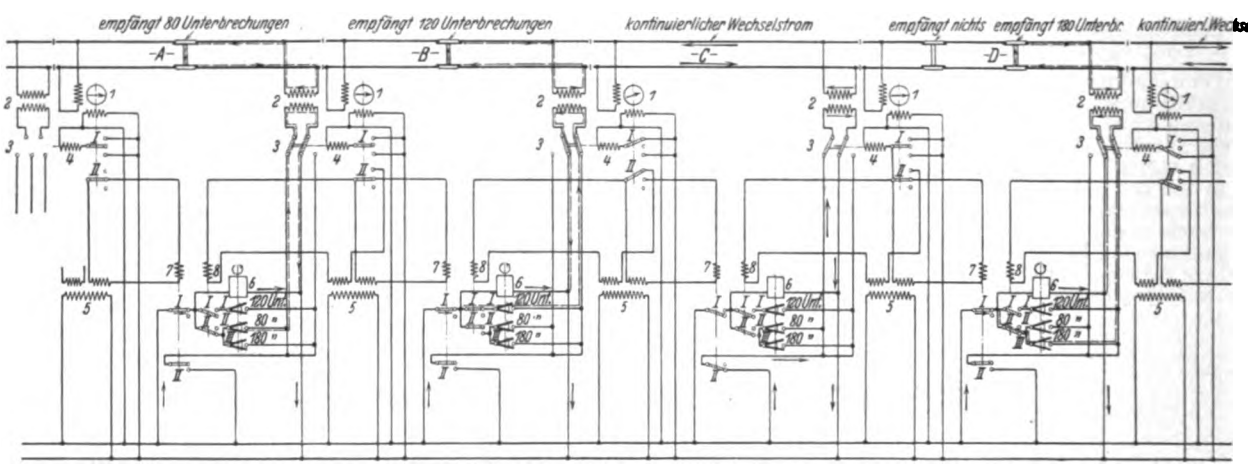


Abb. 2. Elektromechanischer Resonanzkreis des Code-Systems.

Während sich dieses System auf Dampfbahnen gut bewährt hat, sollen bei elektrischen Bahnen[3] durch die Triebströme Störungen vorkommen. Man sah sich deshalb veranlaßt, neben diesem System noch ein anderes zu entwickeln, welches diese Nachteile nicht besitzt und sowohl für elektrische als auch für Dampfbahnen artige Empfangsrelais ist als Resonanzsystem ausgebildet und kann elektrischer oder mechanischer Natur sein. Die elektrische Form ist in der eingangs erwähnten Arbeit[4] in einem Schaltbild bereits wiedergegeben. Abb. 2 zeigt eine mögliche Ausführungsart für ein mechanisches Resonanzsystem. Es besteht aus einem Schwinganker *1*, der infolge wechselnder Magnetisierung der Magnete *2* und *3* und infolge Anwesenheit einer Gegenfeder im Rhythmus der Unterbrechungszahlen Pendelungen um eine Nullage ausführen kann. Die Größe der Eigenfrequenz des Empfangsrelais ist abhängig vom Trägheitsmoment des Schwingankers und den Direktionskräften. Sie läßt sich durch Verschiebung von Schwunggewichten am Anker und durch Nachstellen der Federspannung in gewissen Grenzen verändern.

Die prinzipielle Schaltanordnung der Streckenkreise für das Code-System ist in Abb. 3 schematisch wiedergegeben. Auch hier erfordern die Streckenkreise eine Verlegung der Schienen auf Holzschwellen sowie Isolierstöße an den Blockabschnitten. Eine Phase des zweiphasigen Blockrelais liegt dauernd am Netz; die zweite Phase kann im einen oder anderen Sinne an die Blockstromversorgung angeschlossen werden. Der Blockstrom wird dieser Phase über einen Blocktransformator *2* zugeführt. Auf der Primärseite von *2* befindet sich ein Umschalter, der



1 Blockrelais *2* Blocktransformator *3* Umschalter *4* Umschaltrelais *5* Hilfstransformator
6 Motor zum Antrieb der Unterbrecher *7, 8* Überwachungsrelais

Abb. 3. Code-System.

gleichgut geeignet ist. Es ist dies das Code-System, das mit Wechselströmen arbeitet, die in bestimmtem Rhythmus — durch einen von einem kleinen Induktionsmotor angetriebenen Unterbrecher — „gecodet", d. h. zerhackt werden. Der Überwachungsstrom kommt dabei ganz in Fortfall; das Code-System arbeitet also nur mit Blockströmen, denen verschiedene Unterbrechungszahlen aufgedrückt werden und die sich auf diese Weise voneinander unterscheiden lassen. Diejenigen Organe, welche den Impuls auf der Lokomotive verarbeiten, d. h. die eigentlichen Lokomotivempfangsrelais, sind in einer der Zahl der gewünschten Qualitäten entsprechenden Anzahl vorhanden. Jedes der- von einem Relais gesteuert wird, dessen Wicklung parallel zur ersten Phase des vorausliegenden Blockrelais liegt. Dieses Umschaltrelais *4* ist erregt und der Umschalter *3* an *2* befindet sich in Rechtslage, wenn sich das Blockrelais *1* des vorausgehenden Blockabschnittes in der oberen oder unteren Stellung (in Abb. 3) befindet. Wie man der Abbildung außerdem entnehmen kann, hat das Blockrelais noch zwei weitere Kontakte, deren Bedeutung leicht zu erkennen ist. Der unterste Kontakt schließt den Stromkreis eines Überwachungsrelais *8*, das in diesem Falle den Unterbrechermotor *6* in Gang setzt. Der Unterbrechermotor läuft nur dann, wenn der Block, zu welchem er gehört, besetzt ist. Er trägt auf seiner Welle drei gezahnte Scheiben, die verschiedene Teilungen besitzen. Die erste

[3] Automatic train control installations and description of the Code System. Serial Rep. of the Indust. Coordin. Comm., July 1929 (Nela-Public. Nr. 289–95, New York).

[4] Wie Fußnote 2.

Digitized by Google

Unterbrecherscheibe zerhackt den Netzstrom 120mal, die zweite 80mal und die dritte 180mal in der Minute. Dieser gecodete Strom wird dem Blocktransformator *2* und von dort den Schienen zugeführt, wo ihn die Lokomotivempfängerspulen aufnehmen. Nachdem zur Erzielung der drei Stellungen des Blockrelais der Blockstrom umzupolen ist, können natürlich nur zwei Unterbrecherfrequenzen über ein und dieselbe Leitung geführt werden; die dritte Frequenz bedarf einer besonderen Leitung. Ist die Blockstrecke unbesetzt, so erhalten die Schienen Dauerstrom, d. h. ungecodeten Wechselstrom.

In Abb. 3 ist der Fall gezeigt, daß der Blockabschnitt *D* von zwei Zügen — einem „Vorzug" und einem „Folgezug" — besetzt ist. Im Block *C* befindet sich kein Zug, während die Abschnitte *B* und *A* wieder von je einem Zuge befahren werden. Es ist ferner angenommen, daß sich in den nächsten zwei auf *D* folgenden Blockabschnitten kein Zug aufhält. In Abschnitt *D* schließen die Achsen des Vorzuges den Blockstrom hinter der ersten Achse kurz. Der Folgezug erhält also gar keinen Beeinflussungstrom. Das Führerstandsignal des Folgezuges zeigt infolgedessen „Halt". Gleichzeitig geht das Blockrelais von *D* in die Mittellage, wodurch Überwachungsrelais *7* desselben Blockes erregt wird. Der Unterbrechermotor *6* kommt in Gang und liefert Codestrom über Kontakt *I* von *7* und *II* von *8* sowie den dritten Unterbrechungskontakt *III* (180 Unterbrechungen in der Minute) zum Schienenstromkreis. Im Führerstand des Vorzuges erscheint das Zeichen „Freie Fahrt".

Wenn *C* unbesetzt ist, befindet sich Blockrelais *1* in der oberen Stellung, weil ja der Blockstrom für diesen Abschnitt im Gegensatz zu *D* umgepolt ist. *6* bleibt hier außer Tätigkeit, da sich *7* im abgefallenen Zustand befindet. Dagegen erhält jetzt *2* direkt Strom vom Netz über den unteren Kontakt *II* von *7*, u. zw. mit Rücksicht auf das Ruhestromprinzip.

Abschnitt *B* unterscheidet sich von *D* dadurch, daß außer *7* auch ein zweites Überwachungsrelais *8* erregt wird, u. zw. über den unteren Kontakt *II* des vorausliegenden Blockrelais von *C*. Auf diese Weise werden dem *B* befahrenden Zuge Wechselströme von 120 Unterbrechungen über Kontakt *I* von *7* bzw. Kontakt *I* von *8* übermittelt. Das Führerstandsignal zeigt „mittlere Geschwindigkeit". Der sich in *A* bewegende Zug erhält schließlich 80 Unterbrechungen, weil *2* hier umgepolt ist. Der *B* vorausliegende Abschnitt ist nach Annahme unbesetzt. Der Zug in *A* erhält demnach den Befehl „Langsame Fahrt".

Man ist also in der Lage, mit dem eben besprochenen Code-System vier verschiedene Qualitäten auf den fahrenden Zug zu übertragen. Für unsere Begriffe macht dieses System den Eindruck verhältnismäßig großer Kompliziertheit. Bei der Bemessung der elektrischen Resonanzkreise ergeben sich für die vorliegenden abnorm niedrigen Frequenzen ohne Zweifel gewisse Schwierigkeiten. Die mechanischen Resonanzkreise sind praktisch wohl noch nicht ausgeführt worden und stellen technisch keine befriedigende Lösung dar.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Stromart und Regelbereich elektrisch angetriebener Saugzuganlagen. — Für elektrisch betriebene Saugzuganlagen ist der Antrieb mit veränderlicher Drehzahl das Gegebene, wobei man die Wahl zwischen dem Gleichstrom-Nebenschlußmotor und dem Drehstrom-Asynchronmotor hat. R. Boese untersuchte nun bei 4 Anlagen verschiedener Größe die Wirtschaftlichkeit des Antriebes für beide Stromarten in der Weise, daß gleichzeitig der Regelbereich von 0 (konstanter Drehzahl) bis auf 50 % der höchsten Drehzahl verändert wurde. Bei den Anlagekosten wurden für die Motoren und Regeleinrichtungen AEG-Listenpreise, für die Umspanner 12 ... 18 M/kVA, für die Umformersätze 70 ... 85 M/kW eingesetzt; der Kapitaldienst wurde zu 16 % angenommen. Die Leistungsaufnahme der Motoren wurde von Fall zu Fall genau ermittelt, der Wirkungsgrad der Umspannung mit 95 ... 98 %, der der Umformung mit 60 bis 70 % in Rechnung gestellt. Da die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebend von der Benutzungsdauer der Saugzuganlage (t) und den Gestehungskosten von 1 kWh (a) beeinflußt wird, wurden in Abb. 1 die jährlichen Mehrkosten jeder Antriebsart gegenüber dem Antrieb mit ungeregeltem Drehstrommotor als Funktion des Produktes $t \cdot a$ (Dimension: h/Jahr × M/kWh) ermittelt, u. zw. sowohl für den Fall, daß der Strom in der für den Motor vorausgesetzten Stromart und Spannung erzeugt wird („ohne Umformung") als für den Fall der Erzeugung von hochgespanntem Drehstrom („mit Umformung").

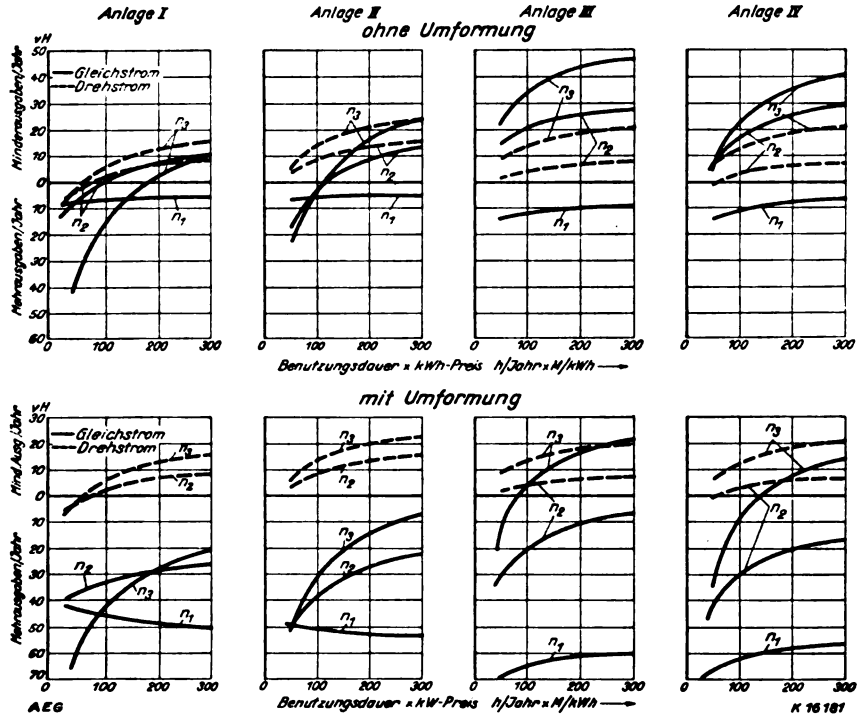


Abb. 1

Es ergibt sich, daß, wenn Umformung nicht erforderlich ist, bei kleineren Anlagen (etwa von 20 ... 30 kW) und gleichen Regelbereichen Drehstrom dem Gleichstrom überlegen ist. Dabei bringt bei Drehstrom Drehzahlregelung bei allen praktisch vorkommenden Werten von $t \cdot a$ Ersparnisse gegenüber Antrieb mit konstanter Drehzahl. Sie wachsen mit der Größe der Anlagen, des Regelbereichs und des Produktes $t \cdot a$. Man wird daher für Anlagen mit Drehstromantrieb von 20 ... 30 kW Leistung die Drehzahlregelung auf etwa 30 % begrenzen und für Anlagen ganz kleiner Leistung von $t \cdot a < 100$ ungeregelte Motoren verwenden. Für Gleichstrom gilt etwa das gleiche, nur fängt der Bereich, in dem Drehzahlregelung vorteilhaft ist, erst bei den höheren Werten von $t \cdot a$ an. Bei großen Anlagen ist weitgehende Regelung (50 %) unbedingt anzuwenden. Dabei ist dann, falls die Wahl offen ist, Gleichstrom vorzuziehen.

Ist eine Umformung erforderlich, so scheidet Gleichstrom bei kleinen Anlagen mit Motoren bis etwa 30 kW völlig aus. Es kommt nur Drehstromantrieb in Frage, der bei kleineren Leistungen (bis etwa 10 kW) und Werten von $t \cdot a = 100$ ohne Regelung, sonst mit etwa 30 % Regelung auszuführen wäre.

Auch bei größeren Motorleistungen, bei denen für beide Stromarten Regelbereiche von mindestens 50 % große Vorteile bringen, ist in bezug auf die Wirtschaft-

Digitized by Google

lichkeit der Drehstrom dem Gleichstrom im allgemeinen weit überlegen; nur bei ganz großen Motorleistungen (über 100 kW) und hohen Werten von $t \cdot a$ (über 200) sind beide gleichwertig. Bei großen Motorleistungen erfordert aber die Regelung bei Drehstrom gegenüber Gleichstrom eine weit größere Zahl von Regelwiderständen, deren Unterbringung und Wärmeentwicklung recht unbequem werden kann, ein Umstand, der gelegentlich entscheidend sein kann, dem Gleichstromantrieb auch da den Vorzug zu geben, wo an sich Drehstromantrieb wirtschaftlicher ist. (R. Boese, Elektrizitätswirtsch. Bd. 28, S. 473 und 510.) *Sb.*

Die günstigste Spannung in Verteilungsnetzen mit Lichtbelastung. — Bekanntlich übersteigt der Energieverbrauch einer 220 V-Glühlampe bedeutend den einer 110 V-Lampe. Wenn daher einerseits durch eine erhöhte Spannung das Netzanlagekapital und folglich die Beträge für den Kapitaldienst herabgesetzt werden, so steigen aber anderseits die Energiekosten der betreffenden Anlage mit einem gewissen Lichtstrom. W. Chrustschoff setzt eine lineare Abhängigkeit des Leistungsverbrauches einer Lampe von der Spannung voraus, verwendet den in seiner Arbeit[1] angeführten Ausdruck für die Anlagekosten eines Niederspannungs-Verteilungsnetzes, drückt die gesamten Betriebskosten der Beleuchtungsanlage als offenbare Funktion der Spannung aus und erhält aus der Bedingung des Minimums des Ausdruckes für diese Ausgaben die wirtschaftlich günstigste Spannung im Netz. Diese stellt eine Funktion der Netzbelastungsdichte, der Energiekosten sowie die Benutzungsdauer des Netzes dar und nimmt mit der Herabsetzung dieser Faktoren zu. Für die Werte der Belastungsdichte σ von 0,1 bis 1,5 W/m² für die zwei verschiedenen Energieselbstkostenpreise bei den Abnehmern $m = 0{,}1$ RM und $m = 0{,}05$ RM und für die drei Leitungsysteme (Freileitung, gemischte und Kabelleitung) liegt die Höhe der günstigsten Spannung in den Grenzen von 177 V für $\sigma = 0{,}1$ W/m² bis 72 V für $\sigma = 1{,}5$ W/m².

Um ferner zu ermitteln, welche der beiden Spannungen, 110 V oder 220 V, im gegebenen Falle die wirtschaftlich günstigere sei, führt Chrustschoff in den Ausdruck der gesamten Betriebskosten der Beleuchtungsanlage das einemal die Spannung von 220 V und das anderemal die von 110 V ein und zieht den zweiten Ausdruck vom ersten ab. Diesen Unterschied gleich Null setzend, erhält Verfasser die Bedingung, unter der die Anlage bei den Spannungen von 220 V und 110 V gleiche Betriebsausgaben trägt. Hieraus läßt sich diejenige Belastungsdichte im Netz ausdrücken, bei welcher sich die Betriebskosten für die beiden erwähnten Spannungen die Waage halten. Bei $m = 0{,}10$ RM für die drei verschiedenen Leitungsysteme sind diese Beträge sehr gering, bei $m = 0{,}05$ RM sind sie gleich 0,210, 0,228, 0,325 W/m². Somit erweist sich die Anwendung einer Spannung von 220 V in den meisten Fällen vom wirtschaftlichen Standpunkte aus als unvorteilhaft, insbesondere in Städten mit hoher Belastungsdichte.

Als folgende Aufgabe stellt sich Verfasser die Berechnung der jährlichen Geldverluste, welche durch die Anwendung der Spannung von 220 V anstatt 110 V auftreten. Dazu verwendet er den obenerwähnten Ausdruck für den Unterschied der jährlichen Betriebskosten bei den betreffenden Spannungen. Diese Verluste schwanken je nach der Belastungsdichte, den Energiekosten und Leitungsystemen von 1,92 RM bis 14,83 RM. Für Städte mit Kabelleitung, bei $\sigma = 1{,}2$ W/m, und bei einer Spitzen-Lichtbelastung von 5000 kW belaufen sich z. B. die Geldverluste auf 71 000 RM im Jahr. In Großstädten kann diese Summe eine sehr beträchtliche Höhe erreichen.

Als wichtigstes Argument zugunsten einer Netzspannung von 220 V werden oft die bedeutend niedrigeren Anlagekosten des Netzes bei dieser Spannung gegenüber den Kosten bei 110 V angeführt. Verfasser weist darauf hin, daß dieser Unterschied in den Anlagekosten überhaupt nicht groß ist und, infolge der im Durchschnitt 19 % betragenden Leistungsteigerung eines Netzes bei 220 V Spannung, auf geringe Werte hinabsinkt. Außerdem beeinflußt diese Leistungsteigerung um 19 % natürlich auch die Anlagekosten des Hochspannungs-Verteilungsnetzes, wie auch die Anschaffungskosten der Maschinen und Kessel des Kraftwerkes. Wenn aber die Anlage von einer Überlandzentrale gespeist wird, so wirkt sich diese Leistungserhöhung ebenfalls auf die Anlagekosten der Fernleitungen und der Transformatoren-Unterwerke aus. Unter Berücksichtigung aller dieser Umstände werden die Ersparnisse an den Anlagekosten eines Netzes mit dem Übergang der Spannung von 110 V auf 220 V nicht selten nur scheinbare; in den meisten Fällen ist der wirtschaftliche Vorteil unerheblich.

[1] Arch. El. 1926, H. 5, S. 341.

Verfasser untersucht weiter die Frage bei gemischter Belastung. Aus dem entsprechend umgestalteten Ausdruck für den Unterschied in den jährlichen Ausgaben bei einer Spannung 220 V bzw. 110 V läßt sich derjenige Wert der Beziehung $\frac{P_z}{P_e}$ der Mehrbelastung (Motoren- plus Haushaltsverbrauch) zur Lichtbelastung bestimmen, bei welcher sich die gesamten Betriebsausgaben bei den Spannungen von 110 V und 220 V die Waage halten. Je nach der Belastungsdichte des Netzes und dem Leitungsystem schwankt dieser Betrag in den Grenzen von 0,16 bis 3,58.

Wenn die Tagesspitzenleistung die abendliche übertrifft, so kann das Netz mit erhöhtem Spannungsabfall und ohne Berücksichtigung des Einflusses auf die Netzkosten der gesteigerten Leistung bei 220 V entworfen werden. Der Unterschied der Betriebskosten bei Spannungen von 220 V bzw. 110 V in diesem Falle erweist sich bis zur allergrößten Belastungsdichte bei 220 V Spannung wirtschaftlich unvorteilhafter als bei 110 V. Je nach der Belastungsdichte und dem Leitungsystem schwankt dieser Unterschied in den Grenzen von 1,69 bis 6,13 RM auf 1 kW der Spitzenlichtbelastung; für Städte mit Spitzen bis zu 5000 kW, $\sigma = 3$ W/m² und Kabelleitung beträgt z. B. der Unterschied in den Betriebskosten 69 300 RM im Jahr.

Soweit der Originalaufsatz. Hierzu ist zu bemerken, daß der Verfasser zum Teil von unberechtigten Voraussetzungen ausgeht und deshalb zu nicht zutreffenden Schlüssen gelangt. Der Unterschied zwischen der Lichtausbeute der Lampen zu 100 und 200 V erreicht nur bei einzelnen Typen die hohen Werte, die der Verfasser allgemein seinen Berechnungen zugrundelegt. Bei der Mehrzahl der Typen ist er erheblich geringer. Bei der heutigen Bemessung der Glühlampen nach ihrem Verbrauch macht sich dieser Unterschied nicht durch erhöhten Stromverbrauch, sondern durch entsprechend geringere Lichtleistung geltend. Infolgedessen sind die vom Verfasser in seinen Berchnungen gezogenen Schlüsse nicht von praktischer Bedeutung. Außerdem befaßt sich Verfasser in der Hauptsache nur mit reinen Lichtanlagen, die praktisch kaum vorkommen. Bei den Anlagen für Licht-, Kraft- und Wärmelieferung liegen die Verhältnisse ganz anders. (W. Chrustschoff, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 501.) *Sb.*

Leitungen.

Rußniederschläge auf Bahnisolatoren. — Von den teils mit Dampf-, teils mit elektrischen Zügen befahrenen Österreichischen Bundesbahnen liefen Klagen ein über nicht ausreichende Isolation der dort verwendeten Motor-Hängisolatoren mit einem keramischen Schirm; insbesondere versagten die Isolatoren augenblicklich, sobald eine darunterstehende Dampflokomotive Rauch abblies. Die Betriebspannung der Bahn beträgt 16 ... 17 kV, die Überschlagspannung dieser Isolatorgröße trocken 88 kV, bei Regen 60 ... 70 kV. Die Ursache des frühen Überschlages mußte in der Berußung gesucht werden.

Laboratoriumsmäßige Nachprüfungen mit den verschiedensten Hilfsmitteln zur Berußung und Verschmutzung der Isolatoren ließen gleich niedrige Überschlagswerte nicht erreichen. Im praktischen Betriebe muß bei dem plötzlichen starken Ausblasen eine starke Ionisierung der Luft mitwirken. Zunächst wurde zur Abstellung der Mängel ein Halten der Lokomotiven mit dem Schornstein unter den Isolatoren verboten, eine Maßnahme, die jedoch schwer durchführbar war. Eine volle Abstellung der Überschläge auch bei starker Berußung wurde erst erreicht nach Austausch der bisherigen Einmanteltype gegen eine solche mit zwei keramischen Schirmen (Abb. 2) und einer Trockenüberschlagspannung von 120 kV. Die bessere Bewährung dieser Type dürfte aber nicht in der ihr eigenen höheren Isolationsleistung, sondern in der Tatsache liegen, daß der untere Schirm die Zwischenlänge bis zum oberen reichlich deckt und so eine Ionenwanderung und damit den frühen Überschlag verhindert. (Stemag-Nachr. 1928, S. 27.) *fi*

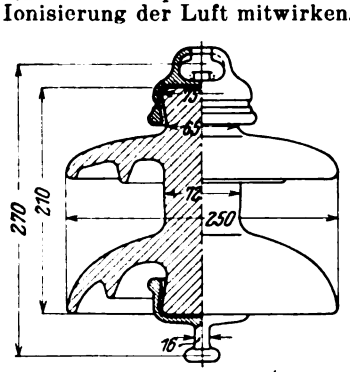


Abb. 2. Bahnisolator der Zweimänteltype.

Digitized by Google

Apparate.

Hochfrequenz-Gleichrichteranlage mit selbsttätiger Konstanthaltung der Gleichspannung. — Den Vorteilen einer Hochspannungs-Gleichrichteranlage, wie sie z. B. für Röntgenanlagen gebraucht wird, stehen meist folgende Nachteile gegenüber:

1. Der bei Verwendung von 50periodigem Wechselstrom erzeugte Gleichstrom zeigt Pulsationen, die man durch Drosseln und Kapazitäten unterdrücken muß.

2. Die Ohmschen und induktiven Widerstände von Transformator, Gleichrichter und Drosselspulen bewirken eine stark abfallende Belastungscharakteristik.

Die Untersuchungen von Hermanspann zur Behebung dieser Mängel hatten bemerkenswerte Ergebnisse. Als Frequenz verwendet er 8000 statt 50 Hz, die einem Hochfrequenzumformer entnommen werden. Zur Erzeugung der erforderlichen hohen Spannung dient ein Eisentransformator, der sich bei dieser Frequenz noch als günstiger als ein Lufttransformator erwiesen hat. Der Wechselstrom wird in einem Quecksilberdampf-Gleichrichter in Gleichstrom umgeformt. Es zeigte sich, daß bei so hoher Periodenzahl der Gleichrichter auch ohne die sonst übliche Kathodendrossel und ohne ständige Hilfszündung brannte. Die Verwendung einer Kathodendrossel wird jedoch trotzdem empfohlen, da durch sie die hochfrequenten Pulsationen der Gleichspannung nahezu vollständig unterdrückt werden. Die Spannungskonstanz der Gleichstromseite wird mit Hilfe einer Eisendrossel erzielt, deren Vormagnetisierung in geeigneter Weise durch den Belastungstrom gesteuert wird. Bei richtiger Bemessung betrug der Spannungsabfall zwischen 30 und 100 % Vollast etwa 2 %. Angaben über den Wirkungsgrad werden leider nicht gemacht. (P. Hermanspann, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33, S. 121.) *Lgw.*

Hydra-Störbefreiungs-Kondensatoren. — Die Beseitigung von Rundfunkstörungen erfolgt am einfachsten durch Kondensatoren-Schutzschaltungen in der Weise, daß durch Kondensatoren praktisch ein Kurzschluß für die hochfrequenten Störschwingungen geschaffen wird. Es sei in diesem Zusammenhang daran erinnert, daß der kapazitive Widerstand eines Kondensators umgekehrt proportional der Frequenz ist; der Widerstand, den der Kondensator für die Störschwingung darstellt, ist demnach um so kleiner, je höher ihre Frequenz liegt. Bei richtiger Bemessung der Kondensatoren nehmen die Störschwingungen deshalb den Weg über den Kondensator, weil sie hier den geringsten Widerstand vorfinden; aus diesem Grunde sind auch bei allen Schutzmaßnahmen die Verbindungsleitungen zwischen den Störstellen und den Schutzelementen so kurz wie möglich zu halten.

Der Störbefreiungs-Kondensator der Elektrizitäts-A.-G. Hydrawerk, Berlin, für Betriebspannungen bis zu 220 V Wechselstrom (50 Hz) oder 440 V Gleichstrom ist auf Grund praktischer Erfahrungen entwickelt worden. Er enthält zwei in Reihe geschaltete Kapazitäten zu je 2 µF, deren Reihenverbindung herausgeführt ist. Mit diesem Störbefreiungs-Kondensator können alle vorkommenden Schutzschaltungen ausgeführt werden. Seine innere Schaltung und die Bezeichnung der Anschlüsse zeigt Abb. 3. Nachstehend werden einige Anwendungsbeispiele

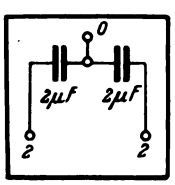


Abb. 3.

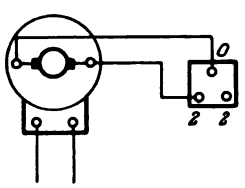


Abb. 4.

für den Kondensator gegeben. Selbstverständlich können auch einzelne Kondensatoren unter Berücksichtigung der inneren Schaltung des Störbefreiungs-Kondensators (Abb. 3) verwendet werden. Die Kondensatoren sollten für Betriebspannungen bis zu 220 V Wechselstrom (50 Hz) oder 440 V Gleichstrom mindestens mit einer Wechselspannung von 1000 V geprüft sein und aus Sicherheitsgründ über kleine Schmelzsicherungen für etwa 2 A angeschlossen werden. Es ist erforderlich, die Metallgehäuse der Kondensatoren zu erden, wenn sie nicht gegen Berührung bei aufgeladenem Kondensator geschützt sind. Der Hydra-Störbefreiungs-Kondensator ist zu diesem Zweck mit einer Erdungsöse versehen.

a) Elektrische Maschinen mit geringer Leistung stören ganz besonders den Rundfunkempfang, da sie meist in unmittelbarer Nähe des Empfängers arbeiten. Zu den Störern dieser Art gehören u. a. Haarschneidemaschinen, Haartrockner, Ventilatoren, Staubsauger und Antriebsmotoren für Haushaltmaschinen. Hier kann meist die Anbringung von zwei Kondensatoren zu 0,1 µF Abhilfe schaffen, u. zw. bei unmittelbarem Anschluß an die Schleifbürsten in der in Abb. 6 gezeigten Weise (s. auch Abb. 3). Die Reihenverbindung der beiden Kondensatoren liegt dabei am Maschinengehäuse (auf guten Kontakt achten!). Der Erdanschluß ist nicht unbedingt notwendig und bei beweglichen Maschinen auch meist schwer anzubringen. Wenn diese Maßnahme bei etwas größeren Maschinen nicht den gewünschten Erfolg bringt, so ist der Anschluß eines Störbefreiungs-Kondensators zu empfehlen, u. zw. sind die Bürsten durch eine Kapazität dieses Kondensators (d. h. mit 2 µF) zu überbrücken (Abb. 4). Genügt das nicht, so können beide Kapazitäten parallel-

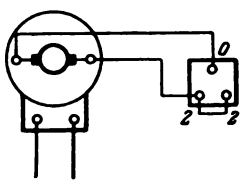


Abb. 5.

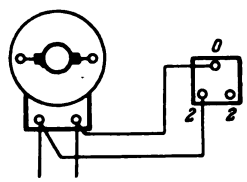


Abb. 6.

geschaltet werden (Abb. 5). In manchen Fällen hilft auch schon der Anschluß des Störbefreiungs-Kondensators an die Motoranschlußklemmen (Abb. 6 u. 7). Bei mittleren und großen Maschinen wird zweckmäßig der Kondensator, wie in Abb. 8 dargestellt, angeschlossen. Dabei sind, wie bei den kleinen Maschinen, die Bürsten mit zwei in Reihe geschalteten Kapazitäten überbrückt und der Mittelpunkt dieser Anordnung mit dem Maschinengehäuse und der Erde verbunden (auf guten Kontakt achten!).

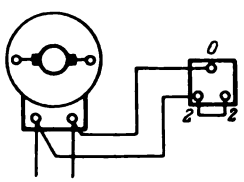


Abb. 7.

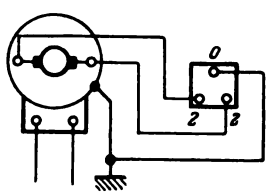


Abb. 8.

Werden durch diese Maßnahmen die Störungen noch nicht genügend unterdrückt, so sind außerdem Drosselspulen, mit möglichst geringer Kapazität zwischen den Windungen, in die Speiseleitung einzuschalten (Abb. 9). Der Drahtquerschnitt dieser Spulen ist entsprechend der Nennstromaufnahme der Maschine nach den VDE-Vorschriften zu bemessen.

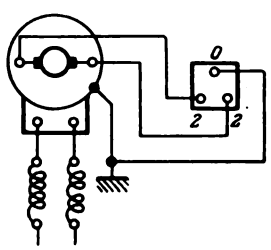


Abb. 9.

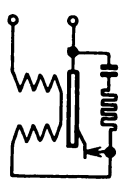


Abb. 10.

b) Elektrische Apparate. Zur Unterdrückung der von Apparaten ausgehenden Störungen werden die zur Funkenbildung Anlaß gebenden Kontakte mit einem Kondensator von etwa 0,1 ... 2 µF überbrückt. Gegebenenfalls ist noch zur Unterstützung der Störbefreiungswirkung mit dem Kondensator ein Ohmscher Dämpfungswiderstand von 30 ... 50 Ω in Reihe zu schalten. Abb. 10 zeigt diese Anordnung für eine elektrische Klingel. Bei der Störbefreiung anderer Apparate sind Kondensatoren und Widerstände in gleichem Sinne anzuordnen, d. h. es muß jeweils eine Überbrückung der Unterbrecherkontakte mit diesen Schutzelementen erfolgen. Um die Störungen von Apparaten zu vermindern, die bei hohen Temperaturen arbeiten, z. B. Thermoregler in Heizkissen und Bügeleisen, werden die Schutzelemente ausnahmsweise am zweckmäßigsten an der Steckdose angebracht, da die Kondensatoren bei hohen Temperaturen leicht schadhaft werden.

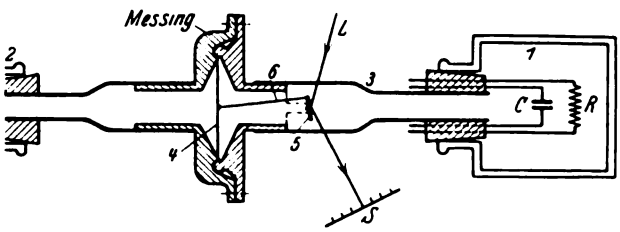
Digitized by Google

c) Hochfrequenz-Heilgeräte. Die dafür angewandten Schutzmaßnahmen sind meistens durch Patente geschützt. Es ist daher angebracht, komplette Zusatzapparate einzuschalten, die von den Heilgeräte herstellenden Firmen für ihre Apparate gebaut werden.

fi

Meßgeräte und Meßverfahren.

Dielektrische Verluste bei hohen Frequenzen. — Ein Verfahren, das besonders zur Untersuchung kleiner Isolierstoffproben geeignet erscheint, ist von G. E. Owen an Vulkanfiber, Zelluloid, Kautschuk und Glas erprobt worden. Die Messung beruht auf dem Vergleich der im Isolierstoff entstehenden Verlustwärme mit der durch einen bekannten Strom in einem Ohmschen Widerstand erzeugten Wärme. Zwei kleine Flaschen *1* und *2* stehen nach Abb. 11 durch ein Glasrohr *3* in Verbindung, in das ein



1, 2 Glasflaschen
3 Glasrohr
4 Papiermembran
5 Spiegelchen
6 Übertragungsdraht
R Ohmscher Widerstand
C Probekondensator
L Lichtstrahl
S Skala

Abb. 11. Anordnung zur Messung der dielektrischen Verlustwärme.

Manometer eingefügt ist. Letzteres besteht einfach aus einer mit Hahnfett imprägnierten Papiermembran *4*, die bei Durchbiegung einen Spiegel *5* verdreht und damit einen Lichtzeiger *L* bewegt. Flasche *1* enthält den Probekondensator sowie den Ohmschen Widerstand, beide mit getrennten Ausführungen; Flasche *2* soll äußere Druck- bzw. Temperaturschwankungen eliminieren. Dem Kondensator werden Schwingungen bekannter Frequenz mit veränderbarer Spannung zugeführt und die Kondensatorspannung mittels statischen Voltmeters gemessen. Die Erwärmung durch dielektrischen Verlust ruft eine Drucksteigerung und eine Membranausbiegung hervor, die nach Konstantwerden gemessen wird. Dann wird durch den Widerstand ein Gleichstrom solcher Stärke geschickt, daß wieder die gleiche Membranausbiegung entsteht. Der Verfasser teilt seine Versuchsergebnisse in Form von Kurven mit. Er stellt fest, daß die dielektrischen Verluste, soweit sie in Wärme umgesetzt werden, proportional der Frequenz und bei gleicher Frequenz proportional dem Quadrat der anliegenden Spannung ansteigen. Oberhalb einer für die untersuchten Stoffe verschiedenen Spannungsbelastung bzw. Feldstärke werden die Ergebnisse unsicher und nicht reproduzierbar. Die Grenze liegt für Vulkanfiber bei etwa 1,7 kV/cm, für Zelluloid bei rd. 7 kV/cm Kautschuk rd. 3 kV/cm. Anwesenheit von Feuchtigkeit vergrößert die Verluste auf ein Mehrfaches. Die verwendeten Kondensatorspannungen waren entsprechend der Kleinheit der Proben etwa 30 ... 100 V, die Frequenzen 200 ... 600 kHz. (G. E. Owen, Phys. Rev. Bd. 34, S. 1035.)

Wi.

Beleuchtung.

Elektrische Rollfeldbeleuchtungen für Flughäfen. — Um die sichere Landung eines Flugzeuges bei Nacht zu gewährleisten, sind lichtstarke Beleuchtungseinrichtungen erforderlich, die dem Piloten genau wie bei Tageslicht jederzeit seine Höhe über dem Rollfeld deutlich erkennen lassen. Wir besitzen bis heute keine Höhenmesser, die statt des Meeresspiegels die stets wechselnde Höhenlage des Erdbodens als „Null" angeben. Diese Lücke in der technischen Ausrüstung hat gerade den deutschen Luftverkehr im letzten halben Jahre verschiedene bedauerliche tödliche Unfälle gekostet. Der Pilot muß sich also bei der Landung und ganz besonders bei der Nachtlandung ganz auf seine Augen verlassen.

Man unterscheidet heute fest eingebaute Rollfeldbeleuchtungen, deren Laternen an der Peripherie des Flughafens auf Sockeln 1 ... 2 m hoch über dem Erdboden angebracht sind, und fahrbare Rollfeldbeleuchtungen, die in der Regel aus zwei Laternenwagen und 2 Maschinenwagen bestehen[1]. Wenn die Laternenwagen direkt an ein um das Rollfeld herumlaufendes Speisekabel angeschlossen werden können, brauchen sogar nur die beiden Laternen angeschafft zu werden, ein Moment, das bei der heutigen Geldknappheit eine nicht unwesentliche Rolle spielt. Bei kleineren Flugplätzen genügt unter Umständen sogar schon eine dieser lichtstarken Laternen, um das Rollfeld ausreichend aufzuhellen; allerdings fällt bei der Verwendung von nur einer Laterne die einwandfreie Kennzeichnung der Landerichtung fort, die bei Aufstellung von zwei Laternen durch deren rotes bzw. grünes Dachlicht deutlich sichtbar gemacht wird.

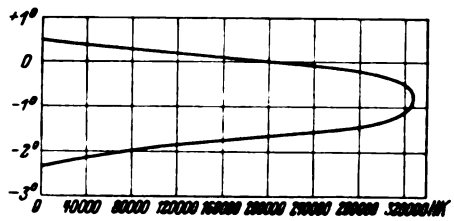


Abb. 12. Lichtstärken-Diagramm.

Jede Laterne ist mit einer Optik von 500 mm Brennweite und 120° Öffnungswinkel versehen und mit einer 3 kW-Spezialglühlampe ausgerüstet. Die Maximallichtstärke beträgt rd. 330 000 HK. Abb. 12 zeigt ein Lichtstärken-Diagramm in vertikaler Richtung gemessen. Durch besonderen Schliff der Optik wird der Lichtschein ausschließlich schräg nach unten gelenkt, so daß der Führersitz des Flugzeuges niemals vom Licht getroffen wird

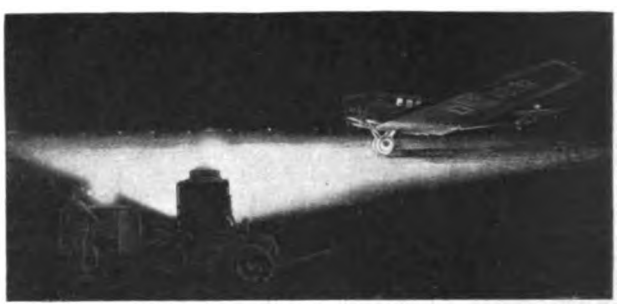


Abb. 13. Rollfeldbeleuchtung, bei der eine Blendung des Piloten vermieden wird.

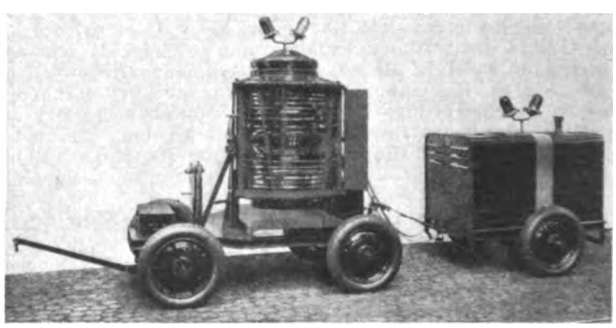


Abb. 14. Laternenwagen mit angehängtem Maschinenwagen.

und stets blendungsfrei im Schatten bleibt (Abb. 13). Die Lichtmaschine des Maschinenwagens besteht aus einem zweizylindrigen Benzin-Benzol-Motor mit Wasserkühlung und Rückkühlanlage und einer Verbunddynamo von 4 kW Leistung bei 110 V Spannung (Abb. 14).

Abb. 15 zeigt das Schaltbild einer normalen, fest eingebauten Rollfeld-Beleuchtungsanlage. Die Netzspannung wird hier durch einen Haupttransformator in der Nähe des Schaltraumes auf 500 V transformiert und den 4 Laternen auf jeder Seite des Rollfeldes durch je 4 zweiadrige Kabel zugeführt. Bei jeder Laterne ist ein kleiner Transformator vorgesehen, der auf die Lampenspannung von 110 V umspannt. Es ist also möglich, die Laternen einzeln einzuschalten und dadurch beispielsweise dem Flieger die herrschende Bodenwindrichtung anzugeben. —

[1] Hersteller: Julius Pintsch AG., Berlin O 27.

Digitized by Google

Es ist einerseits erfreulich, daß es mit als erster der deutschen Industrie gelang, durch Schaffung dieser Beleuchtungseinrichtungen wesentlich zur Sicherung des nächtlichen Luftverkehrs beizutragen, anderseits bezeichnend für die Not unserer Zeit, daß bisher keine dieser

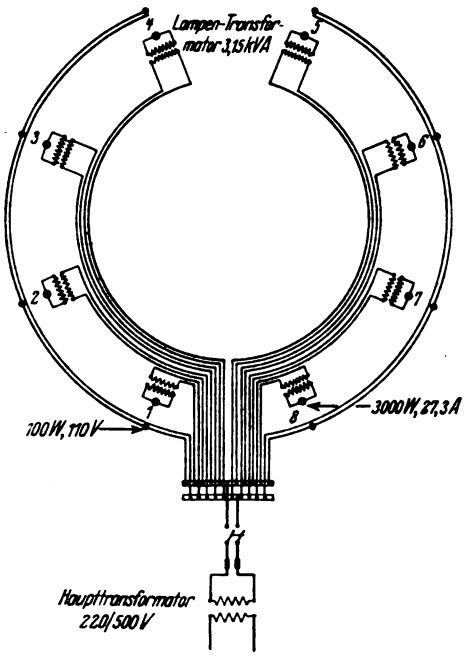


Abb. 15. Schaltbild einer festeingebauten Rollfeldbeleuchtung.

Anlagen in Deutschland Verwendung findet, während im Auslande zahlreiche Ausführungen beider Bauarten seit längerer Zeit ihren Dienst erfüllen. Ed. Liesen

Heizung. Öfen.

Tauchglocken für elektrische Öfen. — Der elektrische Ofen für metallurgische Zwecke dringt nur langsam und allmählich durch, wenn auch nicht daran zu zweifeln ist, daß er infolge der vorzüglichen Beschaffenheit der in ihm erzeugten Werkstoffe immer mehr an Boden gewinnen wird. Eine Erfindung von Bornand bezweckt nun, eine wesentliche Verminderung der Schmelzdauer herbeizuführen, eine Tatsache, die sicherlich das Interesse der Eisen- und Stahlgießereien, für die die Erfindung besonders vorgesehen ist, steigern wird. Der Bornand-Ofen an sich ist einfach; er besteht in der Hauptsache aus einem basisch ausgefütterten Ofenraum, durch dessen Gewölbe 1 bis 3 Tauchkörper je nach der Größe des Ofens in das Ofeninnere hineinragen. Diese Tauchkörper sind zylinderförmig und besitzen in ihrem untersten Teil eine Glocke, die von einem Hochfrequenzstrom durchflossen wird. Der Zweck der Tauchkörper ist, in das Badinnere die durch den Hochfrequenzstrom hervorgerufene Wärmewirkung hineinzutragen. Besonders vorteilhafte Anwendung können die Tauchglocken in der Eisengießerei finden, wo nicht allein das Gußeisen eine Verbesserung infolge der vorzüglichen Verteilung des graphitischen Kohlenstoffs erfährt, sondern auch heiß und in einem geeigneten gießbaren Zustand erhalten wird. Die durch den Tauchkörper verursachte Durchmischung des Bades kann ebnfalls beim Legieren von Nickel und Chrom zum Gußeisen mit Erfolg ausgenutzt werden, wobei die Zusatzmetalle durch die hohe Temperatur restlos zum Schmelzen und durch die Durchmischung durch das Bad gut verteilt werden. In der Stahlgießerei lassen sich die Tauchkörper über der Gießpfanne anbringen; in diesem Falle erhalten sie das Stahlbad auf Gießtemperatur oder können kalte Abstiche wieder erwärmen. Hervorzuheben ist noch die schnelle Entgasung des Bades, die die Tauchkörper bewirken. (L'Usine Bd. 38, H. 36, S. 39.) *Kps.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Oberleitungsomnibus der Kreis Mettmanner Straßenbahnen. — Die von den Kreis Mettmanner Straßenbahnen seit 1928 betriebene Kraftwagenlinie Mettmann—Gruiten-Reichsbahnhof wird im Laufe des Sommers durch einen elektrischen Oberleitungsomnibus-Betrieb ersetzt werden. Es handelt sich um eine rd. 7 km lange Versuchsstrecke, die in einem für dieses neue Betriebsmittel besonders beachtenswerten Gelände liegt und nach dem neuesten Stand der Technik eingerichtet werden wird. Der neue Betrieb wird durch Kreis und Gemeinden mit mehrjährigen Zuschüssen unterstützt. Befreiung von etwaigen Straßenunterhaltungskosten, Gemeindesteuern, Beiträgen und Abgaben und kostenlose Aufstellung der Masten sowie jedwede Unterstützung sind zugesichert. Es ist hier das erstemal, daß eine Autobusstrecke durch eine gleislose Bahn ersetzt wird, und daß Kreis und Gemeinden sich mit Zuschüssen, Steuererleichterungen, Beiträgen und dgl. befassen, um die Anlage verwirklichen zu helfen. (Verkehrstechn. Bd. 43, S. 71.) *M. S.*

Fortschritte des Elektrisierungsbaues auf den Österreichischen Bundesbahnen[1]. — Bekanntlich hat die Verwaltungskommission beschlossen, die vorliegenden Projekte zur Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen zunächst zurückzustellen, so daß im letzten Jahre nur die Fertigstellung der noch nicht ganz vollendeten Strecke Saalfelden—Salzburg betrieben wurde. Auf Grund von längeren Studien wurde eine bessere energiewirtschaftliche Ausnutzung der bahneigenen Kraftwerke Spullersee und Ruetz in die Wege geleitet, da dem steigenden Verkehr besonders über den Arlberg Rechnung getragen werden muß. Im ersteren Werke wird die Wasserwirtschaft durch Herstellung einer Pumpenanlage verbessert werden. Für das letztere sind mehrere Schutzeinrichtungen und die Aufstellung von zwei neuen Umspannern vorgesehen. Im Stubach-Werke wurde eine Hilfsturbine montiert und im Mallnitz-Werk wurden die Werkstättenausrüstung und die Feuerschutzeinrichtungen ergänzt. In den verschiedenen Unterwerken wurden noch verschiedene Einrichtungen inzwischen teils geschaffen, teils ausprobiert. Unterwerk Schwarzach-St. Veit wurde im September dem Betriebe übergeben und ebenso Golling. Eine neue Übertragungsleitung vom Ruetzwerk nach Westen wurde durchgeführt, die Fahrleitungsanlage auf der Strecke Salzburg—Saalfelden vollkommen fertiggestellt und die Teilstrecke von Salzburg bis Schwarzach-St. Veit dem elektrischen Betriebe übergeben. Zur Jahreswende wurde nur noch die Strecke von letzterer Station nach Saalfelden mit Dampf betrieben, hauptsächlich wegen Knappheit im Lokomotivbestand. Die Fahrleitungsanlage der Streckenförderung Gnigl wurde beendet und unter Spannung gesetzt. Die Verkabelungen sind vollkommen durchgeführt, nur an der Umschaltung der Blockapparate und der Montage der Inneneinrichtung wird noch gearbeitet.

Die Anlieferung der bestellten 29 elektrischen Triebfahrzeuge schreitet ihrem Ende entgegen. Von den elektrischen Talschnellzugslokomotive 1 Do 1, Reihe 1670, sind alle bis auf 1 Stück abgeliefert. Von den Schwergüterzugslokomotiven E, Reihe 1280, fehlen nur noch 2 Stück. Von den 6 Personen- und Güterzugslokomotiven Bo-Bo, Reihe 1170.100, wurden letzthin die letzten 2 Stück geliefert. — Ferner sind 8 Stück Triebwagen ET 10 bestellt worden, von denen 4 Stück den Probebetrieb bestanden haben. Die übrigen 4 Stück standen bei Jahresschluß zur Abnahme bereit.

Auf der Strecke Saalfelden—Salzburg wurden 19 Personen, 1 Dienst-, 5 Post- und 1 Gerätewagen mit elektrischer Zugheizung versehen. Im letzten Quartal des Jahres 1929 betrug der Aufwand der Neuanlagen rd. 4 Mill S, der für Triebfahrzeuge 0.740 Mill S, zusammen also rd. 4,740 Mill S. (Berichte der Direktion der ÖBB für das 3. u. 4. Quartal 1929.) *Hgn.*

Fernmeldetechnik.

Großrundfunksender. — In Europa ist die Zahl der Rundfunksender bis jetzt auf über 220 angewachsen, sie wird, wenn auch nur in geringem Maße, noch weiter zunehmen. Auf die einzelnen Länder verteilen sich die Sender etwa wie folgt: Schweden 31, Frankreich 30, Deutschland 27, Rußland 23, Großbritannien 22, Norwegen 11, Spanien 10, Italien und Polen je 8, Finnland, Österreich und Tschechoslowakei je 6, Jugoslawien und Schweiz je 5, Niederlande 4, Belgien und Rumänien je 3, Dänemark, Estland, Irland und Ungarn je 2, Albanien, Bulgarien, Griechenland, Island, Lettland, Litauen, Luxemburg, Monako und Portugal je 1.

Es würde zu weit führen, im Rahmen unserer Zeitschrift eine namentliche Liste aller Rundfunksender mit Einzelangaben (Wellenlängen, Sendestärke) zu bringen

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 824, 1059 u. 1854.

Digitized by Google

Von allgemeinem Interesse dürfte aber folgende Übersicht sein, die die stärksten Sender Europas enthält mit Einzelangaben, wie sie der Weltrundfunkverein (die Union Internationale de Radiophonie) kürzlich bekannt gegeben hat.

Frequenz in kHz	Wellenlänge in m	Rundfunksender, Land	Antennenleistung
155	1935	Kowno (Kaunas), Litauen	7
160	1875	Hilversum, Niederlande	6,5
167	1796,4	Lahti, Finnland	50
174	1724,1	Radio Paris, Frankreich	16
183,5	1634,9	Königs Wusterhausen, Deutschland	35
193	1554,4	Daventry (5 XX), Großbritannien	25
202,5	1481,5	Moskau, Rußland	40
207,5	1445,8	Paris (Eiffelturm), Frankreich	12
212,5	1411,8	Warschau, Polen	12
222,5	1348,3	Motala, Schweden	30
230	1304,3	Charkow, Rußland	12
250	1200	Reykjavik, Island	16*
260	1153,8	Kalundborg, Danemark	7,5
280	1071,4	Hulzen, Niederlande	6,2
300	1000	Leningrad, Rußland	20
320	937,5	Stchelkovo (b. Moskau), Rußland	75
375	800	Kiew, Rußland	10
416,6	720	Moskau, Rußland	20
545	550,5	Budapest, Ungarn	15...20
554	541,5	Sundsvall, Schweden	10
572	524,5	Riga, Lettland	12
581	516,4	Wien (Rosenhügel), Österreich	18,5
590	508,5	Brüssel, Belgien	15
608	493,4	Oslo, Norwegen	75
626	479,2	Daventry (5 GB), Großbritannien	25
635	472,4	Langenberg, Deutschland	17
680	441,2	Rom, Italien	60
689	435,4	Stockholm, Schweden	60
734	408,7	Kattowitz, Polen	10
761	394,2	Bukarest, Rumänien	12
788	380,7	Radio-Toulouse, Frankreich	8
842	356,3	London, Großbritannien	30
851	352,5	Graz, Österreich	10
869	345,2	Straßburg, Frankreich	12...20**
887	338,2	Radio-Löwen, Belgien	15
896	334,8	Posen, Polen	12
932	321,9	Göteborg, Schweden	10
1004	298,8	Hulzen, Niederlande	6,2
1013	296,1	Reval (Tallinn), Estland	10...12
1031	291	Turin, Italien	7,5
1076	278,8	Preßburg (Bratislava), Tschechoslowakei	12,5
1139	263,4	Mährisch-Ostrau, Tschechoslowakei	10
1148	261,3	London, Großbritannien	30
1166	257,3	Hörby, Schweden	10
1184	253,4	Glelwitz, Deutschland	5,6
1357	221	Helsingfors (Helsinki), Finnland	15

* Im Bau. ** Noch nicht in Betrieb.

Von Interesse dürfte weiterhin folgende Übersicht über die Zahl der Rundfunkhörer sein, sie betrug

zu Anfang des Jahres	in Deutschland	in den übrigen europäischen Ländern
1923	—	3 600
1924	1 580	600 000
1925	584 749	1 790 000
1926	1 022 299	2 870 000
1927	1 376 564	4 480 000
1928	2 009 842	5 680 000
1929	2 635 567	6 715 000
1930	3 066 682	8 106 000

Auf die einzelnen europäischen Länder verteilen sich die Anfang 1930 vorhandenen Rundfunkteilnehmer wie folgt (die nachstehende Übersicht gibt gleichzeitig einen guten Überblick über die Entwicklung des Rundfunks in den einzelnen europäischen Ländern):

Land	Zahl der Rundfunkhörer (Anfang 1930)	Land	Zahl der Rundfunkhörer (Anfang 1930)
Deutschland	3 066 682	Italien	85 000
Großbritannien	3 025 000	Norwegen	71 200
Frankreich	1 500 000	Rumänien	32 000
Spanien	500 000	Lettland	29 500
Schweden	427 600	Irland	26 000
Österreich	365 600	Jugoslawien	22 100
Dänemark	325 000	Danzig	16 000
Rußland	320 000	Estland	15 400
Ungarn	276 800	Island	15 000
Tschechoslowakei	268 000	Litauen	10 700
Belgien	240 000	Bulgarien	2 100
Polen	208 200	Türkei	1 700
Niederlande	139 000	Griechenland	700
Finnland	96 000	Albanien	150
Schweiz	85 900		

Kbg.

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Der dunkle Entladungsvorstrom in Luft von Atmosphärendruck. — M. Paavola berichtet über den dunklen Vorstrom in Luft von Atmosphärendruck. Seine Aufgabe besteht darin, zu prüfen, ob die Townsendschen Beziehungen

$$i = i_0 e^{\alpha d} \quad \ldots \quad (1)$$

$$i = i_0 \frac{(\alpha-\beta)\, e^{(\alpha-\beta)d}}{\alpha - \beta\, e^{(\alpha-\beta)d}} \quad \ldots \quad (2)$$

und

$$\frac{\alpha}{p} = f\left(\frac{\mathfrak{E}}{p}\right), \quad \ldots \quad (3)$$

i_0 Sättigungstrom
α Ionisierungszahl d. negativen Teilchen
β Ionisierungszahl d. positiven Teilchen
d Elektrodenabstand
$\mathfrak{E}$ Feldstärke
p Druck,

die durch Townsends Experimente unter kleineren Drucken bestätigt worden sind, auch unter Atmosphärendruck gültig sind. Paavola hat mit planparallelen Elektroden gearbeitet und die Anfangsionisation durch ultraviolette Bestrahlung hervorgerufen. Er gibt zahlreiche Strom-Spannungs-Kurven bei verschiedenen Elektrodenabständen und Strom-Abstands-Kurven bei verschiedenen konstanten elektrischen Feldstärken an. Insbesondere die letzteren sind interessant, weil sie die Gültigkeit der Gl. (1) erkennen lassen. In Abb. 16 sind einige Ergebnisse in logarithmischem Strommaßstab dargestellt. Der geradlinige Verlauf der Kurven ist eine Bestätigung der Gl. (1). Aus den Kurven sind die Werte von α berechnet worden. Unterhalb 22,5 kV/cm war $\alpha = 0$, d. h. die Stromstärke war bei konstant gehaltener Feldstärke von dem Elektrodenabstand unabhängig. Auch die Gl. (3) wird durch Vergleichen der Resultate mit den Townsendschen Experimenten bestätigt. (Gl. (1) gilt bis zur Nähe des Durchschlagsabstandes. Erst ganz nahe diesem tritt ein schnelleres Anwachsen der Stromstärke auf. Gl. (2) konnte aber nicht mit befriedigender Sicherheit bestätigt werden. Die Stromstärke steigt nämlich schneller an, als nach der Gleichung zu erwarten wäre. Während der Messungen wurde eine große Veränderlichkeit der Stromwerte von Zeit zu Zeit bemerkt, vielleicht wegen der Feuchtigkeitsänderungen der Luft. Bei der nicht eingeschlossenen Funkenstrecke wurde sogar ein Strom ohne Bestrahlung bemerkt, bei im Glaszylinder eingeschlossener Funkenstrecke mit ausgetrockneter Luft dagegen nicht. (M. Paavola, Arch. El. Bd. 22, H. 4/5, S. 443.)

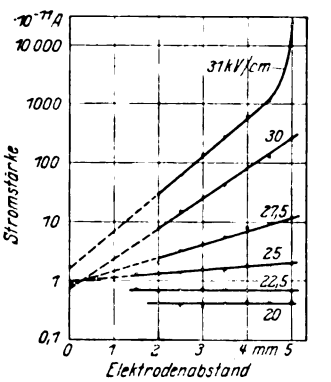


Abb. 16. Strom-Abstands-Kurven einer planparallelen Funkenstrecke.

Hochspannungstechnik.

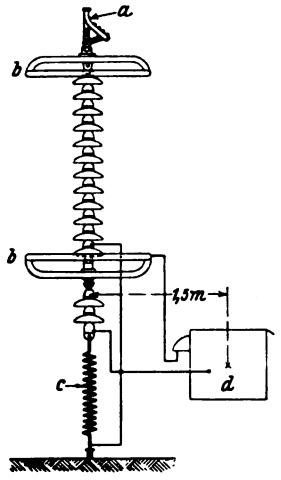
Messung betriebsmäßiger Überspannungen an Hochspannungs-Freileitungen. — In den Jahren 1926/28 ließ die General Electric Co. in 12 größeren Hochspannungsnetzen Messungen über die infolge von Gewittereinflüssen und Schaltvorgängen auftretenden Überspannungen vornehmen. Die Messungen erfolgten mittels einer großen Zahl von in den Netzen verteilten Klydonographen mit selbsttätigem Filmvorschub; diese wurden über einen durch eine Isolatorenkette mit Schutzringen gebildeten Spannungsteiler (Abb. 17) an die Leitungseile angeschlossen. An einer Stelle war im Sommer 1928 ein Kathodenstrahl-Oszillograph eingebaut. Eingehendere Untersuchungen wurden in 3 Netzen mit geerdetem Nullpunkt vorgenommen; diese sind durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet:

Besitzer	Spannung kV_{eff}	Leiteranordnung	Isolation je Kette	Netzlänge km
Pennsylvania Power and Light Co.	220	3 Leiter in einer Ebene, verdrillt. 2 Erdseile a. d. Werk.	14 Tellerisolat. Schutzring unten, Schutzhorn oben	140
Ohio Power Comp.	132	6 Leiter in Tonnenanordnung, 1 durchgehendes Erdseil	10...11 Tellerisol., Schutzring unten, Schutzhorn oben	308
New England Power Co.	110	6 Leiter in einer Ebene, verdrillt. 2 durchgehende Erdseile, 2 weitere an den Werken an beiden Enden	8...10 Tellerisol., Schutzring oben und unten	119

Die auf Gewitter und auf Schaltvorgänge zurückzuführenden Überspannungen wurden nach Möglichkeit getrennt

Digitized by Google

und gesondert aufgetragen; die so ermittelte Häufigkeit der Überspannungen in Abhängigkeit von ihrer Höhe (bezogen auf die betriebsmäßige Scheitelspannung gegen Erde) ist in Abb. 18 ... 21 dargestellt. Die Gewitterüberspannungen erreichten auf den 3 Leitungen Beträge von 2700,



a mit Trosse und Abspannklemme am Seil aufgehängt
b Schutzring
c Spannfeder
d Klydonographengehäuse

Abb. 17. Hängekette als Spannungsteiler an einer 132 kV-Leitung.

1640 und 900 kV (bis zum 15fachen der betriebsmäßigen Spannung); die entsprechenden Werte für Schaltüberspannungen sind 845, 595 und 360 kV (bis zum 5,5fachen Betriebswert).

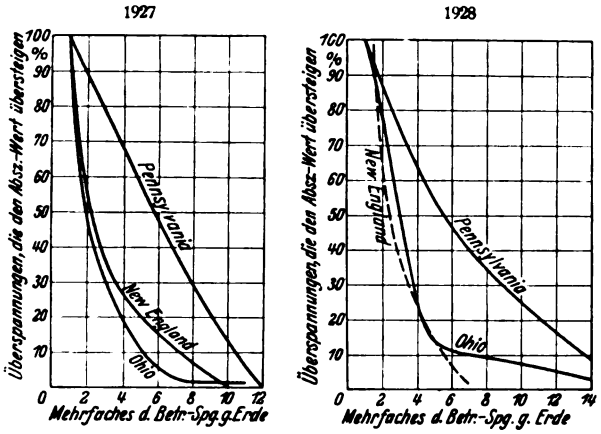


Abb. 18 u. 19. Gewitterüberspannungen in den Sommern 1927 und 1928.

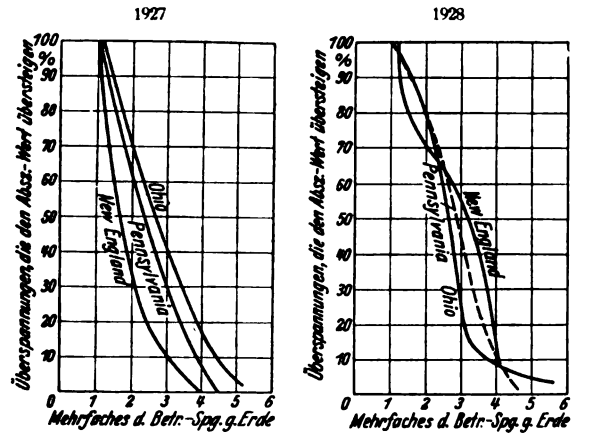


Abb. 20 u. 21. Schaltüberspannungen in den Sommern 1927 und 1928.

Nur in einem der untersuchten Netze (Consumers Power Co.) ist der Sternpunkt nicht geerdet. Die nur hier auftretenden, mäßig gedämpften Hochfrequenzschwingungen, die eine Spannung bis zum 7,7fachen des Betriebswertes erreichten, werden auf Erdschlußlichtbogen zurückgeführt. Überspannungen, die zu Schalterauslösungen infolge von Isolatorenüberschlägen (bei geerdetem Sternpunkt) geführt hatten, zogen in den meisten Fällen mehrere Ketten in Mitleidenschaft (bis zu 5). Bei Doppelleitungen ergaben sich bis zu 25 % gleichzeitige Ausfälle der beiden Systeme. Auf der Seite, von der das Gewitter heranzog, zeigte sich deutlich eine gegenüber der anderen Seite wesentlich vermehrte Beanspruchung. So weisen manche Leitungen auf der „Wetterseite" (Westen) bis mehr als doppelt so viele Kettenüberschläge auf als auf der abgewandten Seite; die geringste Beanspruchung entfällt auf die zunächst dem Mast gelegenen Ketten. Der Schutzwert der Erdseile trat in aller Deutlichkeit hervor. 3 Netze, deren Leitungen nur zum Teil (⅓ ... ⅔ der Netzlänge) mit Erdseilen ausgerüstet sind, verzeichneten in einem Jahre folgende Zahlen von Schalterauslösungen infolge von Gewitterüberspannungen (bezogen auf 100 km Leitungslänge): 3,7 auf den Strecken mit Erdseil gegen 7,6 auf denen ohne solches; 17,5 gegen 47; 40 gegen 144. Im Netz der Ohio Power Co. sank nach Anbringung zweier Erdseile und von Schutzringen an den Ketten die Zahl der jährlichen Auslösungen von 88 auf 15.

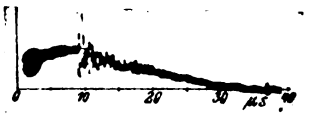


Abb. 22. Kathodenoszillogramm einer Welle auf der Pennsylvania-Leitung am 27. VIII. 1928.

Die Auswertung von 154 Klydonogrammen ergab 20 % Überspannungen mit einer gesamten Anstiegsdauer unter 10 μs, 20 % zwischen 10 und 100 μs und 60 % über 100 μs. Die eine Aufnahme mit dem Kathodenstrahl-Oszillographen (Abb. 22) zeigt einen Anstieg auf 600 kV in etwa 8 μs; die übergelagerte Schwingung von rd. 2 MHz ist wahrscheinlich durch ausgelöste Nebenvorgänge zu erklären.

Aus 9 jeweils zu einer Überspannung gehörenden Gruppen von Aufzeichnungen der verschiedenen längs der Leitung verteilten Klydonographen erhielt man eine Gesetzmäßigkeit für die Dämpfung der Welle bei ihrem Lauf über die Leitung. Im Mittel wurde eine Welle der ursprünglichen Höhe e_0 nach Durchlaufen der Länge s [km] abgebaut auf die Spannung $e = \frac{e_0}{k\,s\,e_0 + 1}$; die Absenkung für 1 km beträgt also $A = -\,\mathrm{d}\,e/\mathrm{d}\,s = k\,e^2$ an jeder Stelle. An 2 Leitungen fand man $k = 0{,}8 \ldots 1{,}25 \cdot 10^{-4}$, an einer weiteren (Ohio) $k = 3{,}1 \ldots 4{,}4 \cdot 10^{-4}$. Der Umstand, daß A sich nur von e^2 abhängig erwies, sowie die Feststellung, daß die Leitung mit den größeren k-Werten kleinere Seildurchmesser und geringere Abstände zwischen Leitungs- und Erdseilen besitzt als die beiden anderen Netze, legen die Vermutung nahe, daß die Absenkung der Wellenhöhe im wesentlichen durch die Glimmverluste der Leitungseile verursacht wird. Eine Anzahl von Überspannungen zeichnete sich nur in sehr wenigen Klydonographen ab; in diesen Fällen scheint eine wesentlich stärkere Absenkung als oben angegeben vorgelegen zu haben. Die Versuche werden mit größerem Aufwand an Meßgeräten fortgesetzt. (W. W. Lewis, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 364.) *Stk.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Neuzeitliche Speisewasseraufbereitung. — Es ist bekannt, daß durch Zugabe von Soda zum Kesselspeisewasser die Entstehung eines fest anhaftenden Sulfatsteines zugunsten der Bildung eines lockern Karbonatschlammes verschoben werden kann. Die erforderliche Sodamenge ist von Betriebsdruck und Sulfatgehalt des Wassers abhängig. Da sich aber Soda in wässeriger Lösung bei erhöhter Temperatur hydrolytisch spaltet, indem sie unter Kohlensäureabgabe in Ätznatron übergeht, würde bei höherem Kesseldruck dauernd eine Verschiebung des einmal eingestellten Gleichgewichtsverhältnisses eintreten, und es müßte beständig Soda zugeführt werden. Die Amerikaner empfehlen bei höherer Kesselwassertemperatur, u. zw. bei Drücken über 15 at, Soda durch Natriumphosphat zu ersetzen. Nach Splittgerber soll der Alkaligehalt des Kesselinhalts zum Schutz der Kesselwandungen vor Korrosion einen Wert von 400 mg Ätznatron oder 1850 mg Soda auf 1 l nicht unterschreiten. So sonderbar es klingt, muß man also bei der Speisung von Kondensat und Destillat dem Kesselwasser Alkali zuführen, und da sowohl Kondensat als auch Destillat in den meisten Fällen eine geringe Resthärte enthalten, ist es angebracht, weiterhin noch etwas Alkaliphosphat hinzuzugeben, das die restlichen Härtebildner als unlösliche Erdalkaliphosphate ausfällt und durch einen Überschuß von Alkaliphosphat einer Steinbildung vorbeugt. Hierdurch gelingt es einerseits, die Steinbildung herabzusetzen, anderseits aber der Korrosion des Kesselbaustoffes vorzubeugen. Bei genieteten Kesseln ist zur Verhütung von Laugenbrüchigkeit eine von Betriebsdruck und dem Sodagehalt abhängige Menge von Glaubersalz zuzugeben. Das Glaubersalz läßt sich aber auch durch das 500-fach wirksamere Phosphat ersetzen. Da es durch die Alkalizugabe gelingt, die Kieselsäure bei Abwesenheit von Erd-

Digitized by Google

alkalibestandteilen bis zu einer bestimmten Konzentration in Lösung zu halten, wird in den weitaus meisten Fällen die Abscheidung von stark kieselsäurehaltigem, wärmestauendem Stein verhütet.

Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff hat eine große Bedeutung. Ein Sauerstoffwert von 0,1 mg/l darf nicht überschritten werden. Durch Überschreitung der Natronzahl 400 und Benutzung von Glaubersalz oder Natriumphosphat läßt sich diese Grenze noch etwas verschieben, so daß in diesem Falle ein Wert von 0,3 mg/l noch als unbedenklich gelten kann. Da ein entgastes Wasser Sauerstoff und Kohlensäure wieder begierig aufnimmt, muß die spätere Berührung mit der Luft unter allen Umständen vermieden werden.

Bei der lebhaften Verdampfung eines Hochleistungskessels würde die Dichte, sofern man nicht genügend abschlämmt, derart zunehmen, daß sie zusammen mit noch andern Faktoren zum Schäumen und Spucken des Kesselinhaltes führen würde. Leider ist es bisher noch nicht gelungen den ursächlichen Zusammenhang restlos aufzuhellen, da nicht die Beschaffenheit des Kesselinhaltes allein, sondern auch die jeweiligen Betriebsverhältnisse und die Kesselbauart beim Schäumen und Spucken eine Rolle spielen. In der Hauptsache werden Schwebestoffe und organische Bestandteile hierfür verantwortlich gemacht, es scheinen aber auch die den Alkalitätsgrad eines Wassers bedingenden Hydroxylionen einen gewissen Einfluß auszuüben. Knodel weist darauf hin, daß gewisse Kesselbauarten bei einer stündlichen Belastung von 50 kg/m² Kesselwasser-Konzentrationen von 2° Bé. ohne die geringste Spur von Störungen aushalten. Bei stündlicher Belastung bis zu 60 kg/m² und Drücken bis zu 60 atü soll bei schon im Betrieb befindlichen Kesseln erfahrungsgemäß als Grenzwert für die Dichte des Kesselwassers 1° Bé. gelten können. (K. Hofer, Glückauf Bd. 65, S. 1067.) *Ka.*

Verschiedenes.

Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung. — Am Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung an der Technischen Hochschule zu Berlin finden im Sommer-Halbjahr 1930 erstmalig folgende Vorlesungen statt: K. W. Wagner: Allgemeine Schwingungslehre II und Die theoretischen Probleme der elektrischen Nachrichtentechnik IV (Weitverkehr). — Leithäuser: Kolloquium über neuzeitliche Probleme der Hochfrequenztechnik und Praktische Übungen für Geübtere (nur in geringer Zahl nach vorheriger Vereinbarung). — Salinger: Theoretische Probleme der elektrischen Nachrichtentechnik II (Vierpole, Kettenleiter, Pupinleitungen). — E. Meyer: Akustische Probleme der Fernmeldetechnik (mit Vorführungen). — W. Hort: Höhere Festigkeitslehre und Maschinendynamik.

Fortbildungskursus der T. H. Hannover für Elektrowärmetechnik. — Das Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik an der T. H. Hannover hält in der Zeit vom 29. VII. bis 1. VIII. einen Fortbildungskursus für Installateure und Großhändler ab. Der Teilnehmerbeitrag ist auf 36 RM festgesetzt; die Anmeldung muß an das Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik an der T. H. und die Einzahlung des Teilnehmerbeitrages auf dessen Postscheckkonto Hannover 349 46 bis zum 15. VII. erfolgen.

Tagung des DNA in Saarbrücken. — Vom 22. bis 24. V. d. J. hält der Ausschuß „Einführung der Normen in die Praxis" seine nächste Sitzung in Saarbrücken ab. Die Veranstaltung bringt Vorträge über betriebswirtschaftliche Fragen und über die Einführung der Normung auf verschiedenen Gebieten. Es sind u. a. folgende Vortragsthemen zu nennen:

- Erfahrungen bei der Anwendung der Normen in der städtischen Bauverwaltung,
- Schwierigkeiten bei der Einführung der Normen im Maschinenbau,
- Schwierigkeiten bei der Einführung der Normung in Grenzgebieten Deutschlands (Saargebiet),
- Bedeutung der Normen in den Beziehungen zwischen Besteller und Hersteller,
- Anwendung genormter Werkzeuge und ihre Auswirkung,
- Einführung der Transmissionsnormen,
- Einführung der Normen in der Elektrotechnik,
- Einführung der Normen über Nichteisenmetalle.

Ferner werden Prof. Dr.-Ing. Friedrich über „Kultur und Persönlichkeit in der Industrie" und Dr. H. Röchling über „Saarwirtschaft und Normung" sprechen. Mit der Tagung sind außerdem Besichtigungen verbunden. Anfragen und Anmeldungen sind zu richten an Dinorm. Berlin NW 7.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft. — Die 35. Hauptversammlung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft für angewandte physikalische Chemie findet vom 28. V. bis 1. VI. d. J. in Heidelberg statt. Als Hauptverhandlungsthema wurde gewählt: „Spektroskopie und Molekelbau". — Zwecks Anmeldung und Unterbringung wende man sich an den Ortsausschuß der deutschen Bunsen-Gesellschaft, Heidelberg, Plöck 55.

Abkommen über internationale Ausstellungen. — Das dieses am 22. XI. 1928 in Paris unterzeichnete Abkommen betreffende Gesetz vom 5. V. 1930 ist im RGBl. II 1930, Nr. 17 veröffentlicht worden.

Musterbestimmungen für Ausstellungen. — Wie das Deutsche Ausstellungs- und Messe-Amt mitteilt, ist mit Unterstützung des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit eine Schrift[1] erschienen, bei der es sich um einen wichtigen Schritt auf dem Gebiet der Rationalisierung der Geschäftsbedingungen handelt. Die in ihr gegebenen Rahmenbestimmungen haben den Zweck, als Mustervorlage für Ausstellungsunternehmungen zu dienen und die notwendigen Anhaltspunkte zur Aufstellung der eigenen Ausstellungsbedingungen zu bieten. Die Übernahme dieser Bestimmungen soll die zivilrechtliche Grundlage der Beziehungen zwischen Aussteller und Veranstalter bzw. Schauleitung bilden und Klarheit über die beiderseitigen Verpflichtungen, Verantwortlichkeiten und Haftungen schaffen. Dabei haben auch die in öffentlich-rechtlicher Hinsicht wichtigen (z. B. die gewerbe- und feuerpolizeilichen) Gesichtspunkte Berücksichtigung gefunden. Soweit die Bestimmungen nur einen Rahmen bilden, der je nach den individuellen Erfordernissen der besonderen Ausstellung der Ausfüllung bedarf, ist das durch die Anordnung des Drucks und durch Anmerkungen kenntlich gemacht. Ein ausführlicher Kommentar erläutert die einzelnen Bestimmungen und läßt erkennen, unter welchen Voraussetzungen ihre Anpassung geboten erscheint. Wie in einer Vorbemerkung ausdrücklich betont wird, mußten verschiedene Bestimmungen aufgenommen werden, die je nach Art und Charakter der betreffenden Ausstellung im Einzelfall nicht anwendbar zu sein brauchen und deren Benutzung erst nach genauer Prüfung der Verhältnisse erfolgen sollte. Dadurch ist auch bereits bestehenden und bewährten Veranstaltungen Rechnung getragen.

Schutz von Erfindungen und Warenzeichen auf der Leipziger Messe. — Um die zahlreichen neuen Erfindungen, die auf der Leipziger Messe ausgestellt werden, auch dann gegen Nachahmung zu schützen, wenn sie noch nicht den gesetzlichen Patent-, Muster- oder Zeichenschutz besitzen bzw. dazu noch nicht angemeldet sind, werden auf Grund des Reichsgesetzes vom 18. III. 1904 vom Leipziger Meßamt sogen. Prioritätszeugnisse ausgestellt. Diese gewähren den gewünschten Schutz. Innerhalb 6 Monaten nach Schluß der Messe muß jedoch die betreffende Erfindung usw. bei der zuständigen Stelle angemeldet sein.

Ausstellungen und Messen, deren Beschickung der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie nicht empfiehlt. — Die Ausstellungs- und Messekommission des ZV hat eine Beteiligung an den nachstehenden Veranstaltungen abgelehnt: Ausstellung „Die Straße", Stuttgart (24. V./15. VI.); Ausstellung „Dame und doch Hausfrau", Berlin (24./27. IX.); Ausstellung „Soll und Haben des deutschen Volkes", Berlin (1930); Deutsche Bauausstellung, Berlin 1931 (9. V./9. VIII.). Außerdem ist den Mitgliedsfirmen empfohlen worden, an der Ausstellung und dem Kongreß für öffentliche Gesundheitspflege, London (17./22. XI.) nicht teilzunehmen. Dagegen wurde eine Beteiligung an der Internationalen Ausstellung für Verkehr und Touristik, Posen (6. VII./10. VIII.) dem Ermessen der Firmen anheimgestellt.

[1] Musterbestimmungen für Ausstellungen (nebst Musterpreisgerichtsordnung für gewerbliche Ausstellungen) des Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amtes, herausgegeben mit Unterstützung des RKW. Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart. Preis 3 RM ohne Porto u. Verpackg.

Digitized by Google

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Für die Gesfürel war 1929 der Zusammenschluß mit der Ludw. Loewe & Co. AG. und der Aktiengesellschaft für Gas-, Wasser- und Elektrizitäts-Anlagen das wichtigste Ereignis. Der Vorstand der sich nunmehr Gesellschaft für elektrische Unternehmungen-Ludw. Loewe & Co. AG., Berlin, nennenden Firma bezeichnet ihn als die formgerechte Zusammenfassung von Unternehmungen, die, durch gegenseitigen Aktienbesitz oder gleichartiges Tätigkeitsgebiet verbunden, schon bisher einheitlich verwaltet wurden. Die deutsche Elektrowirtschaft habe im Berichtsjahr keine wesentlichen Fortschritte gezeigt, und aus natürlichem Zuwachs dürfte eine Vermehrung der Stromerzeugung nicht stattgefunden haben, sondern wohl dadurch, daß im Innern der Verteilungsysteme bisher noch selbständige Produzenten ihre Kraftwerke stillgelegt hätten und ihre Kilowattstundenzahl den bisherigen Resultaten zugezählt wurden. Der Stromverkauf der der Berichterstatterin gehörenden Elektrizitätswerke weist mit 3,186 Mill kWh gegen das Vorjahr einen außergewöhnlichen Rückgang um etwa 15 % auf; ihre Versorgungsgebiete haben keine Änderung erfahren. Zu Anfang der Berichtszeit wurde die Gas- und Elektrizitätsversorgungs-Gesellschaft Singen m. b. H., Singen-Hohentwiel, gegründet, deren Betriebsführung in Händen der Gesfürel-Loewe liegt. Mit dem Kraftwerk Laufenburg hat sie einen 15jährigen Strombezugsvertrag geschlossen. Aus den Angaben über Beteiligungen sei hier angeführt, daß sich der Absatz elektrischer Arbeit bei der AG. für elektrische und Verkehrsunternehmungen in Budapest infolge des Daniederliegens der Landwirtschaft in Ungarn nicht so wie in normalen Zeiten entwickelt hat. Von der Ostkraftwerk AG., Cosel, wurde eine 100 kV-Leitung nach Breslau zwecks Verbindung mit dem Stromverteilungsnetz der Elektrizitätswerk Schlesien AG. errichtet. Die Tramways et Electricité de Constantinople, Brüssel, haben ihren Namen in „Transports, Electricité et Gaz" geändert. Das Elektrizitätswerk in Konstantinopel weist eine erfreuliche Entwicklung auf. Die Kraftzentrale der Compagnies Réunies Gaz et Electricité, Lissabon, ist erweitert, das Verteilungsnetz verstärkt worden. Nach dem Bericht der Société Internationale d'Energie Hydro-Electrique (Sidro), Brüssel, haben sich die spanischen Unternehmungen 1928/29 weiterhin günstig entwickelt. Die Hauptanlage der Société d'Electricité de la Region Malmedy (Serma) befindet sich noch im Bau. An Gewinn aus laufenden Erträgnissen der Beteiligungen hat die Berichterstatterin 14 825 388 RM (10 105 609 i. V.) und aus Betrieben 2 578 404 RM (aus Effektenverkäufen 1 025 876 i. V.) buchen können. Reingewinn: 9 098 143 RM (6 473 950 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf nunmehr rd. 76,474 Mill RM Aktienkapital. In der G.V. wurde auf Anfrage aus Aktionärkreisen von der Verwaltung bemerkt, daß die Gesellschaft seit mehreren Jahren mit der Elektrische Licht- und Kraftanlagen AG., Berlin, in Fühlung gestanden habe, Verhandlungen über ein engeres Zusammengehen aber mit Rücksicht auf prinzipielle Gesichtspunkte bei den Firmen resultatlos verlaufen seien.

Die Elektrizitäts-AG. vormals Schuckert & Co., Nürnberg, ist von dem 1929/30 erzielten Ergebnis im großen und ganzen befriedigt. Die allgemeine wirtschaftliche Depression des Jahres 1929 hat die Stromversorgungs- und Bahnunternehmungen weniger hart betroffen, die Jahresleistungen zeigten noch eine Steigerung — bei den Elektrizitätswerken mehr als bei den Bahnen — gegen das Vorjahr, die allerdings hinter der von 1928/29 zurückblieb. Die auf Industrie und Landwirtschaft ruhenden schweren Lasten haben sich aber mit Beginn des Jahres 1930 auch auf die Jahresleistungen der Elektrounternehmungen nachteilig ausgewirkt. „In der heutigen Notzeit der Kommunen", sagt der Vorstand, „wird es auch für den Außenstehenden immer mehr erkennbar, nach welchen gesunden, von parteipolitischen Einflüssen unberührten Grundsätzen die privaten und gemischtwirtschaftlichen Elektrounternehmungen geleitet werden. Die streng kaufmännische Gebarung schafft ausreichende Tilgungs- und Erneuerungsfonds und sonstige Reserven, die aus nicht ausgeschütteten Gewinnen gebildet werden, die ausschließlich für die Zwecke des Unternehmens bestimmt und auch verfügbar sind, wenn Mittel für Erneuerungen oder Erweiterungen gebraucht werden. Neben einer guten Rente verbleibt eine entsprechende Geldflüssigkeit, und fast nirgends tritt die Notwendigkeit ein, die Tarife zu erhöhen; eher kann man davon sprechen, daß die Tarife vielfach eine fallende Tendenz haben. Und dabei tragen diese Unternehmungen die vollen Steuern, von denen die kommunalen Werke immer noch befreit sind. Man kann nicht oft genug auf dieses steuerliche Unrecht hinweisen und fordern, daß gleiche Unternehmungen auch die gleichen Steuern zahlen, ganz gleich von wem sie betrieben werden." An dem Konsortium der Elektricitätswerk Südwest AG. ist die Berichterstatterin mit einem kleinen Prozentsatz beteiligt worden. Die Schuckert-Betriebe AG., München, haben durch eine Verständigung mit der Stadt Starnberg erreicht, daß die Ankaufstermine vor 1947 aufgehoben wurden. Die Bergische Elektrizitäts-Versorgungs-G. m. b. H., Elberfeld, verzeichnet für 1929 eine nutzbare Stromabgabe von 72,6 Mill kWh (67 i. V.) und eine Erhöhung des Anschlußwerts von 83 651 auf 90 740 kW. Geschäftsgewinn der Berichterstatterin: 7 664 200 RM (7 756 597 i. V.), Reingewinn: 6 793 884 RM (6 523 480 i. V.), Dividende: 12 % auf rd. 50,584 Mill RM dividendenberechtigtes Stammaktienkapital (11 % i. V.).

Die Erzeugung des Großkraftwerks Erfurt AG. betrug 1929 57,204 Mill kWh (53,680 i. V.) und die halbstündige Spitzenleistung 17 900 kW (16 800 i. V.). Die nutzbare Lieferung ist um rd. 6 % gewachsen. Erträgnisse: 2 221 803 RM (1 991 664 i. V.), Reingewinn: 216 904 RM (215 469 i. V.), Dividende: wieder 5 % auf 3.850 Mill RM Aktienkapital.

Wesentlich infolge größerer Abnahme der Industrie konnte die Schlesische Elektricitäts- und Gas-AG., Breslau, ihre Stromabgabe 1929 von 256,458 auf 304,621 Mill kWh erhöhen. Das 20 kV-Netz ist um 15 km Freileitungen erweitert worden. Geschäftsgewinn: 8 987 698 RM (7 874 094 i. V.), Reingewinn: 3 577 304 RM (3 574 213 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf rd. 32,042 Mill RM Aktienkapital.

Die Grube Leopold AG., Köthen i. Anh. hat 1929 49,636 Mill kWh erzeugt, d. s. etwa 8 % mehr als im Vorjahr (45,790 Mill kWh).

Die Stromabgabe der Thüringer Gasgesellschaft, Leipzig, ist 1929 von 230,3 auf 250,3 Mill kWh gestiegen. Die Verwaltung bedauert, daß es auch im Berichtsjahr noch nicht gelungen sei, eine gleichmäßige steuerliche Behandlung der Versorgungsbetriebe zu erreichen. Die Steuerlast bilde heute einen wesentlichen Teil der Gesamtausgaben, weshalb völlige Gleichstellung der Energieversorgungsunternehmungen der öffentlichen Hand mit denen der Privatwirtschaft und den gemischtwirtschaftlichen Betrieben in steuerlicher Beziehung unerläßlich sei. Noch habe man zwar den Strom- und Gasverkauf innerhalb des gesamten Geschäftsbereichs gegenüber dem Vorjahr um etwa 10 % zu erhöhen vermocht, es werde aber immer schwerer, den Minderverbrauch der gewerblichen und industriellen Abnehmer durch eine Steigerung des Haushaltkonsums auszugleichen. Die Berichterstatterin erwähnt die Gründung der Gas- und Stromversorgung Mittelsachsen AG. in Calbe (Saale), der sie ihre Gas- und Elektrizitätswerke in Schönebeck (Elbe) und Hecklingen (Anhalt) mit sämtlichen Nebenstellen unter Wahrung des Eigentumsrechts zur Verfügung gestellt hat. Stromlieferungsverträge wurden mit verschiedenen Gemeinden neu abgeschlossen bzw. verlängert. Das Versorgungsgebiet der von ihr gegründeten Licht- und Kraftversorgung Westthüringen AG., Herleshausen a. Werra, umfaßt eine größere Anzahl von Ortschaften in der Umgebung von Eisenach. Verhandlungen mit der Stadt Elze führten zur Gründung der Strom- und Gasversorgung Elze (Hann.) G. m. b. H., an die die Thüringer Gasgesellschaft ein vorher erworbenes privates Elektrizitätswerk in Elze abgetreten hat. Der Gas- und Stromversorgung Friedrichroda G. m. b. H. wurde auch die elektrische Versorgung dieser Stadt übertragen. Die Ferngaswerk- und Elektrizitäts-Versorgung Saaletal G. m. b. H., Saalfeld, übernahm neu die Stromlieferung an neun benachbarte Gemeinden und die Licht- und Kraftwerke Südthüringen G. m. b. H., Sonneberg, die Stromlieferungsverträge eines Elektrizitäts-Versorgungsverbandes. Die Aktienmajorität der AG. für Licht- und Kraftversorgung, München, ist auf die Berichterstatterin übergegangen. Zwischen dem Kraftwerk Sachsen-Thüringen AG., Auma, und der Stadt Pößneck i. Thür. kam ein neur Stromlieferungsvertrag zum Abschluß. Auf dem Gaswerk Engelsdorf wurde zur technischen Auswertung des von Dr. Tern angegebenen Verfahrens für die Erzeugung von Stickstoffdüngemitteln aus Gaswasser und Gasschwefel eine Elektro-Stickstoffanlage errichtet. Ihre Beteiligung an der Compañia Insular-Colonial de Electricidad y Riegos, S.A., Madrid, hat die Thüringer Gasgesellschaft vorteilhaft einem amerikanischen Unternehmen abgetreten.

Infolge des Anschlusses neuer Großabnehmeranlagen und des durch den neuen Wohnungs- und Mitteltarif herbeigeführten Zuwachses an Kleinabnehmern ist der Stromabsatz bei der Neckarwerke AG., Eßlingen a. N., 1929 gewachsen, trotzdem aber hinter den Erwartungen

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 724.

Digitized by Google

etwas zurückgeblieben. Der gesamte Anschlußwert betrug am Jahresschluß ohne Enzgauwerke 139 647 kW (128 903 i. V.) und bei den Enzgauwerken G. m. b. H. 28 385 kW (26 522 i. V.). Die Leistung der eigenen Energiequellen hat sich infolge pachtweiser Übernahme des Kraftwerks Staustufe Obereßlingen der Neckar-AG. auf 31 208 kW erhöht; daneben bestehen bekanntlich langfristige Strombezugsverträge mit dem Badenwerk, dem Bayernwerk und dem Bezirksverband Oberschwäbische Elektrizitätswerke. Erzeugt und bezogen wurden 139,728 Mill kWh (130,101 i. V.) und nutzbar abgegeben 112,125 Mill kWh (105 017 i. V.), so daß sich 27,603 Mill kWh (25,084 i. V.), d. s. 19 % als Eigenverbrauch und Verlust ergeben. Die höchste Tagesabgabe betrug 570 723 kWh (503 848 i. V.) und die maximale Momentanbelastung 41 300 kW (38 300 i. V.). Da die Konzessionsverträge mit den Gemeinden in den Jahren 1935/53 zum Ablauf gekommen wären, haben die Berichterstatterin sowie als ihre Hauptaktionärin die Gesellschaft für elektrische Unternehmungen und der von den Konzessionsgemeinden bzw. Amtskörperschaften gebildete Bezirksverband Neckar-Enzwerke eine Vereinbarung getroffen, in der erstere eine Ermäßigung der Kleinabnehmer-Normalpreise einräumt und die Hauptaktionärin dem Bezirksverband eine Beteiligung am Aktienkapital und eine paritätische Vertretung im Aufsichtsrat ermöglicht, während dieser sich verpflichtet hat, den Gemeinden die Verlängerung der Konzessionsverträge bis Ende 1954 zu empfehlen. Dieses Vertragswerk ist zustande gekommen und hat die Neckarwerke AG. zu einem Unternehmen mit stark kommunalem Einschlag gemacht. Betriebsgewinn: 5 716 191 RM (5 711 278 i. V.), Überschuß: 2 115 189 RM (2 144 459 i. V.), Dividende: wieder 9 % auf 20 Mill RM Stammaktienkapital, das nunmehr auf 30 Mill RM erhöht worden ist.

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

Neue Bestimmungen über den Ausübungszwang in Spanien. — Einzelne der Bestimmungen des am 15. IX. 1929 in Kraft gesetzten neuen Patentgesetzes, über das hier berichtet wurde[1], haben derartigen Widerspruch hervorgerufen, daß am 15. III. 1930 ein neues Dekret erlassen worden ist, welches in erster Linie das durch das vorjährige Gesetz geschaffene Ausbeutungspatent wieder abschafft, da sich für seine praktische Durchführung, besonders im Hinblick auf bereits bestehende Schutzrechte, große Schwierigkeiten ergeben haben.

Für Erfindungspatente ist der Ausübungsnachweis innerhalb von 3 Jahren, vom Datum der Patenturkunde an gerechnet, zu erbringen und wird amtlicherseits kontrolliert, so daß zwecks Einsichtnahme durch die Behörde der Fabrikationsort in Spanien angegeben werden muß. Kann eine tatsächliche Herstellung des patentierten Gegenstandes in Spanien nicht nachgewiesen werden, so tritt an deren Stelle die Zwangslizenz. Diese wird in Form von Inseraten in einer Tageszeitung, einer technischen Zeitschrift und durch das Patentamt veröffentlicht und muß vom vierten Jahre ab jährlich während der ganzen Patentdauer wiederholt werden. Eine nichtamtliche Erbringung oder Wiederholung der Zwangslizenz ist zwecklos. Die Wiederholung der Zwangslizenz erfolgt aber nicht bei solchen Patenten, die vor dem 1. III. 1926 ausgestellt wurden; diese sind vielmehr von der Wiederholung befreit.

Bei Einführungspatenten ist nur eine tatsächliche Ausübung zulässig. Ein Nachweis hierfür muß innerhalb von 3 Jahren, vom Datum der Patenturkunde an gerechnet, erbracht werden. Zwangslizenzen können also für Einführungspatente nicht nachgesucht werden.

Die Wiederholung von tatsächlichen Ausübungsnachweisen ist freiwillig. Ein Erfindungspatent verfällt also nicht, wenn dafür einmal ein tatsächlicher Ausübungsnachweis erbracht worden ist, dessen Wiederholung später aber unterbleibt.

Ein Patent verfällt, wenn der erstmalige Ausübungsnachweis bzw. an dessen Stelle das Zwangslizenzgesuch oder wenn bei den unter Zwangslizenz stehenden Patenten deren jährliche Wiederholung unterlassen wird.

Der Patentinhaber kann jederzeit die Zwangslizenz zurückziehen und an deren Stelle eine wirkliche Ausübung beantragen. Läuft jedoch beim spanischen Patentamt auf die Inserate hin ein Angebot zur Lizenzentnahme ein, so ist der Patentinhaber verpflichtet, seine Erfindung gegen vorherige Abfindung an den Interessenten abzutreten. Er kann also die Lizenz nicht mehr zurückziehen.

Für Gebrauchsmuster ist alljährlich ein Ausübungsnachweis zu erbringen. Zwangslizenzen sind hierfür nicht statthaft.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld I. Berlin.

[1] ETZ 1929, S. 1632.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 27. Mai 1930, abends 7¾ h in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Vortrag des Herrn Dr.-Ing. Boll über das Thema: „Automatische Leistungsregulierung in großen elektrischen Netzen".

Inhaltsangabe:

Natürliche und künstliche Lastverteilung. — Wege zur künstlichen Lastverteilung. — Trennung und Verteilung der Aufgaben bei der künstlichen Lastverteilung auf automatischem Wege. — Die BBC-Fahrplansteuerung. — Ausführung im Achenseewerk und im EW Frankfurt.

Die Mitglieder werden gebeten, ihre Mitgliedskarten beim Eintritt vorzuzeigen. Gastkarten für einzuführende Gäste sind bei der Geschäftstelle in Empfang zu nehmen. Ohne Karten kein Zutritt.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:
Dr. Feyerabend.

Besichtigung.

Am Freitag, dem 30. V. 1930, findet eine Besichtigung der Anlagen der Flughafen-Ges. m. b. H. Tempelhofer Feld statt. Die Teilnehmer — auch Damen — treffen sich von 4 h nachm. ab im Flughafen-Restaurant an den für den Elektrotechnischen Verein reservierten Tischen, bei günstigem Wetter auf der schönen Terrasse, zu einer gemeinsamen Kaffeetafel. Hierauf finden in der Zeit von 5 ... 7 h nachmittags die Führungen durch die Anlagen halbstündlich in Gruppen von je 25 Personen statt.

Während des Aufenthalts auf dem Fluggelände erfolgen auf Wunsch Rundflüge von 10 ... 15 min Dauer zum Preise von 8 RM pro Person.

Von 8½ h abends ab findet die interessante Nachtbefeuerung der Flugzeuge statt.

Beim Betreten des Flughafens wird eine Eintrittsgebühr von 0,25 RM erhoben.

Verkehrsverbindungen:

a) Straßenbahnlinien: 25, 35, 73, 96, 99 und 199.
b) Stadtringbahn bis Bahnhof Tempelhof.
c) U-Bahn bis Bahnhof Flughafen.

Anmeldungen — auch für die Rundflüge — in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II bis spätestens Mittwoch, den 28. V., mittags, erbeten.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Digitized by Google

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Lieferung des „Jahrbuch der Elektrotechnik 1927" von Präsident a. D. Geheimrat Professor Dr. Karl Strecker.

Wir sind in der Lage, den vor kurzem erschienenen Abschlußband 1927 von Streckers „Jahrbuch der Elektrotechnik" zu einem wesentlich ermäßigten Preise abzugeben.

Bestellungen erbitten wir unter Einzahlung von 8,90 RM auf unser Postscheckkonto Berlin 21 312.

Wir machen darauf aufmerksam, daß zum gleichen Preise auch noch einige Exemplare der Jahrbücher 1925 und 1926 bei uns erhältlich sind. Wir empfehlen baldige Bestellung, da der Vorrat nur noch gering ist.

Kommission für Installationsmaterial.

Leitsätze für zweipolige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt (Dosensteckvorrichtungen 250 V 10 A) für Erdung, Nullung und Schutzschaltung.

§ 1.

Diese Leitsätze treten am 1. Juli 1930 in Kraft.

§ 2.

Steckdosen mit Schutzkontakt sind dazu bestimmt, die Gehäuse ortsveränderlicher Stromverbraucher zu erden, zu nullen oder an eine Schutzleitung (für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung) anzuschließen.

§ 3.

Für zweipolige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt gelten außer den nachstehenden Bestimmungen die Vorschriften für Steckvorrichtungen 10 A 250 V, die in den §§ 4 ... 13 und 31 ... 45 der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K. P. I." enthalten sind, mit Ausnahme der Bestimmung von § 33 b). Die Hülsen der Steckdosen sollen von 4,7 auf 5,2 mm federnd ausgebildet sein.

§ 4.

Die Steckvorrichtungen sollen für 250 V und 10 A gebaut sein.

§ 5.

Steckdosen mit Schutzkontakt sollen so eingerichtet sein, daß Stecker ohne Schutzkontakt in ihnen nicht verwendet werden können.

Das Einführen des Schutzkontaktes in die Leitungskontakte muß unmöglich sein.

Die Verbindung der Schutzkontakte soll hergestellt sein, bevor sich die Polkontakte berühren. Sie sollen über Schleifkontakte geschlossen werden.

§ 6.

Die Anschlußklemme für den Schutzleiter der Dose soll für mindestens 2,5 mm², die Anschlußklemme für den Schutzleiter des Steckers für mindestens 1,5 mm² bemessen sein.

Schutzkontakte brauchen keine Isolierabdeckung zu haben. Die Schutzkontakte sollen für mindestens 10 A Stromdurchgang bemessen sein.

Schutzkontakte sollen an der Dose federnd, am Stecker nicht federnd ausgeführt sein.

Die Anschlußklemme für den Schutzleiter der Dose soll im Inneren liegen.

Der Anschluß für den Schutzleiter soll als solcher kenntlich gemacht sein.

§ 7.

Die Prüfung der Isolation nach § 39 der K. P. I. ist auf die Prüfung der Schutzkontakte gegenüber den Spannung führenden Teilen auszudehnen.

Prüfungen nach § 40 der K. P. I. sind auf die Erwärmung der Schutzkontaktteile auszudehnen.

Zur Prüfung der mechanischen Haltbarkeit der Steckvorrichtung ist der Stecker ohne Strombelastung 1000-mal vollständig ein- und auszuführen.

Die Prüfung nach § 41 der K. P. I. ist dahin zu ergänzen, daß der 1,25-fache Nennstrom bei der Nennspannung durch einen Pol und durch den Schutzkontakt geleitet und im Gebrauchszustand sowie in der Gebrauchslage des Prüflings 20-mal ausgeschaltet wird, wobei ein dauernder Lichtbogen nicht auftreten darf.

Bekanntmachungen

Kommission für Zähler.

Die Kommission hat im Hinblick auf die durch verschiedene Anträge u. dgl. notwendig gewordenen Änderungen beschlossen, eine Neubearbeitung der seit 1. Januar 1927 gültigen „Regeln für Elektrizitätzähler R.E.Z." vorzunehmen.

Falls schwerwiegende Einwendungen gegen den hierdurch zur Ankündigung gelangenden Entwurf 1 der Neubearbeitung der „Regeln für Elektrizitätzähler R.E.Z." nicht ergehen und eine Erledigung etwaiger Eingänge noch möglich ist, soll der Entwurf mit Gültigkeit vom 1. Januar 1931 gelegentlich der diesjährigen, mit den Vollmachten der Jahresversammlung ausgestatteten Ausschußsitzung zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Einsprüche sind in doppelter Ausfertigung bis längstens zum 7. Juni 1930 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Falls die an sich kurze Frist nicht zur Einreichung begründeter Einsprüche reicht, bitten wir innerhalb der genannten Zeit um formale Ankündigung. Die Einspruchsfrist würde dann allerdings unter Absetzung der beabsichtigten Vorlage gelegentlich der diesjährigen Ausschußsitzung entsprechend verlängert werden.

Sonderdrucke des Entwurfes werden Interessenten von der Geschäftstelle des VDE kostenlos zur Verfügung gestellt.

Kommission für Erdung.

Die Kommission für Erdung veröffentlicht auf S. 754 den nunmehr abgeschlossenen Entwurf I der „Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, L.E.S. 1. 1931", der, falls etwaige Einsprüche eine rechtzeitige Erledigung gestatten, noch der diesjährigen, mit den Vollmachten einer Jahresversammlung ausgestatteten Ausschußsitzung zur Beschlußfassung und Genehmigung vorgelegt werden soll.

Einsprüche sind in doppelter Ausfertigung bis längstens zum 7. Juni 1930 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Falls die an sich kurze Frist nicht zur Einreichung begründeter Einsprüche reicht, bitten wir innerhalb der genannten Zeit um formale Ankündigung. Die Einspruchsfrist würde dann allerdings unter Absetzung der beabsichtigten Vorlage gelegentlich der diesjährigen Ausschußsitzung und Beantragung der Verabschiedung durch den Vorstand entsprechend verlängert werden.

Wir machen darauf aufmerksam, daß wir Sonderdrucke in beschränkter Anzahl von dem Entwurf herstellen ließen, die an Interessenten gegen Berechnung abgegeben werden können.

Kommission für Installationsmaterial.

In der ETZ 1929, S. 1030, hatte die Kommission für Installationsmaterial einen Entwurf zu „Leitsätze für 2-polige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt (Wohnungsteckvorrichtungen 250 V 10 A) für Erdung, Nullung und Schutzschaltung" veröffentlicht.

Auf Grund der eingegangenen Einsprüche hat die Kommission für Installationsmaterial gemeinsam mit dem großen Steckerausschuß einen Schlußentwurf zu

Leitsätze für 2-polige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt (Dosensteckvorrichtungen 250 V 10 A) für Erdung, Nullung und Schutzschaltung

aufgestellt, der nebenstehend bekanntgegeben wird und durch den Vorstand des VDE auf Grund der Bevollmächtigung durch die Jahresversammlung 1929 im Mai 1930 genehmigt worden ist.

Die Leitsätze treten am 1. Juli 1930 in Kraft.

Es ist in Aussicht genommen, eine Normung der zweipoligen Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt sobald als möglich vorzunehmen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Digitized by Google

Kommission für Erdung.

Entwurf 1.

Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, L.E.S.1./1931.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

§ 1. Geltungsbeginn.
§ 2. Geltungsbereich.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

III. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 4. Anwendung von Schutzmaßnahmen.

B. Isolierung.

§ 5. Anwendung der Isolierung.

C. Kleinspannung.

§ 6. Anwendung der Kleinspannung.
§ 7. Ausschließliche Verwendung der Kleinspannung.

D. Erdung.

§ 8. Anwendung der Erdung.
§ 9. Bemessung der Erdung.

E. Nullung.

§ 10. Anwendung der Nullung.
§ 11. Nullungsbedingungen.
§ 12. Blanke Nulleiter.
§ 13. Nullung ortsveränderlicher Stromverbraucher.
§ 14. Erdung in Netzen mit Nullung.

F. Schutzschaltung.

§ 15. Anwendung der Schutzschaltung.

G. Gemeinsames für Erdung, Nullung und Schutzschaltung.

§ 16. Verhütung von Unterbrechungen der Schutzleitung.
§ 17. Bemessung der Schutzleitung.

H. Erdung eines Netzpunktes.

§ 18. Schutz bei Übertritt der Oberspannung.
§ 19. Schutz bei Erdschluß auf der Unterspannungseite.
§ 20. Bemessung der Erdungsleitung für den geerdeten Netzpunkt.

IV. Verlegung der Erder.

V. Prüfung der Schutzmaßnahmen.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Diese Leitsätze treten am 1. Januar 1931 in Kraft.

§ 2.

Geltungsbereich.

Diese Leitsätze gelten für alle Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V zwischen beliebigen Leitern.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

1. Schutzmaßnahmen im Sinne dieser Leitsätze sind Maßnahmen, um Menschen gegen Gefährdung durch zu hohe Berührungspannung zu schützen.

2. Berührungspannung ist die im Störungsfalle zwischen einem nicht zum Betriebstromkreis gehörenden leitfähigen Anlageteil (Metallteil) und der Erde auftretende Spannung, soweit sie von einem Menschen überbrückt werden kann.

3. Schrittspannung ist die mit der Schrittweite (etwa 1 m) überbrückbare Spannung.

4. Spannungstrichter ist der Bereich um den stromdurchflossenen Erder, außerhalb dessen die Spannung zwischen Erder und Meßpunkt um nicht mehr als 1 V zunimmt, wenn der Meßpunkt um 1 m weitergerückt wird. Die Reichweite des Spannungstrichters an der Erdoberfläche ist im allgemeinen nicht größer als 20 m um den Erder.

5. Körperschluß entsteht, wenn ein nicht zum Betriebstromkreis, aber zur elektrischen Einrichtung gehörender Anlageteil (z. B. Motorgehäuse) durch einen Isolationsfehler eine leitende Verbindung mit dem Betriebstromkreis erhält.

6. Erdschluß entsteht, wenn ein oder mehrere betriebsmäßig gegen Erde isolierte Leiter eine leitende Verbindung mit der Erde bekommen. Bei Einfacherdschluß hat nur ein einziger isoliert verlegter Leiter Erdschluß, bei Doppel- oder Mehrfacherdschluß haben zwei oder mehrere isoliert verlegte Leiter Erdschluß.

7. Erdschlußstrom ist der beim Erdschluß in die Erde fließende Strom.

8. Erder sind die zum Erden benutzten Metallteile, die sich in der Erde befinden und mit ihr in leitender Verbindung stehen.

9. Erden heißt eine leitende Verbindung des zu schützenden Anlageteiles mit der Erde herstellen.

10. Erdübergangswiderstand (Ausbreitungswiderstand) eines Erders ist der Widerstand zwischen dem Erder und dem weiter (mehr als 20 m) entfernten Erdboden.

11. Erdungswiderstand ist gleich der Summe von Erdübergangswiderstand und Widerstand der Erdungsleitung.

12. Erdungsleitung ist die leitende Verbindung zwischen dem zu schützenden Anlageteil und dem Erder einschließlich Sammelleitung.

13. Erdung bedeutet die Gesamtheit von Erdungsleitung und Erder.

14. Nulleiter ist der Leiter, der von dem Nullpunkt einer Anlage (z. B. Maschine, Transformator, Akkumulatorenbatterie usw.) ausgeht.

15. Nullen heißt eine leitende Verbindung des zu schützenden Anlageteiles mit dem Nullpunkt bzw. Nulleiter herstellen.

16. Nullungsleitung ist die leitende Verbindung zwischen dem zu schützenden Anlageteil und dem Nulleiter.

17. Schutzschalter sind Apparate, die auf die Berührungspannung unmittelbar ansprechen, falls sie den zulässigen Grenzwert übersteigt.

18. Schutzschalten heißt eine leitende Verbindung des zu schützenden Anlageteiles über den Schutzschalter mit der Erde herstellen.

19. Schutzschaltungsleitung ist die leitende Verbindung zwischen dem zu schützenden Anlageteil und dem Schutzschalter.

20. Schutzschaltung bedeutet die Gesamtheit von Schutzschalter und zugehörenden Leitungen einschließlich Erder.

21. Schutzleitung ist der Sammelbegriff für die leitende Verbindung zwischen dem zu schützenden Anlageteil und dem Erder (bei Erdung), dem Nulleiter (bei Nullung) oder dem Schutzschalter (bei Schutzschaltung).

22. Kleinspannungen sind Betriebspannungen bis zu 42 V.

III. Bestimmungen.

A. Allgemeines.

§ 4.

Anwendung von Schutzmaßnahmen.

Schutzmaßnahmen sind anzuwenden, wenn die Möglichkeit einer besonderen Gefährdung vorliegt; sie sind daher unbedingt erforderlich in Anlagen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde und bedingt erforderlich in Anlagen mit Spannungen von weniger als 250 V gegen Erde, und zwar dann, wenn der Übergangswiderstand des Menschen zur Erde durch die Leitfähigkeit des Standortes infolge Feuchtigkeit, Wärme, chemische Einflüsse oder andere Ursachen wesentlich herabgesetzt ist oder die dauernde Erhaltung normaler Isolation erschwert wird. In anderen Fällen, z. B. im allgemeinen in Wohnräumen, ist ein Schutz nicht erforderlich.

Den Schutzmaßnahmen wird vielfach nicht die erforderliche Aufmerksamkeit zugewendet, da die Anlagen auch ohne sie betrieben werden können; weil sie aber zum Schutze des Menschen erforderlich sind, muß ihnen sogar erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden, wenn sie ihren Zweck, entweder das Überbrücken oder das Auftreten oder das Bestehenbleiben zu hoher Berührungspannung zu verhindern, erfüllen sollen. Berührungspannungen können infolge Körper-, Erdschlusses oder Leitungsbruches auftreten.

Je besser angeordnet, je sorgfältiger ausgeführt, je gewissenhafter eine Anlage unterhalten ist und je hochwertiger die verwendeten Apparate isoliert sind, desto seltener zeigen sich Störungen.

In den Fällen, in denen infolge der Möglichkeit des Auftretens einer zu hohen Berührungspannung ein Schutz erforderlich ist, sind zu schützen alle zur elektrischen Anlage, aber nicht zum Betriebstromkreis gehörenden Me-

Digitized by Google

tallteile, die Spannung annehmen können und betriebsmäßig großflächig berührt werden (z. B. Gehäuse von Maschinen, Apparaten und Handgeräten sowie Handräder, Griffe u. dgl.); ist dieses nicht der Fall, wie z. B. bei Meßgeräten, Zählergehäusen oder -tafeln, so braucht auch bei leitfähigem Fußboden in der Regel eine Schutzmaßnahme nicht getroffen zu werden.

Lackierung und Emaillierung von Metallteilen sowie wetterfeste Umhüllung von Leitungen gilt nicht als Isolierung im Sinne dieser Leitsätze.

In Anlagen bis 65 V Betriebspannung sind besondere Schutzmaßnahmen nicht erforderlich, jedoch ist für Handleuchter und elektrische Handgeräte, die in Kesseln oder dgl. verwendet werden sollen, nur Kleinspannung zulässig (vgl. § 7).

In älteren Anlagen, die vor dem 1. Januar 1930 nach den jeweiligen Verbands- oder den besonderen Polizeibestimmungen ihrer Zeit errichtet worden sind, brauchen nachträglich weitergehende Schutzmaßnahmen nicht getroffen zu werden, wenn dadurch unbillige Härten entstehen würden.

Die Statistik hat gezeigt, daß Unfälle infolge zu hoher Berührungspannung verhältnismäßig selten sind; deshalb würden durch die Forderung nachträglichen Ein- bzw. Umbaues ungerechtfertigte und unverhältnismäßig hohe Aufwendungen entstehen.

B. Isolierung.

§ 5.

Anwendung der Isolierung.

Schutz durch Isolierung kann erreicht werden entweder durch eine Isolierung des Menschen vom Anlageteil (z. B. isolierende Umpressung von Schaltergriffen, Handrädern, Isolierkapselung von Apparaten, isolierende Umhüllung von kabelähnlichen Leitungen oder dgl.) oder durch eine Isolierung des Menschen von der Erde (z. B. isolierender Fußbodenbelag, isolierende Wände oder dgl.).

Isolierung als Schutzmaßnahme kann nur dann angewendet werden, wenn mit einer praktisch für längere Jahre ausreichenden Beschaffenheit der Isolation gerechnet werden kann.

Bei Nachinstallationen in alten Anlagen, die keine Schutzmaßnahmen enthalten, kann vielfach in einfacher Weise durch Isolierung des Standortes des Bedienenden ein Schutz im Sinne dieser Leitsätze geschaffen werden.

C. Kleinspannung.

§ 6.

Anwendung der Kleinspannung.

Als Schutz dienen Transformatoren oder Umformer mit elektrisch voneinander getrennten Wicklungen, die die Betriebspannung auf Kleinspannung herabsetzen. Zu beachten sind die „Regeln für die Konstruktion und Prüfung von Schutztransformatoren mit Kleinspannungen R.E.T.K.".

Der Kleinspannungstromkreis soll nur eine beschränkte Ausdehnung haben (z. B. Betrieb von einzelnen oder wenigen Kleinmotoren, Koch- und Heizgeräten, Handleuchtern, Spielzeugen oder dgl.) und allpolig mit Installationsmaterial für mindestens 250 V nach den Bestimmungen der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V. V.E.S.1.", der „Vorschriften Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K.P.I." und der „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V.I.L." ausgeführt sein.

§ 7.

Ausschließliche Verwendung der Kleinspannung.

Für Handleuchter und elektrische Handgeräte, die in Kesseln oder dgl. verwendet werden sollen, kommt bei Wechselstrom als Schutzmaßnahme nur Kleinspannung in Frage, weil der Bedienende hier gleichzeitig auch gegen Berührung betriebsmäßig Spannung führender Anlageteile geschützt werden soll.

D. Erdung.

§ 8.

Anwendung der Erdung.

Die Erdung kommt aus wirtschaftlichen Gründen praktisch nur für Stromverbraucher in Stromkreisen mit Sicherungen von höchstens 10 A Nennstrom oder mit Selbstschaltern von höchstens 25 A Abschaltstrom in Frage. Ist die Erdung durch Anschluß an ein Wasserleitungsnetz möglich, so ist die Anwendungsmöglichkeit entsprechend dem Erdungswiderstand der Wasserleitung größer.

§ 9.

Bemessung der Erdung.

Die Erdung eines nicht zum Betriebstromkreise gehörenden Anlageteiles ist so zu bemessen, daß die Berührungspannung bei einem Fehlerstrom gleich der Abschaltstromstärke der vorgeschalteten Sicherung die zulässige Grenze von 65 V nicht übersteigt; der Erdungswiderstand soll daher nicht größer als

$$\frac{65\ \text{V}}{\text{Abschaltstromstärke}}$$

sein.

Unter Abschaltstromstärke ist die Stromstärke zu verstehen, die die Sicherung oder den Selbstschalter innerhalb kurzer Zeit abschaltet; infolge der großen Verschiedenheit der Charakteristiken der Schmelzsicherungen und Selbstschalter soll der Einfachheit halber als Abschaltstromstärke der Berechnung die 2,5-fache Nennstromstärke zugrunde gelegt werden.

Bei Verwendung von Band- oder Drahterden werden z. B. im allgemeinen bei Ackerboden für je 1 A Nennstromstärke der vorgeschalteten Sicherung etwa 10 m Band notwendig sein.

E. Nullung.

§ 10.

Anwendung der Nullung.

Die Nullung kommt nur in Stromverteilungsanlagen mit einem geerdeten Nulleiter in Betracht; sie wird hergestellt durch den Anschluß der zu schützenden Anlageteile an den geerdeten Nulleiter. Die nachstehenden Bestimmungen gelten auch sinngemäß für Anlagen, in denen ein Außenleiter betriebsmäßig geerdet ist.

Durch die Nullung soll erreicht werden, daß jeder Körperschluß zum Kurzschluß führt.

§ 11.

Nullungsbedingungen.

Bei Anwendung der Nullung als Schutzmaßnahme muß das Leitungsnetz folgenden drei Nullungsbedingungen genügen:

1. Die Leitungsquerschnitte sind so zu bemessen, daß bei Kurzschluß zwischen einem Außenleiter und dem Nullleiter der 2,5-fache Nennstrom der nächsten vorgeschalteten Sicherung zum Fließen kommt. Bis zur Abschaltung sind beliebig hohe Berührungspannungen zulässig.

In Netzen mit Betriebspannungen von 220/127 V und darunter ist diese Abschaltung nicht erforderlich, wenn bei gleichem Werkstoff die Querschnitte der vier Leitungen einander gleich sind.

Errechnen sich zu große Leitungsquerschnitte, so können, um die Abschaltung zu erreichen, in die Außenleiter abgestufte Sicherungen eingebaut werden.

Empfohlen wird, bei Freileitungsnetzen bis 50 mm² den Querschnitt des Nulleiters gleich dem der Außenleiter zu wählen.

2. Der Nulleiter ist zu erden, und zwar im allgemeinen in der Nähe der Station; in Freileitungsnetzen auch noch mindestens an den Enden der Netzausläufer und bei Installationen im Freien [siehe V. E. S. 1., § 2 d)], falls genullt wird, auch an seinem Ende.

Sind im Bereich der Stromverteilungsanlagen gute Erder, wie z. B. Wasserleitungen oder dgl., vorhanden, so sind diese mit dem Nulleiter zu verbinden. Die Verbindung hat möglichst an den Eintrittstellen der elektrischen und beispielsweise der Wasserleitung zu erfolgen. Der Querschnitt der Verbindungsleitung soll mit Rücksicht auf thermische Festigkeit gleich dem des Nulleiters, mindestens aber 6 mm² sein.

Zur Erdung der Netzausläufer sollen 50 m Band oder ein gleichwertiger Erder genügen. Diese Erdung wird gefordert, damit beim Reißen des Nulleiters der vom Transformator abgetrennte Nulleiterteil keine zu hohe Spannung gegen Erde annimmt. Für Kabelnetze fällt diese Bedingung fort, da eine Unterbrechung des Nulleiters nicht zu befürchten ist.

Für die Erdung von Nulleitern für Installationen im Freien sollen im allgemeinen 15 m Band oder ein gleichwertiger Erder genügen.

Der Anschluß des Nulleiters an den besten vorhandenen Erder soll verhindern, daß bei einem Erdschluß eines Außenleiters über jenen Erder innerhalb der Anschlußanlage die Spannung im Nulleiter wesentlich über die zulässige Berührungspannung ansteigt.

Digitized by Google

3. Der Nulleiter ist ebenso sorgfältig und vorschriftsmäßig wie die Außenleiter zu verlegen, damit eine Unterbrechung unwahrscheinlich wird.

§ 12.

Blanke Nulleiter.

Nur ein Nulleiter, der den Nullungsbedingungen genügt, darf im Handbereich blank verlegt werden, unabhängig davon, ob genullt wird oder nicht.

Sind die Nullungsbedingungen nicht erfüllt, so darf weder genullt noch der Nulleiter im Handbereich blank verlegt werden.

§ 13.

Nullung ortsveränderlicher Stromverbraucher.

Ortsveränderliche Stromverbraucher dürfen nicht durch unmittelbaren Anschluß an dem beweglichen Teil des an der Stromzuführung beteiligten Nulleiters genullt werden, sondern sind durch eine besondere Nullungsleitung in der Zuleitungschnur am fest verlegten Teil des Nulleiters anzuschließen.

§ 14.

Erdung in Netzen mit Nullung.

In einem Netz, in dem die Nullung angewendet wird, ist Erdung ohne leitende Verbindung mit dem Nulleiter unzulässig.

Wird die Wasserleitung zur Erdung benutzt, so kann von einer besonderen Verbindung des Installations-Nullleiters mit der Wasserleitung abgesehen werden, wenn sowohl diese mit dem Wasserversorgungsnetz als auch der Netz-Nulleiter an mehreren Stellen mit dessen Hauptwasserleitung verbunden ist.

Dachständer oder dgl. können, falls ein Schutz erforderlich ist, genullt werden, wenn die Nullungsbedingungen im Ortsnetz erfüllt sind; sie sollen aber nicht geerdet werden, ohne gleichzeitig genullt zu sein.

F. Schutzschaltung.

§ 15.

Anwendung der Schutzschaltung.

Die Schutzschaltung ist sowohl in Stromverteilungsanlagen mit Nulleiter als auch in solchen ohne Nulleiter anwendbar.

Schutzschalter müssen so beschaffen sein, daß beim Auftreten einer zu hohen Berührungspannung die Abschaltung in kurzer Zeit erfolgt. Die Schalter müssen Freiauslösung haben.

Der wesentliche Bestandteil der Schutzschaltung ist ein Schalter, dessen Auslösespule zwischen den zu schützenden Anlageteil und einen Erder gelegt ist; darauf zu achten ist, daß die Fehlerstromspule nicht kurz geschlossen wird und die Abschaltung in weiten Grenzen vom Widerstand des Erders unabhängig ist.

G. Gemeinsames für Erdung, Nullung und Schutzschaltung.

§ 16.

Verhütung von Unterbrechungen der Schutzleitung.

Stecker und Steckdosen sind so einzurichten, daß die Schutzverbindung hergestellt ist, bevor die Polkontakte sich berühren.

Unterbrechungstellen in den Schutzleitungen, z. B. Schalter, Sicherungen u. dgl., sind nur bei gleichzeitiger Abschaltung aller Stromleiter zulässig.

§ 17.

Bemessung der Schutzleitung.

Der Querschnitt der Erdungs- und Nullungsleitung soll mit Rücksicht auf thermische Festigkeit mindestens gleich dem halben Querschnitt des Außenleiters sein, braucht jedoch nicht über 50 mm² gewählt zu werden; der Querschnitt der Schutzschaltungsleitung kann jedoch geringer sein.

Mit Rücksicht auf mechanische Festigkeit müssen aber bei allen Schutzleitungen folgende Mindestwerte eingehalten werden:

1. bei fester ungeschützter Verlegung . . 4 mm²,
2. bei fester geschützter Verlegung . . . 1,5 mm²,
3. in kabelähnlichen Leitungen . . . . . 1 mm²,
4. in ortsveränderlichen Leitungen bis 4 mm² Außenleiterquerschnitt gleich diesem,
5. in ortsveränderlichen Leitungen über 4 mm² Außenleiterquerschnitt mindestens gleich dessen Hälfte.

H. Erdung eines Netzpunktes.

§ 18.

Schutz bei Übertritt der Oberspannung.

Als Schutz bei Übertritt von Oberspannungen von mehr als 250 V gegen Erde auf die Unterspannungseite soll außer der Schutzerdung der Oberspannungsanlage auch entweder der Nullpunkt (Nulleiter) oder ein Außenleiter des Unterspannungsnetzes unmittelbar oder über Durchschlagsicherungen geerdet werden. Der Erdungswiderstand ist so zu bemessen, daß beim Übertritt der Oberspannung auf die Unterspannungseite durch den Einzel-Erdschlußstrom keine höhere Berührungspannung als 125 V am Nulleiter hervorgerufen wird oder bestehen bleibt (siehe V.E.S. 1., § 4). Es sind auch andere gleichwertige Maßnahmen (z. B. Relais) zulässig.

Ist die Abschaltstromstärke der Sicherungen oder des Schalters der Oberspannungseite kleiner als der Erdschlußstrom, so kann sie der Bemessung der Erdung zugrunde gelegt werden.

In Freileitungsanlagen sollen bei Oberspannungen von mehr als 250 V gegen Erde die oberspannungseitigen Erder mit Rücksicht auf einen etwaigen Doppelerdschluß von dem unterspannungseitigen Erder getrennt verlegt werden und mindestens 20 m von diesem entfernt sein.

In Kabelnetzen wird empfohlen, die Bleimäntel der Kabel beider Spannungen gut leitend miteinander zu verbinden und an eine gemeinsame Erdung anzuschließen; da diese Erdung vom Fehlerstrom nicht voll beansprucht wird, genügt hierbei ein Erdungswiderstand von etwa 20 Ω. Diese Erdung und die der Kabelmuffen haben nämlich in erster Linie den Zweck, nur etwa im Erdreich fließende Fremdströme aufzusaugen und die Bleimäntel sowie deren Bewehrung vor Anfressungen durch diese Ströme zu schützen.

§ 19.

Schutz bei Erdschluß auf der Unterspannungseite.

Wird in 380/220 V-Anlagen der Nullpunkt (Nulleiter) oder ein Außenleiter unmittelbar geerdet, so soll der gesamte Erdungswiderstand 2 Ω nicht überschreiten. Sind Wasserleitungen vorhanden, so sind diese zur Erdung heranzuziehen. Auch durch andere Maßnahmen (z. B. Relais) kann verhindert werden, daß zwischen einem beliebigen Außenleiter und der Erde eine höhere Spannung als 250 V bestehen bleibt.

§ 20.

Bemessung der Erdungsleitung für den geerdeten Netzpunkt.

Der Querschnitt der Erdungsleitung soll mit Rücksicht auf thermische Festigkeit etwa halb so stark wie der Außenleiter gewählt werden; er soll jedoch mindestens 16 mm² betragen, braucht aber nicht stärker als 50 mm² sein.

IV. Verlegung der Erder.

1. Erder.

a) Wasserleitungen. Sie haben, wenn es sich um ausgedehnte Wasserleitungsnetze handelt, meist einen Widerstand gegen Erde in der Größenordnung von 0,1 ... 2 Ω.

Wenn Wasserleitungsnetze zur Erdung verwendet werden sollen, so ist durch Messung festzustellen, ob das Wasserleitungsnetz einen guten Erder ergibt.

Der Anschluß an die Rohre erfolgt an gut blank gemachten Stellen durch breite Schellen.

Die Wasserleitung im Hause darf als Erdungsleitung verwendet werden, wenn die Rohre sehr gut leitend verbunden sind, wie z. B. bei Bleirohren durch Verlötung. Der Anschluß soll möglichst vor dem Wassermesser erfolgen. Erfolgt er hinter dem Wassermesser, so muß dieser gut leitend überbrückt werden.

b) Oberflächenerdungen aus Bändern oder Drähten. Sie sind mindestens 30 cm unter der Erdoberfläche zu verlegen und müssen einen Mindestquerschnitt von 50 mm² haben. Bänder sollen mindestens 3 mm dick sein. Eisen soll feuerverzinkt oder verbleit sein. Die Länge richtet sich nach der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und dem Erdübergangswiderstand, der erreicht werden soll. Als Anhaltspunkte für den Widerstand derartiger Oberflächenerder können die folgenden Angaben bei Ackerboden dienen:

Länge in Metern	25	50	100
Widerstand in Ohm . . .	8	5	3.

Bei ungünstigen Platzverhältnissen können die Leitungen im Zickzack verlegt werden, wenn ein Mindestabstand der Windungen von ungefähr 1,5 m eingehalten wird. Der Ausbreitungswiderstand wird aber dadurch erhöht.

Digitized by Google

c) Rohre. Der Ausbreitungswiderstand eines ein- bis zweizölligen Rohres von etwa 3 m Länge beträgt bei Ackerboden etwa 30 Ω. Benutzt man mehrere Rohre, um einen kleineren Widerstand zu erreichen, so ist ein Mindestabstand von 3 m einzuhalten. Eisenrohre sollen feuerverzinkt oder verbleit sein.

d) Erdplatten. Platten sollen einseitig mindestens 0,5 m² groß und mindestens 3 mm stark sein (siehe DIN VDE 1816). Eiserne Platten sollen feuerverzinkt oder verbleit sein. Erdplatten sollen senkrecht im Erdreich angeordnet werden, da bei wagerechter Anordnung Hohlräume leichter entstehen können. Platten von 0,5 m² einseitiger Oberfläche haben in Ackerboden einen Ausbreitungswiderstand von etwa 40 Ω, solche von 1 m² einseitiger Oberfläche von etwa 30 Ω. Bei Verwendung von mehreren Platten zur Herabsetzung des Übergangswiderstandes ist ein Mindestabstand von ungefähr 3 m zwischen ihnen einzuhalten.

2. Bodenbeschaffenheit u. dgl.

Lehmboden ist hinsichtlich seines Widerstandes dem Ackerboden gleich zu achten. Feuchter Sandboden hat etwa 3-fachen, trockener Sandboden etwa 5-fachen, Kies etwa 10-fachen Widerstand.

An Gewässern sind Erder längs des Ufers und nicht im Wasser zu verlegen, da Wasser im allgemeinen schlecht leitet.

Die Erder müssen fest in den Erdboden eingestampft werden, so daß die Berührung zwischen Erder und Erde möglichst innig wird. Dazu gehört, daß das Erdreich in der nächsten Umgebung des Erders möglichst feinkörnig ist. Grober Kies und Steine sind ebenso schlechte Vermittler des Stromübergangs wie reines Wasser und fettige oder ölige Schichten. Erder dürfen nicht mit Anstrich (z. B. Rostschutzmittel) versehen sein, da dadurch der Ausbreitungswiderstand erhöht würde.

3. Erdungsleitungen.

Die Erdungsleitungen sind, soweit sie offen verlegt sind, außer gegen mechanische Beschädigung gegebenenfalls auch gegen chemische Zerstörung zu schützen und möglichst so zu verlegen, daß sie leicht überwacht werden können. Unzulässig ist, sie ohne Schutz einzumauern.

4. Verbindungstellen.

Sämtliche Verbindungen in der Erdungsanlage sind sorgfältig herzustellen, da selbst ein verhältnismäßig geringer Übergangswiderstand (Oxydbildung oder dgl.) die Güte einer Erdung stark beeinträchtigt. Verbindungen sollen verschweißt, vernietet oder verschraubt sein, Schraub- oder Nietverbindungen müssen überlappt sein und mit 2 Schrauben oder 2 Nieten ausgeführt werden. Empfohlen wird, die fertigen Verbindungen gegen Oxydation durch Anstrich zu schützen.

V. Prüfung der Schutzmaßnahmen.

Die Schutzmaßnahmen sind einer Prüfung vor Inbetriebsetzung der Anlage und regelmäßigen Nachprüfungen (etwa alle 5 Jahre) zu unterziehen.

Bei Nullung und bei Schutzschaltung erfolgt die Prüfung durch Feststellung ihrer Wirksamkeit.

Bei Erdung erfolgt die Prüfung durch Messung des Erdungswiderstandes wie folgt:

a) Messung mit Strom- und Spannungsmesser.

Die gegebenenfalls vom Nulleiter bzw. dem zu schützenden Anlageteil abzuklemmende Erdungsleitung wird mit einem nicht geerdeten Außenleiter über einen Widerstand von etwa 30 Ω hinter der Sicherung unter Zwischenschaltung eines Strommessers verbunden. Ist ein geerdeter Leiter im Netz vorhanden, so schließt sich der Strom über diesen. (Ist ein solcher nicht vorhanden und kommt durch die Isolationsfehlerströme des Netzes kein für die Messung ausreichender Strom zustande, so wird die Messung nach b) empfohlen.)

Mit einem Spannungsmesser von hinreichend hohem Widerstand (etwa 3000 Ω) wird dann die Spannung zwischen einem Punkt hinter dem Vorschaltwiderstand und einer Sonde gemessen, die einen Ausbreitungswiderstand von höchstens 200 Ω haben soll. Kann der Spannungstrichter vom Menschen ganz überbrückt werden, so muß die Sonde außerhalb des Spannungstrichters liegen, im anderen Falle genügt es, die Sonde am Standort einzutreiben. Letzteres ist z. B. der Fall, wenn der Erder in der Nähe des zu schützenden Anlageteiles liegt und eine Verschleppung der Berührungspannung durch Rohre, Eisengerüste usw. nicht stattfinden kann. Der Erdungswiderstand ergibt sich als Quotient aus Spannung und Stromstärke.

Da bei derartigen Messungen Schrittspannungen auftreten, so ist zur Vermeidung von Unfällen Vorsicht zu üben (Absperrung, Isolierung, kleine Schrittweite).

b) Messung mit Erdungsmesser.

Hierbei bedient man sich am einfachsten fabrikmäßig hergestellter Meßgeräte.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär.
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

An die Technischen Zeitschriften und Verbände mit der Bitte um Bekanntgabe an ihre Leser bzw. Mitglieder.

Betr.: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

Es befinden sich Sicherungspatronen im Handel, die das VDE-Zeichen und ein Ursprungszeichen

oder

tragen. Für Sicherungspatronen mit einem dieser Ursprungszeichen ist von der VDE-Prüfstelle die Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens nicht erteilt worden. Es liegt also ein Mißbrauch des Verbandszeichens vor. Vor dem Ankauf der oben beschriebenen Sicherungspatronen wird daher gewarnt.

Betr.: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

In dem Prozeß des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V., Berlin, gegen die Firma Curt Albrecht, Berlin-Lichtenberg, wegen unberechtigter Benutzung des VDE-Zeichens ist vom Landgericht III, Berlin, unter dem Aktenz.: 9.0.1647/30/2 folgende Entscheidung gefällt worden:

„Im Namen des Volkes!
Versäumnisurteil.

Verkündet am 3. April 1930.

In Sachen
des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V. . . . . Klägers,
gegen
den Elektro-Fabrikanten Curt Albrecht zu Berlin-Lichtenberg, Fischerstr. 1, Beklagten,
wegen Unterlassung
hat die 9. Zivilkammer des Landgerichts III, Berlin, auf die mündliche Verhandlung vom 3. April 1930 . . . . . für Recht erkannt:

I. Der Beklagte wird verurteilt, zur Vermeidung einer vom Gericht festzusetzenden Strafe für jeden Fall der Zuwiderhandlung es zu unterlassen,

a) auf von ihm hergestellten elektrotechnischen Erzeugnissen, sowie solchen Waren, die er ohne VDE-Zeichen erworben hat, das VDE-Zeichen anzubringen und so hergestellte und mit dem VDE-Zeichen versehene Waren in den Verkehr zu bringen und feilzuhalten.

b) Teile, die er mit dem VDE-Zeichen erworben hat, mit anderen Teilen zu fertigen elektrotechnischen Waren zu verarbeiten und so hergestellte, mit dem VDE-Zeichen versehene Waren in den Verkehr zu bringen und feilzuhalten.

II. Dem Kläger Rechnung zu legen über diejenigen von ihm hergestellten elektrotechnischen Erzeugnisse, auf welche er das VDE-Zeichen selbst angebracht hat, sowie auch diejenigen Waren, die er dadurch hergestellt hat, daß er Teile, die er mit dem VDE-Zeichen versehen erworben hat, mit anderen Teilen verbunden und so zu fertigen Waren verarbeitet hat.

III. Es wird festgestellt, daß der Beklagte verpflichtet ist, dem Kläger den durch den Vertrieb der zu II gekennzeichneten Waren ihm entstandenen Schaden zu ersetzen.

IV. Die Kosten des Rechtsstreits gehen zu Lasten des Beklagten.

V. Dieses Urteil ist vorläufig vollstreckbar."

Das Urteil hat inzwischen Rechtskraft erlangt.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

Digitized by Google

SITZUNGSKALENDER.

Oberschles. Elektrotechn. Verein, Gleiwitz. 23. V. 1930, nachm. 5 h, Büchereisaal der Donnersmarckhütte: Sprechabend über verschiedene technische Fragen.

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 27. V. 1930, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: 1. Vortrag Dipl.-Ing. Rengier, „Der S.K.A.-Motor". 2. Vortrag Dr. Schwarz, „Neuartige Antriebslösungen durch Kurzschlußmotoren".

Verein Deutscher Chemiker. 10. bis 14. VI. 1930: 43. Hauptversammlung in Frankfurt a. M., Naturwiss. Institut und Hörsäle der Universität mit folg. Hauptvorträgen: 1. Prof. Walden, „Goethe und die Chemie". 2. Prof. v. Braun, „Neuere Forschungen auf dem Gebiete des Erdöls". 3. Prof. Caro, „Die weltpolitische Bedeutung der chem. Industrie". 4. Prof. Binz, „Jodpyridonderivate zur Wiedergabe von Nieren und Harnwegen im Röntgenbild". 5. Prof. Stock, „Epidiaskopische Projizierung von Vorlesungsversuchen mit dem neuen Zeißschen Epidiaskop". Außerdem finden 11 Vorträge der Fachgruppen statt.

Auskunft erteilt die Geschäftstelle: Frankfurt a. M., Gutleutstr. 8/10.

Brennkrafttechnische Gesellschaft, Berlin. 11. VI. 1930, vorm. 9h, Lichtspiele auf der 6. Ausstell. f. chem. Apparatewesen, Achema 6 in Frankfurt a. M.: Brennstoff- und Feuerungstagung. mit folg. Vorträgen: 1. Obering. Wa. Ostwald, „Amerikan. Kraftstoffangelegenheiten". 2. Dr.-Ing. M. Dolch, „Neue Wege prakt. Brennstoffuntersuchungen und deren rechnerische Auswertung". 3. Obering. R. Schubert, „Die Entwickl. der mechan. Rostfeuerung in techn. u. wirtschaftl. Beziehung". 4. Dr.-Ing. M. Dolch, „Neue apparative Behelfe der techn. Brennstoffuntersuch." (m. Vorführ.)

Auskunft erteilt die Geschäftstelle: Berlin W 9, Potsdamer Str. 19.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Jubiläum. — Dir. Friedrich Werner, Leiter der Städtischen Betriebswerke in Heidenheim (Brenz), konnte am 1. V. auf eine 25jährige Tätigkeit im Dienste der Stadtgemeinde Heidenheim zurückblicken.

LITERATUR.

Besprechungen.

Deutsches Rundfunkschrifttum. 1. Jahrg., 1. Heft: Verzeichnis der im Monat Januar 1930 erschien. Bücher u. Zeitschr.-Aufs. m. kurz. Erläut. Bearb. v. d. Deutschen Bücherei, herausg. v. d. Reichs-Rundfunk-Gesellschaft. 72 S. in 8°. Im Jahr 12 Hefte. Reichsverlagsamt, Berlin NW 40. Preis 2 RM.

Um den Überblick über die außerordentlich angewachsene Rundfunkliteratur zu erleichtern, hat sich die Reichs-Rundfunk-Gesellschaft zur Herausgabe monatlich erscheinender Schrifttums-Nachweise entschlossen. Das vorliegende erste Heft nennt 839 Titel deutscher Aufsätze und Bücher, die allein im Januar d. J. dem Rundfunk gewidmet wurden. Das Schrifttum ist in Sachgruppen eingeteilt, der Inhalt der Abhandlungen wird, wenn nötig, durch einige Worte erläutert. Ein ausführliches Sachregister und ein Verfasserverzeichnis erleichtern das Nachschlagen. Um den erfaßten Umfang zu kennzeichnen, seien einige der Sachgruppen genannt: Organisation, Tagungen, Beziehungen zu Kultur und Wissenschaft, zur Presse, zum sozialen Leben, Darbietungen, Musik, Lehrfunk, physikalisch-technische Grundlagen, Sendetechnik, Empfangstechnik, Kurzwellen, Rechtsfragen. Von den 839 Veröffentlichungen gehören 412 in das Gebiet der Funktechnik. — Der große Wert einer Sammlung auch nur des deutschsprachigen Schrifttums braucht kaum betont zu werden. Möge das dankenswerte Unternehmen der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft durch weiteste Verbreitung der Hefte die Unterlagen zur Fortführung und Weiterentwicklung gewinnen. H. Dieterlein.

The Induction Motor and other alternating current motors. Their theory and principles of design. Von B. A. Behrend. 2. Aufl. Mit 204 Fig. i. Text, XXIII u. 272 S. in 8°. Verlag McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1921. Preis geb. 20 sh.

Der Aufforderung der Schriftleitung dieser Zeitschrift, das Behrendsche Buch zu besprechen, komme ich trotz des ziemlich weit zurückliegenden Erscheinungsjahres gern nach. Behrend bringt eine Fülle von geschichtlichen Bemerkungen, die bei dem ständig wachsenden Interesse für die geschichtliche Entwicklung der Technik vom größten Wert sind. Hat er doch selbst nicht nur praktisch an dieser Entwicklung teilgenommen, sondern auch an der Ausarbeitung der theoretischen Grundlagen wesentlichen Anteil gehabt. Mit vielen andern älteren Elektrotechnikern erinnere ich mich mit großer Freude der schönen Zeit, als die theoretische Behandlung des Drehstrommotors noch im Flusse war. Wenn Behrend meint, daß sein Anteil an der Entwicklung des Diagrammes vielleicht nicht genug gewürdigt ist, so ist dem entgegenzuhalten, daß wohl allgemein das Wort „Was wir sind, das sind wir andern schuldig" zu wenig beherzigt wird. Es wird aber viele geben, die sich, wie der Unterzeichnete, mit Behrend in Dankbarkeit und Verehrung verbunden fühlen.

Was das Behrendsche Werk in erster Linie auszeichnet, ist die stark persönliche Note. Behrend führt den Leser in die Zeit, da er als Zwanzigjähriger mit liebevollem Versenken selbständig das Kreisdiagramm des Drehstrommotors aufstellte. Er preist die Aufgabe als das Problem der Probleme und nennt die Darstellung a labour of love. Unwillkürlich wird der Leser von Behrends Begeisterung mitgerissen. Auch die großen Ingenieure und Gelehrten, die an der Entwicklung der Theorie der Wechselstrommaschinen mitgewirkt haben und zum großen Teil mit Behrend in persönlicher Beziehung standen, lernen wir nach dem Anteil, den sie genommen haben, kennen. Die Abbildungen von Tesla, Kapp, Blondel, Brown, Behn-Eschenburg, Alexanderson, Leblanc und Lamme schmücken das Werk. Wir erleben es, wie Behrend nach seiner Veröffentlichung über das Kreisdiagramm von der vorausgegangenen grundlegenden Arbeit Heylands aus dem Jahr 1894 Kenntnis erhält und daraus eine weitere Klärung und Vertiefung erhofft, und wir sehen ihn dann förmlich erschrocken zusammenfahren beim Anblick der Menge der Kreise und Strahlen, denen auch Blondel keinen Zusammenhang mit dem in Rede stehenden Problem zuschreiben konnte. Natürlich kann und will Behrend die Priorität Heylands nicht antasten. Gerade deshalb aber, weil er das offen ausspricht, hätten wohl die Bemerkungen „Heylands contributions have not survived" und „Its first demonstration and proof were developed by me 1895" eine Einschränkung erfahren sollen. Heyland hat bei seiner Arbeit (ETZ 1894) die Koeffizienten der Selbstinduktion und gegenseitigen Induktion benutzt. Das ist ein Weg, der bei den Physikern gang und gäbe ist und gerade in neuerer Zeit für verwickelte Probleme am durchsichtigsten wird. Im Gegensatz dazu arbeitete Behrend von Anfang an mit den Streuungsfaktoren und erreichte dadurch allerdings ein anschaulicheres Verständnis des physikalischen Vorganges. Leider hat Behrend in der vorliegenden Auflage seine ursprünglichen Faktoren, die kleiner sind als Eins, zugunsten der Hopkinsonschen Faktoren, die größer sind als Eins, aufgegeben.

Behrend bevorzugt durchweg die zeichnerische Behandlung und führt im Eingang des Buches Zitate von Darwin, Kelvin, Heaviside, Maxwell u. a. an, die für die zeichnerische Behandlung sprechen. Auf komplexe Rechnung wird vollständig verzichtet. Da Behrend tolerant genug ist, jeden den Weg gehen zu lassen, der ihm am besten gefällt, so sei auch von uns diese Toleranz geübt. De gustibus non est disputandum. Ohnehin sind die Grundlagen für beide Wege dieselben, indem die Aufstellung der Gleichungen nach der zweiten Kirchhoffschen Regel mit der Zeichnung der Spannungsbilder übereinstimmt. Die rechnerische Behandlung wird auch wohl durch die komplexe Rechnung nicht einfacher, aber sie läßt sich rein mechanisch auf einem in allen Fällen gleichen elementaren Wege durchführen. Schließlich kommt man am Schlusse der Rechnung doch wieder auf die Zeichnung zurück.

Wenn ein Wunsch ausgesprochen werden darf, so ist es der, daß es Behrend möglich sein möchte, uns eine Darstellung über die theoretische Entwicklung der Wechselstromtechnik zu geben. Er selbst hat die Entwicklung mit erlebt und an ihr tätig teilgenommen. Bei seinem Interesse für die Geschichte der Elektrotechnik und seinen persönlichen Beziehungen zu den führenden Männern in Amerika und Europa wäre er, wie kein anderer, berufen, eine solche Geschichte der theoretischen Wechselstromtechnik zu schreiben. Thomälen.

Digitized by Google

Die Belastbarkeit der Wälzlager. Von Dr.-Ing. H. Stellrecht. Mit 23 Textabb., VI u. 98 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 9 RM.

Der Verfasser will rechnerisch das schwächste und damit billigste Lager feststellen, das den Beanspruchungen gerade noch gerecht wird, wozu ihm die Überlegung dient, daß Wälzläger keine allmähliche Abnutzung wie Gleitlager durch Verschleiß haben, sondern daß ihre Gebrauchsfähigkeit beendet ist, wenn an den Kugeln oder Laufringen das Abblättern der Oberfläche beginnt. Dies ist ein Zeichen der Materialermüdung, die nach einer jeweils begrenzten Zahl von Fällen der Wiederkehr elastischer Formveränderungsvorgänge eintritt. Diese Zahl bestimmt die Lebensdauer des Lagers und wird als Funktion der höchsten spezifischen Flächenpressung zwischen Wälzkörper und Laufbahn dargestellt. Bei der Ableitung werden die klassischen Untersuchungen von Heinrich Hertz über die Vorgänge bei Berührung elastischer Körper nach Prüfung des Vorhandenseins ihrer Voraussetzungen benutzt. Auch die bekannten grundlegenden Kugellagerversuche von Stribeck aus dem Jahre 1901 werden herangezogen, so daß wir es im ganzen mit einer zielklaren Fortsetzung der mathematisch-technischen Arbeiten alter Meister dieses Fachgebietes zu tun haben. Die Untersuchungen bleiben jedoch nicht bei den Kugellagern stehen, sondern werden auch auf die Sonderformen in der Gestalt von Tonnen- und Rollenlagern ausgedehnt. Der Einfluß zusammengesetzter Belastungen und die Wirkung von Flieh- und Kreiselkräften ist untersucht. In weitem Umfange werden die allgemeinen Rechnungsergebnisse durch Erfahrungsmaterial nachgeprüft. Schließlich sind die so gefundenen Formeln für den praktischen Gebrauch zulässig vereinfacht. Auch ist ein nomographisches Verfahren zur Wälzlagerwahl auf zwei Tafeln beigefügt. Das Buch trägt offensichtlich viel zur Aufklärung über die in Wälzlagern auftretenden Beanspruchungen bei. Sein Einfluß auf den rationellen Gebrauch von Wälzlagern wird bedeutend sein.

W. A. Th. Müller-Neuhaus.

Die neuzeitliche Vorkalkulation in Maschinenfabriken. Von M. Siegerist unt. Mitarb. v. Fr. Bork. 7. verm. u. verb. Aufl. m. zahlr. Abb., Skizzen, graphischen u. Zahlentaf. Vollkommen neu bearb. unt. Berücks. der „Refa"-Arbeiten v. R. Föllmer. Mit 172 S. in gr. 8°. Verlag M. Krayn, Berlin 1929. Preis geb. 15 RM.

Die vorliegende 7. Auflage bringt in wesentlich erweitertem und verbessertem Maße das Gebiet der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten für die gesamte spanabhebende Fertigung. Unterstützt durch zahlreiche und übersichtliche Tabellen und Abbildungen, insbesondere durch die Ergänzungen der einzelnen Abschnitte mit gut gewählten Musterbeispielen, wird die leicht faßliche Darstellung auch theoretisch nicht geschulten Kalkulatoren eine wertvolle Hilfe in der Praxis bieten. Als Leitfaden zum schnellen und systematischen Einarbeiten in das Gebiet der Vorkalkulation und ihrer hauptsächlichsten theoretischen Grundlagen wird das Buch den Betriebsleuten und Kalkulatoren besonders dienen, die aus örtlichen und sonstigen Verhältnissen heraus eine Teilnahme an den Refa-Kursen für Stückzeitrechner nicht ermöglichen können.

Die Neubearbeitung des Buches in bezug auf die Gebrauchswerte für Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe basiert zum großen Teil auf den vom Refa (Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung) geschaffenen Unterlagen. Als besonders bemerkenswerte Ergänzungen des Buches sind zu erwähnen: Der neu aufgenommene Abschnitt „Automaten" sowie die Erweiterung der Abschnitte für Revolverdrehbänke, Fräsmaschinen und Schleifmaschinen. In dem neu aufgenommenen Abschnitt II „Gang der Vorkalkulation als Stückzeitermittlung" kommt die Zeitaufnahme etwas zu kurz. In dem folgenden Abschnitt fehlt unbedingt das veranschaulichende Bild zu den Winkelbezeichnungen der Drehstahlschneiden. Leider hat der Bearbeiter das in den früheren Auflagen vorhandene Sonderverzeichnis der Tabellen nicht wieder mit aufgenommen, welches gerade für den Handgebrauch im Betriebe von besonderem Vorteil war. In dieser Hinsicht wären späteren Auflagen zu ergänzen; auch bleibt zu erwägen, ob nicht ein Hinweis auf die gebräuchlichsten Passungssysteme den Kalkulator bei seiner Arbeit im Betrieb unterstützen würde.

Das Buch, dessen Druck und Ausstattung mit Tabellen und Bildern gut ist, wird wie seine früheren Auflagen weite Verbreitung finden. Klein.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Elektroausfuhr der V. S. Amerika. — Die Zunahme der elektrotechnischen Ausfuhr von 1928 bis 1929[1] belief sich auf 35 %; mit einer Wertziffer von 598,432 Mill RM blieben die V. S. Amerika hinter Deutschland nur noch um 39,723 Mill RM zurück. Wie die folgende, nach Gruppen gegliederte Übersicht[2] zeigt, sind in der Ausfuhr von Haushaltapparaten, Zündsystemen, Kabeln und vor allem von Rundfunkgeräten die größten Steigerungen erzielt worden.

Erzeugnisse	1929	1928
	$	
Generatoren, Turbogeneratorensätze, Teile solcher, selbst. Beleuchtungssätze	5 961 984	5 443 133
Akkumulatoren, Batterien Elemente	9 684 313	9 091 587
Transformatoren, Gleichrichter, rotierende Umformer usw.	5 767 905	4 428 024
Starkstromschalttafeln, größere Schalter, Sicherungen, Zähler, Meßinstrumente, Blitzableiter, Drosselspulen usw.	8 390 137	7 131 949
Motoren, Lokomotiven, Elektrokarren, Anlasser, Kontroller, transportable Elektrowerkzeuge, Teile solcher	16 789 326	14 125 252
Glüh- und andere Lampen, Scheinwerfer	5 106 724	5 227 947
Ventilatoren, Haushaltmaschinen, Staubsauger, Bügeleisen, Heiz- und Kochvorrichtungen, Industrieöfen	6 031 047	5 147 768
Elektromedizinische Apparate	1 947 072	1 779 852
Radiogerät	23 122 147	12 061 485
Telegraphen- und Fernsprechapparate, Signaleinrichtungen, Klingeln	9 280 835	5 263 942
Zündsysteme, -kerzen, Magnetos, Start- und Lichtanlagen	3 943 911	2 497 731
Isoliermaterial, Röhren, Dosen, Lichtschalter	5 172 619	4 611 152
Beleuchtungsgegenstände, Installationsmaterial, Schalen u. Schirme, Isolierband usw.	5 954 917	4 869 262
Andere, nicht näher bezeichnete elektrische Vorrichtungen	13 473 611	8 406 358
Elektrotechnische Glas- und Porzellanwaren	2 224 497	1 799 547
Erzeugnisse aus Kohle, Ofenelektroden	3 088 570	2 892 340
Blanke u. isolierte Leitungsdrähte und Kabel	9 905 799	7 657 701
Kühlvorrichtungen bis 1 ton Leistung	11 761 966	6 469 179
Waschmaschinen für den Haushalt	2 000 474	1 823 291
Summe	149 607 854	110 727 500

Bestimmungsland	1929	1928
	$	
Europa	29 695 296	20 815 932
Belgien	1 419 677	1 199 616
Frankreich	3 028 509	1 919 901
Deutschland	2 611 735	1 657 269
Italien	2 847 950	1 666 676
Niederlande	1 147 068	1 027 897
Spanien	2 634 982	2 313 161
Schweden	827 472	584 787
Großbritannien	9 771 306	6 994 582
Sonstige Länder	5 406 597	3 452 043
Amerika	87 899 627	64 112 669
Kanada	44 208 529	30 150 505
Mexiko	7 006 532	5 068 157
Kuba	5 053 515	3 771 869
Argentinien	9 027 052	7 506 650
Brasilien	7 706 249	5 746 866
Chile	3 384 617	2 306 728
Kolumbien	2 480 262	2 326 238
Peru	1 201 073	676 345
Venezuela	1 493 510	1 267 507
Sonstige Länder	6 338 288	5 291 804
Asien, Afrika u. Ozeanien	32 012 931	25 798 899
Britisch-Indien	2 937 830	2 614 597
China	3 139 388	2 041 260
Japan	4 738 224	5 009 940
Philippinen	2 846 878	1 906 738
Australien	7 918 289	6 693 889
Neuseeland	2 500 919	1 554 056
Südafrikanische Union	2 620 703	1 982 477
Sonstige Länder	5 310 700	3 995 942
Summe	149 607 854	110 727 500

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 524.
[2] Commerce Reports 1930, S. 384 ff.

Digitized by Google

Hinsichtlich der Richtung der Ausfuhr sind die um 8,879 Mill $ gestiegenen Europaverschiffungen besonders bemerkenswert; Frankreich, Deutschland, Italien und Großbritannien nahmen den Hauptteil dieser amerikanischen Mehrausfuhr auf. Wie in den Vorjahren ging der größte Teil des Exports (59 %) nach der „Western Hemisphere", d. h. nach den Ländern des nord- und südamerikanischen Kontinents. Allein Kanada nahm 30 % der gesamten Elektroausfuhr der V. S. Amerika auf.

Marshall T. Jones, der an der Spitze der Electrical Equipment Division des Department of Commerce (Washington) steht, unterstreicht die wachsende Bedeutung der Auslandsinvestierungen amerikanischen Kapitals für die Warenausfuhrentwicklung[1] „Ein Faktor, der zu dem Anwachsen unserer Ausfuhr beigetragen hat, ist der sehr hohe Betrag amerikanischen Kapitals, das in ausländischen Elektrizitätsanlagen investiert worden ist." Die Erwerbung solcher Anlagen habe den amerikanischen Firmen Aufträge für Maschinen und Übertragungseinrichtungen eingebracht, ferner habe infolge der Einführung amerikanischer Betriebs- und Verkaufsmethoden eine wachsende Zahl elektrischer Haushaltapparate in Lateinamerika, Afrika, Ozeanien und Europa Absatz gefunden. In einigen Fällen hätten diese Methoden zu einer Verzwanzigfachung des Geräteabsatzes in dem kurzen Zeitraum von nur drei Jahren geführt, abgesehen davon, daß ein solches Beispiel auch die übrige Warenausfuhr der V. S. Amerika fördere und so doppelten Nutzen bringe. Wenn M. T. Jones auf Grund des ununterbrochen steigenden internationalen Bedarfs an elektrischen Maschinen und Geräten für 1930 mit einer amerikanischen Ausfuhr von 200 Mill $ rechnet, so dürfte diese Summe auf Grund der bisher vorliegenden Zahlen nicht erreicht werden.

Als charakteristisch für die Entwicklung der internationalen Elektroausfuhr nennt der Verfasser die Ziffern der drei wichtigsten Länder: Deutschland, V. S. Amerika und Großbritannien, die nachstehende Werte aufweisen:

1927	265,0 Mill $
1928	326,7 „ „
1929	385,3 „ „

Die Verteilung dieser Ausfuhr sei prozentual etwa folgendermaßen erfolgt:

Bestimmungsgebiet	Aus V. S. Amerika	Aus Deutschland	Aus Großbritannien
Europa	15	73	12
Amerikanischer Kontinent . . .	68	14	18
Asien, Afrika, Australien	27	15	58

Die amerikanische Ausfuhrentwicklung[2] der letzten drei Jahrzehnte zeigen folgende Zahlen:

1901 . . .	5,81 Mill $	1924 . . .	81,56 Mill $
1910 . . .	14,74 „ „	1925 . . .	87,28 „ „
1920 . . .	113,06 „ „	1926 . . .	98,50 „ „
1921 . . .	100,10 „ „	1927 . . .	102,34 „ „
1922 . . .	58,48 „ „	1928 . . .	110,73 „ „
1923 . . .	70,48 „ „	1929 . . .	149,61 „ „

Der Anteil des Exports am elektrotechnischen Gesamtabsatz dürfte in den V. S. Amerika 1929 bei etwa 8 % gelegen haben, während er von amerikanischer Seite mit 10 % etwas zu hoch angegeben wird[3]; er betrug 1923: 5,5, 1925: 5,7 und 1927: 6,2 %. *A. Fr.*

Brown, Boveri & Cie. AG., Mannheim[4]. — Der Umsatz ist 1929 zwar weiter gestiegen und ebenso der in das laufende Jahr übernommene Auftragsbestand, doch zeigten die einer Gesundung der deutschen Wirtschaft und besonders der Elektroindustrie entgegenstehenden beunruhigenden Momente keineswegs Zeichen der Besserung. Infolge der außerordentlichen steuerlichen und sozialen Belastung läßt sich die Konkurrenzfähigkeit auf dem Weltmarkt nur mit Opfern aufrecht erhalten, ohne daß ein Ausgleich im deutschen Geschäft gefunden werden könnte. Im Gegenteil haben sich hier für das Arbeitsgebiet der Berichterstatterin die Verhältnisse unter dem Druck des Geldmangels und der im ganzen ungenügenden Nachfrage in der Richtung weiterer Preissenkungen entwickelt, die die notwendigste Kapitalbildung der Industrie erschweren oder verhindern. Besonders haben sich die schwierigen Kreditverhältnisse bei den Vergebungen der kommunalen Werke immer intensiver ausgewirkt.

Der im letzten Geschäftsbericht erwähnte einwellige Dampfturbinensatz von 85 000 kW kam bei den Elektrowerken in Betrieb und hat die an seine Konstruktion geknüpften Erwartungen voll erfüllt. Die Abteilung für Wasserkraftgeneratoren war stark beschäftigt und lieferte u. a. zwei mit 75 U/min laufende Stromerzeuger von je 32 000 kVA, die, wie der Vorstand bemerkt, ihren Abmessungen nach die größten bisher fertiggestellten Hydrogeneratoren der Welt sind. Das Bayernwerk hat sich entschlossen, sein gesamtes Hochspannungsnetz mit den Schutzeinrichtungen der Berichterstatterin zu versehen. In großer Zahl wurden Transformatoren mit Regelschaltern geliefert, ebenso Ölschalter für alle Spannungen und Leistungen, die den Beweis erbrachten, daß sich auch bei Verwendung von Öl völlige Sicherheit für die Anlagen und ihre Umgebung erreichen läßt. Besondere Sorgfalt hat die Gesellschaft der Durchbildung bedienungsloser Gleichrichteranlagen gewidmet; die bei der ersten dieser — sie wurde mit der neu entwickelten Wählerfernsteuerung ausgerüstet — erzielten Betriebsergebnisse haben vollauf befriedigt. Ein neues Anwendungsgebiet fand der Großgleichrichter bei der Speisung von großen Rundfunksendern, für die eine Leistung von 400 kW und mehr bei 12 ... 15 kV Gleichspannung gefordert wird. Für das Motorengeschäft erhofft die Berichterstatterin bei einer Wiederbelebung der Konjunktur nicht nur technisch interessante, sondern auch umfangreiche Aufträge. Erwähnt werden u. a. Antriebe für Walzenstraßen mit BBC-Scherbiusregulierung. Die Fabrikation von Öfen und Regeleinrichtungen für die Verwendung der Elektrizität zum Härten, Glühen und Schmelzen wurde mit Erfolg aufgenommen. Da die Unterhaltungskosten der an die Reichsbahn gelieferten elektrischen Lokomotiven sich im Vergleich mit denen von Dampflokomotiven als wesentlich günstiger herausgestellt haben, erscheint es dem Vorstand schwer verständlich, daß die Reichsbahn die weitere Elektrisierung in so langsamem Tempo fortsetzt. Bei der Vervollkommnung des von elektrischen Straßenbahnen benötigten Materials beschränkt sich die Berichterstatterin nicht auf die Lieferung von Motoren und Fahrschaltern, sondern sie hat zugleich sämtliche anderen Teile in ihr Arbeitsprogramm aufgenommen. Bei der Elektrisierung einer Strecke der Oberrheinischen Eisenbahn-Gesellschaft fand auch ein neues Zugsystem nach ihren Vorschlägen Eingang. Als bemerkenswert wird weiter ein in vier Monaten erledigter Auftrag auf die vollständige Elektrisierung einer Braunkohlengrube mit 7 Abraumlokomotiven genannt. Die mit dem Bau von 110 und 220 kV-Leitungen befriedigend beschäftigte Abteilung Hängeleitungsbau konnte auch im Ausland wieder umfangreiche Bestellungen abschließen. Durch eine Beteiligung an der H. Römmler AG., Spremberg, in deren Besitz sich die Kontakt AG., Frankfurt a. M., befindet, war es möglich, der Herstellung von Haushaltgerät und Installationsmaterial für Elektrowärme- und Elektrokälteapparate eine breitere Basis und größeren Nachdruck zu verleihen. Schließlich weist der Vorstand auf die Ausführung eines großen Kabelauftrags für 65 kV durch die der Berichterstatterin angegliederten Rheinischen Draht- und Kabelwerke G. m. b. H., Köln-Riehl, hin. Rohgewinn: 17 914 173 RM (17 456 566 i. V.), Reingewinn: 2 436 738 RM (1 962 532 i. V.), Dividende wieder 9 % auf 25 Mill RM Aktienkapital.

[1] El. World 1930, S. 753.
[2] El. World 1930, S. 28.
[3] El. World 1930, S. 762.
[4] Vgl. ETZ 1929, S. 488.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 22: Wer baut Lötmaschinen, wie sie bei der Herstellung von Sicherungen gebraucht werden?

Frage 23: Wer stellt Berylliumdrähte von 0,2 ... 0,5 mm Dmr. her?

Berichtigung.

Im Referat „Kübelförderanlage für Steinkohle", ETZ 1930, S. 679, ist in der 1. Sp., 3. Z. von unten, durch Versehen der Setzerei ein Druckfehler entstanden: die Zeile muß heißen:

„Plattenband *b* ersetzt, das den Boden der geschlossenen Rutsche *c*";

ferner ist in der r. Sp., 10. Z. von oben, zu lesen:

„daß der oberhalb des beweglichen Bodens freiwerdende"

und r. Sp., 15. Z. von oben:

„Gummiförderbändern aufgenommen und zur Wäsche".

Abschluß des Heftes: 17. Mai 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Elektrokarren in Krankenanstalten.

Mitteilung der AEG.

Das Förderwesen stellt in Krankenanstalten einen wesentlichen Unkostenposten dar, der in den neuzeitlichen Betrieben, in denen fast durchweg das Pavillonsystem vorherrscht, größte Beachtung verdient. Die zentral gelegenen Betriebe, wie Küche, Waschanstalt usw., machen es erforderlich, Essen, Wäsche u. dgl. zu den einzelnen Pavillons über zum Teil ansehnliche Entfernungen zu befördern. Auch die Beförderung der Kranken zu anderen Instituten, bzw. anderen Stationen bereitet insbesondere bei ungünstiger Witterung Schwierigkeiten.

Für die Ausführung derartiger Transporte hat sich die Verwendung von Elektrokarren als sehr vortrefflich erwiesen.

Der Elektro-Führersitzkarren mit Luftbereifung der AEG (Abb. 1 und 2) ist mit einem Aufbau versehen, der hauptsächlich für die Beförderung von Kranken von einer Station zur andern bzw. zu den verschiedenen Instituten Verwendung findet. Für die Beförderung der gehfähigen Kranken ist der Aufbau mit hochklapp-

Abb. 1. AEG-Elektro-Führersitzkarren mit Luftbereifung und Aufbau für den Krankenhausdienst.

baren Sitzen und Einsteigeauftritten versehen. Bei kaltem Wetter kann durch eine elektrische Beheizung, die ihren Strom aus der Fahrzeugbatterie entnimmt, für eine genügende Erwärmung des Raumes Sorge getragen werden. Für den Bahrentransport von Kranken sind Laufschienen in den Boden eingelassen.

Diese Fahrzeuge können auch für alle möglichen anderen Zwecke, gegebenenfalls nach Abnahme des Aufbaues, verwendet werden, so daß eine gute Ausnutzung gewährleistet ist.

In anderen Krankenanstalten werden für den Essentransport die in Abb. 3 gezeigten Elektrokarren benutzt, die mit Führerstand und einer hydraulisch betätigten Hubvorrichtung versehen sind. Die mit dem Rahmen abschneidende Plattform kann durch Betätigung einer Öldruckhandpumpe um 115 mm gehoben, bzw. nach Öffnen eines Rücklaufventiles gesenkt werden. Die Gefäße mit dem Essen werden, wie die Abbildung zeigt, in die mit Füßen versehenen und fahrbaren Ladebänke eingestellt; die Ladebank hat einen kastenförmigen Aufbau und auf dem Dach ein Umlaufgitter. Hierdurch wird erreicht, daß das Essen vor Wärmeverlusten geschützt ist und auf dem Dach noch Körbe u. a. m. befördert werden können. Die Elektrokarren nehmen z. B. an der Küche die beladenen Bänke durch Heben der Plattform auf, bringen sie zu der betreffenden Station und setzen sie dort ab. Da ein Warten auf die Entladung nicht erforderlich ist, können die Karren sofort zur Küche zurückfahren und neue Bänke befördern.

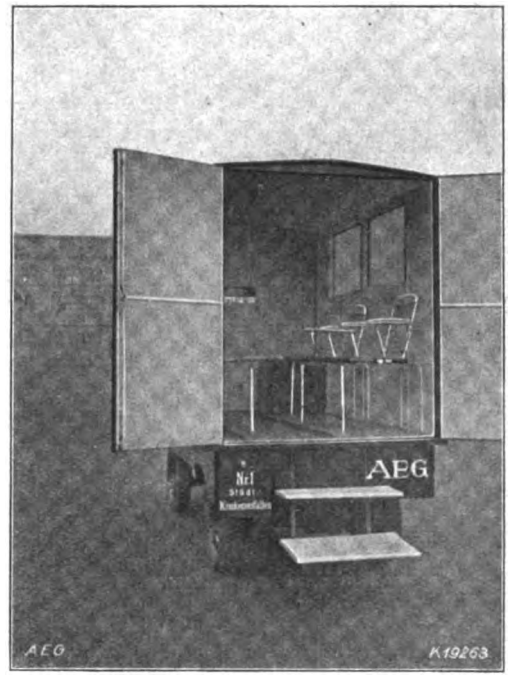


Abb. 2. AEG-Elektro-Führersitzkarren mit Aufbau für die Beförderung von Kranken auf Sitzplätzen.

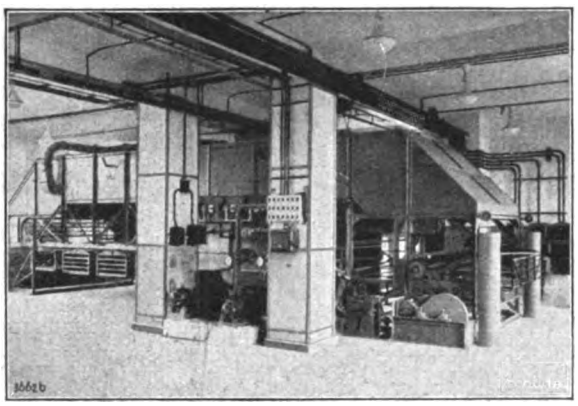
Dieses System bedingt zwar für jede Station eine Ladebank bzw. einen Transportbehälter, ermöglicht es aber, mit einer geringeren Zahl von Elektrokarren auszukommen und gewährleistet eine vielseitige Verwendung und somit gute Ausnutzung der Fahrzeuge.

Sind die einzelnen Stationen durch unterirdische Gänge verbunden, so können hier auch Elektrokarren in kleineren Abmessungen benutzt werden. Es kann auch Fälle geben, in denen der Verkehr mit Anhängewagen vorteilhaft ist. Für diesen Fall werden die AEG-Elektrokarren mit Kupplungseinrichtung versehen.

Abb. 3. AEG-Elektrokarren mit hydraulisch-mechanischer Hubvorrichtung und Ladegestellen für den Essentransport.

Digitized by Google

Schilde



Schilde-Lacktrockenanlage für Schalterteile.

Schneller trocknen

bedeutet

Zeit-, Platz- und Kapitalersparnis.

In den

Schilde-Trocknern

für

lackierte Telefongehäuse und -hörer, Anlasserkästen, Kleinteile, Zählergehäuse und -tafeln, Motore, Radio- und Lautsprecherkästen, Beleuchtungskörper, Staubsaugerteile, Installationsrohre usw. usw.

wird die Trockenzeit durch zweckmäßige und wirksame Umluftführung auf Bruchteile der seither üblichen herabgesetzt.

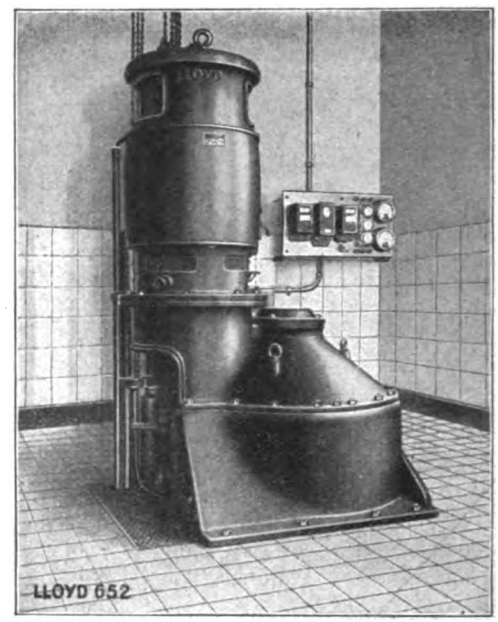
Die Trocknung erfolgt garantiert staubfrei und die Lackschicht wird durch und durch absolut hart, ohne spröde zu werden.

Große Trockenräume sind nicht mehr nötig, außerdem sparen Sie neben Zeit erheblich an Betriebskosten und Bedienung.

Verlangen Sie unsere Drucksache E. T. 695 die wir Ihnen gern kostenlos zusenden.

BENNO SCHILDE MASCHINENBAU A. G. HERSFELD H.-N.

LLOYD SPEZIAL-MOTOREN



Drehstrom-Vertikalmotor 70 PS, 380 Volt, 1000 UpM zum Antrieb eines Schraubenschauflers

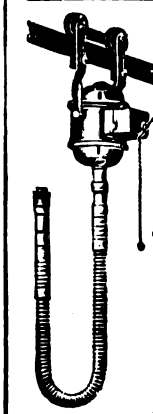
LLOYD DYNAMOWERKE

AKTIENGESELLSCHAFT

BREMEN.

FRANZ BAUMGARTNER

KÖLN-KLETTENBERG



Spezial-Elektro-Motoren

mit Anschluß für biegsame Wellen

für Holz- und Metallbearbeitung in stehender, hängender und hängendfahrbarer Ausführung, für jede Größe, Stromart und Spannung, fabriziert preiswert in kurzer Lieferzeit

Elektromotorenwerk

DORHHOFF & Co Horrem (Bez. Köln)

Telefon: Amt Horrem 104 Vertreter gesucht!

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 29. Mai 1930 | Heft 22

Neuzeitliche Ausbildung von elektrischen Kraftwerken an Bord von Schiffen.

Von Ing. **Edmund Bohn**, Hamburg.

Übersicht. Es wird neben einem Rückblick über die ältere Form der Ausbildung von elektrischen Kraftwerken an Bord von Schiffen eine eingehende Erläuterung der heutigen Gestaltung solcher Kraftwerksanlagen in Verbindung mit einer besonderen Sicherheitschaltung gegeben. Am Schluß folgt eine Beschreibung der Schaltanlage des Turbinen-Schnelldampfers „Europa".

Die ständig anwachsende Verwendung elektrischer Energie zum Betriebe der Hilfsmaschinen, Wirtschafts- und Sicherheitseinrichtungen an Bord von Überseeschiffen hat die Errichtung hochwertiger Kraftwerke zur Folge gehabt, eine Tatsache, die durch den Einbau von umfangreichen elektrischen Anlagen auf den neuesten Großbauten des Norddeutschen Lloyd „Bremen" und „Europa" ein besonderes Gepräge erhalten hat. Es dürfte daher der Anlaß gegeben sein, einen kurzen Überblick über die Entwicklung solcher Kraftwerke unter Berücksichtigung ihrer durch Raumverhältnisse und Sicherheitsbedingungen gestellten Forderungen zu gewinnen. Im weiteren soll das Kraftwerk des jüngsten Schnelldampfers „Europa" (Abb. 1), wie es als Ergebnis dieser Entwicklung zur Ausführung gelangte, einer besonderen Betrachtung unterzogen werden.

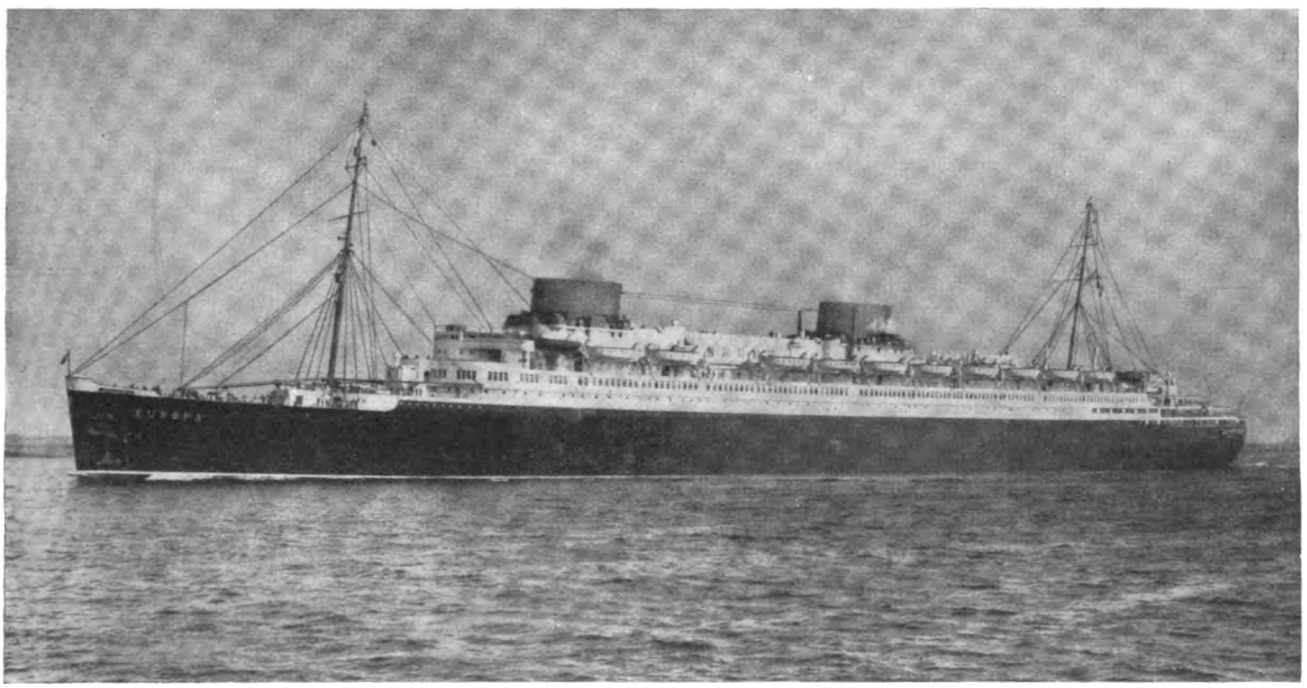


Abb. 1. Turbinen-Schnelldampfer „Europa".

Das früher an Bord für die Stromerzeugungs- und -verteilungsanlage übliche Schaltsystem war die Gruppenwahlschaltung, mit der die größten Schiffe der Vorkriegszeit wie „Vaterland" und „Bismarck" ausgerüstet waren und wie sie auch meistens bei der Kriegsmarine angewendet wurde. Die verschiedenen zu Gruppen zusammengefaßten Stromverbraucher wurden mittels Wahlschalter auf die einzelnen Stromerzeuger geschaltet, in der Art wie aus dem Prinzipschaltplan des Dampfers „Vaterland" (Abb. 2) ersichtlich. Die Verteilung bzw. Umschaltung der Verbrauchergruppen auf die Generatoren erfolgte anfangs durch sog. Knickschalter, deren drehbare Schaltmesser in Eingriff mit Federkontakten gebracht wurden, die, im Halbkreis angeordnet, mit den einzelnen Generatoren verbunden waren. Eine solche mit Wahlschaltern für drei Schaltstellungen versehene Hauptschalttafel veranschaulicht Abb. 3. Der mehrere Sekunden in Anspruch nehmende Schaltvorgang, der aus Ausschalten einer Verbindung, Drehen des Schalthebels bis zum Kontakt des neu zu wählenden Generators, Einlegen des Schalthebels in den gewählten Schaltkontakt bestand, verursachte, daß die Spannung in dem Stromkreis abfiel und somit die Umdrehungen der unter Belastung laufenden Motoren sanken, so daß beim Aufschalten auf den neu gewählten Generator erhebliche Stromstöße auftraten. Bei den Glühlampen in den Kammern und großen Gesellschaftsräumen trat bei jeder Umschaltung ein lästiges Flackern in die Erscheinung. Meistens mußten daher die Motoren während der Umschaltung abgesetzt und nach erfolgtem Umschaltvorgang wieder angelassen werden. Diese Nachteile wurden später durch einen Moment-Wahlschalter behoben, der zum Prinzip hatte, die Stromquellen im Augenblick des Umschaltens über den Ausschaltlichtbogen parallel zu schalten, wodurch beim Umschalten keine Unterbrechung der Stromzuführung, sondern nur ein augenblicklicher Spannungsrückgang auftrat, der für die Motoren und die Glühlampen keine merkbaren Beeinflussungen aufwies. Abb. 4 zeigt

Digitized by Google

eine mit 26 Moment-Wahlschaltern der beschriebenen Art ausgerüstete Hauptschalttafel, von denen jeder für einen Dauerstrom von 300 A bemessen war.

Auf den nach dem Kriege bei Wiederaufbau der Handelsflotte entstandenen Schiffsbauten wuchs die Heranziehung der Elektrizität zum Antrieb der bisher mit Dampf betriebenen Hilfsmaschinen sowohl für Maschinenals auch für Schiffsbetrieb in erhöhtem Maße und wurde besonders für die mit Einführung des Dieselmotors in den Vordergrund tretenden zahlreichen Motorschiffe zur unumgehbaren Notwendigkeit, was erhebliche Steigerungen der Kraftwerksleistungen und demgemäß Ausgestaltung der Schaltanlagen nach sich zog. Die durch doppeltwirkende Zweitaktmaschinen angetriebenen Schiffe dieser Art erhielten Spülluftgebläse, für deren Antrieb Elektromotoren gewählt wurden, deren Leistung oft die Einzelleistung eines Kraftwerksgenerators überschritt. Auf Fahrgastschiffen fand die Verwendung der Elektrizität für Wirtschaftseinrichtungen, Herde, Backöfen, Raumheizung usw. weitere Verbreitung.

Zahlentafel 1 gibt einen treffenden Entwicklungsüberblick hinsichtlich der vermehrten Aufwendung elektrischer Energie.

Zahlentafel 1

	„Cleveland" 1907	„Bismarck" 1914	„Cap Arcona" 1927
Stromerzeugeranlage kW . . .	166	1510	1570
Antrieb der Hauptstromerzeuger . .	Dampf-Kolbenmasch.	Dampfturbinen	Ölmotoren
Bugankerspill . . .	Dampf	Dampf	elektrisch
Heckspill	Dampf	Dampf	elektrisch
Ruderanlage . . .	Dampf mit hydr. Telemotor	Dampf mit hydr. Telemotor	elektrisch m. elektr. Telemotor
Ladewinden	Dampf	Dampf	elektrisch
Küchenherde . . .	Kohlefeuerung	Kohlefeuerung	elektrische Beheizung
Motorleistungen PS	110	1970	3400
Heizleistung kW . .	—	480	740
Lampenzahl	2300	10 000	10 000

Angesichts dieser fortschreitenden Vergrößerung der elektrischen Anlagen wäre es unmöglich gewesen, mit der bisherigen Schaltungsart der Stromerzeugungsanlage auszukommen, zumal die Kraftwerke durch die beschränkten Raumverhältnisse auf Schiffen nicht beliebig groß gemacht werden konnten und auch das wichtigste Erfordernis für ein Schiffskraftwerk, seinen Betrieb für alle eintretenden Fälle aufrecht zu erhalten, in Frage gestellt wurde.

Als einziger Ausweg blieb die Einführung der Parallelschaltung für diese Zwecke, die ohne Zweifel erhebliche Vorteile gegenüber der Wahlschaltung aufweist. Sie ermöglicht die Übernahme der Belastung von einem Generator auf den anderen ohne Unterbrechung, wie es für betriebswichtige Anlageteile, Kühlwasser- und Ölumlaufpumpen, Kompressoren, Ruderanlage, Kreiselkompaß und Funkentelegraphie erforderlich ist, und bietet in bezug auf Einfachheit und übersichtliche Bauart der Schaltanlage sowie bequeme Bedienung und wirtschaftliche Ausnutzung die größten Vorteile. Ihr Nachteil, der besonders schwerwiegend für Schiffsanlagen in Erscheinung trat, war die Möglichkeit, daß bei Ausfall eines Generators durch irgendeine Störung die restlichen im Betrieb befindlichen Generatoren die Belastung mit übernehmen mußten; besaßen diese durch begrenzte Höhe ihrer Belastung keine genügende Reserve, so wurden sie überlastet und durch ihre Sicherheitsorgane (Über- und Rückstrom-Selbstschalter) abgeschaltet. Die gesamte elektrische Anlage wurde stromlos, ein Zustand, der beispielsweise im Augenblick eines Manövrierens des Schiffes in einer belebten Hafeneinfahrt die größten Gefahren mit sich brachte.

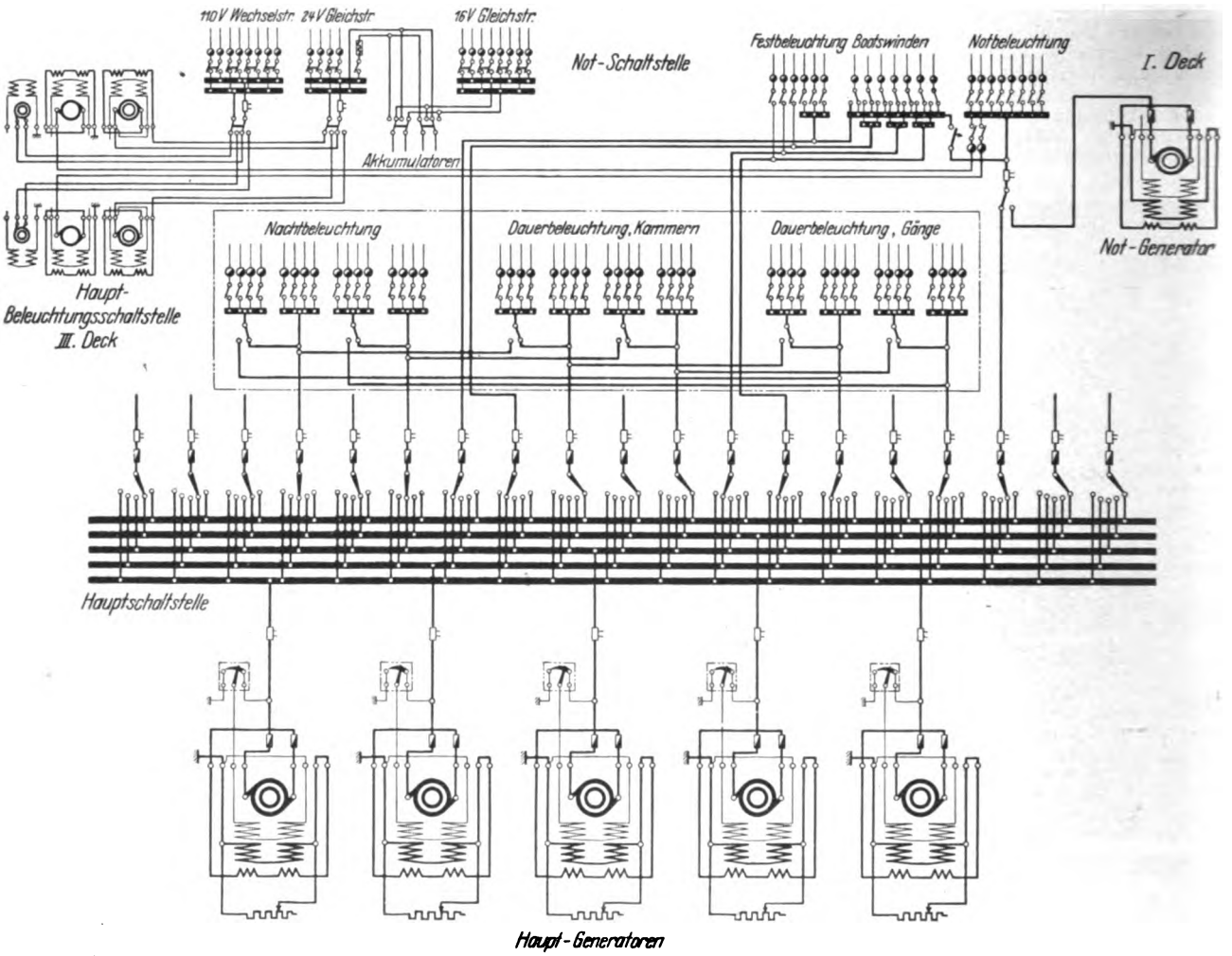


Abb. 2. D. „Vaterland", Prinzipschaltplan der elektrischen Anlage.

Digitized by Google

Aus dem Bedürfnis heraus, das Kraftwerk gegen solche gefahrvollen Störungen zu schützen, entstand die Sicherheitschaltung System C. Meyer DRP., durch die bei Ausfall eines Generators eine selbsttätige Entlastung des Netzes erfolgt, indem sich gleichzeitig eine Anzahl wählbarer minder wichtiger Stromverbraucher vorübergehend selbsttätig abschaltet, so daß eine Überlastung oder Ausfall der übrigen in Betrieb befindlichen Generatoren verhindert wird und der Betrieb der Zentrale unter allen Umständen erhalten bleibt. Auf diese Weise können die Vorteile der Parallelschaltung in allen Teilen restlos zur Ausnutzung gelangen und mit der wesentlichen Erhöhung der Betriebsicherheit im Netz bei einfacherer Gestaltung und Herabsetzungsmöglichkeit der Größe der Stromerzeugungsanlage infolge voller Leistungsausnutzung der Generatoren, verbunden mit den damit zusammenhängenden wirtschaftlichen Ersparnissen, wurde der höchste Grad von Vollkommenheit eines Schiffskraftwerkes erreicht.

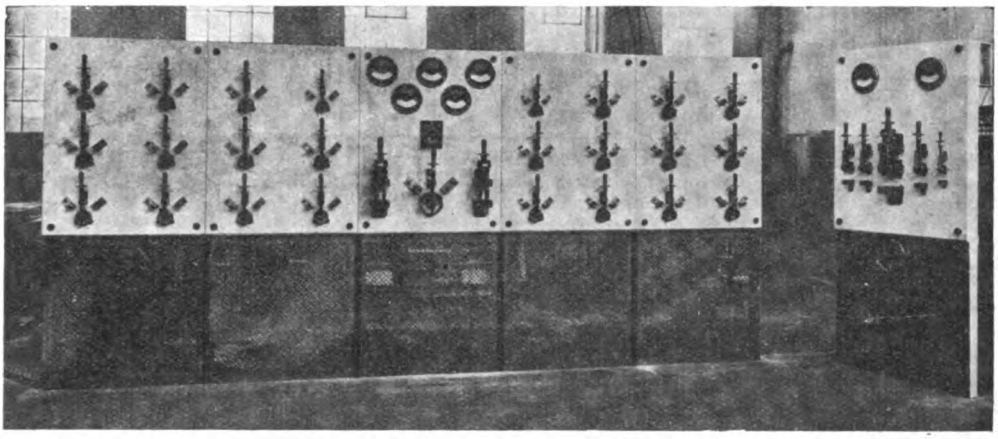


Abb. 3. D. „Cap Finisterre", Hauptschalttafel.

Dieses Ergebnis von wichtigster Bedeutung hatte zur Folge, daß fast alle deutschen Schiffe vom neuzeitlichen Passagierschiff bis zum Frachtschiff mittleren Typs Kraftwerke mit Generatoren in Parallelschaltung in Verbindung mit genannter Sicherheitschaltung erhielten, so daß bis heute 28 Anlagen dieser Art, davon mehrere auf ausländischen Schiffen, eingebaut sind.

Die Sicherheitschaltung arbeitet in Verbindung mit Überstrom- und Rückstrom-Selbstschaltern, wie sie aus der Praxis zur Genüge bekannt sind und bei elektrischen Kraftwerken als Schalter und Sicherungsschutz für Generatoren zur Anwendung gelangen. Solche Selbstschalter besitzen Freiauslösung, die Schaltbürste A (Abb. 5) wird nach Einlegen in die Einschaltstellung von einer Sperrklinke gehalten und öffnet sich, sobald die Klinke unter Einwirkung eines Elektromagneten B ausgelöst wird. Der Auslösemagnet zieht entweder mittels eines mechanischen Gestänges die Sperrklinke der Schaltbürste zurück und öffnet den Selbstschalter oder er kann auch mittels eines Hilfskontaktes den mit einer Betätigungspule versehenen Hauptschalter zum Auslösen bringen. Der Anker wird durch eine Feder von den Polen des Magneten abgehalten, wobei die Klinke in der Sperrstellung liegt. Bei Auftreten von Über- oder Rückstrom ziehen die Pole des Auslösemagneten den Anker durch eine Drehbewegung in eine horizontale Stellung, hierbei wird die Klinke fortgezogen und die starken Zugfedern ziehen die Schaltbürste A von der Kontaktfläche ab.

Bei zweipoligen Anlagen (Abb. 6) wird für jeden Pol ein derartiger Auslöser vorgesehen, u. zw. einer für Überstromauslösung und einer für Überstrom- und Rückstromauslösung. Der Auslösemagnet des Überstromauslösers besitzt eine Stromwicklung, die bei Anwachsen des Stromes über die eingestellte Höchststromstärke den zum Auslösen des Schalters erforderlichen Magnetismus erzeugt.

Die Einstellung der Überstromauslösung kann für das 1,2 ... 2fache des Betriebstromes erfolgen. Durch ein Zeitrelais (mechanisches Hemmwerk) kann diese Auslösung bis zu 20 s verzögert werden. Bei Kompoundmaschinen, wo eine Ausgleichleitung für die Parallelschaltung erforderlich ist, erhält der Überstromauslöser eine zweite Stromspule, über welche die Ausgleichleitung geführt wird. Bei Überstrom wird diese Stromspule von dem in der Ausgleichleitung auftretenden Teilstrom durchflossen, so daß sich ihre Wirkung zu der der Stromspule des Hauptstromes addiert und die jeweilige Auslösung des Selbstschalters stets unter dem Einfluß des Gesamtüberstromes erfolgt. Der Auslösemagnet des Überstrom- und Rückstromauslösers besitzt außer der Stromspule noch eine Spannungspule. Bei normaler Stromrichtung wirken die Spulen einander entgegen; wenn Rückstrom durch den Schalter fließt, addiert sich die Wirkung der Stromspule zu der der Spannungspule und die Abschaltung des Schalters erfolgt bei 5 ... 10 % des Auslösestromes. Die Überstromauslösung ist hierbei auf das Zweifache des Nennstromes fest eingestellt, mit Rücksicht auf den Überstromauslöser des anderen Poles, der unter Verwendung des Zeitrelais, also bei 1,2 ... 2fachem Wert des Betriebsstromes in Wirksamkeit tritt.

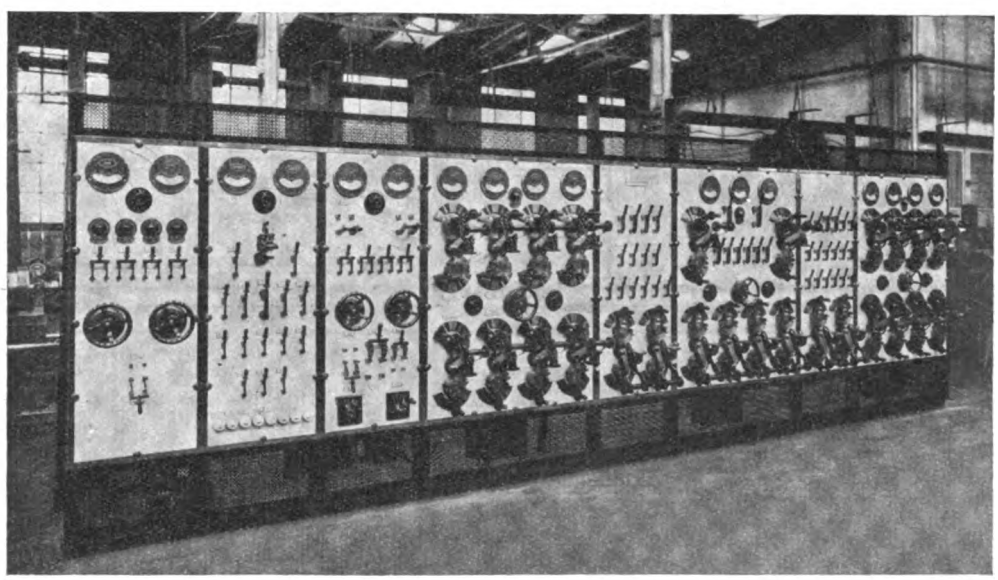


Abb. 4. D. „Cap Polonio", Hauptschalttafel.

Die Wirkungsweise der Sicherheitschaltung sei an Hand von Abb. 7 beschrieben, in der der Schaltplan für ein Kraftwerk mit drei parallelgeschalteten Generatoren dargestellt ist. Der besseren Übersicht halber ist hierbei eine einpolige Leitungsverlegung angenommen. Die Generatoren G_1, G_2, G_3 sind durch die Überstrom- und Rückstrom-Selbstschalter A_1, A_2, A_3 gesichert, die Freiauslösung haben. Mit der Schaltbürste bzw. dem Schaltmesser ist der Hilfschalter S zwangläufig verbunden, der in Hintereinanderschaltung mit dem von einem Hebelantrieb betätigten Walzenkontakt W liegt. Beim Einschalten des Selbstschalters A wird der Schalter S geöffnet, der Kon-

Digitized by Google

takt W wird geschlossen. Der Stromkreis über diese beiden Schalter ist also bei S unterbrochen (Schaltstellung A_2 für G_2). Beim Ausschalten von Hand wird W geöffnet und S geschlossen, so daß auch jetzt der Hilfstromkreis unterbrochen ist (Schaltstellung A_3, G_3 außer Betrieb). Beim Selbstauslösen des Hauptschalters durch Rückstrom oder Überstrom bleibt der Hebelantrieb infolge der Freiauslösung in Einschaltstellung, dadurch auch W geschlossen; der Schalter S wird wie vorher geschlossen, so daß jetzt über S und W ein Stromkreis hergestellt ist. Dieser Stromweg wird benutzt, um diejenigen Stromverbraucher, die beim Ausfallen eines Generators ebenfalls

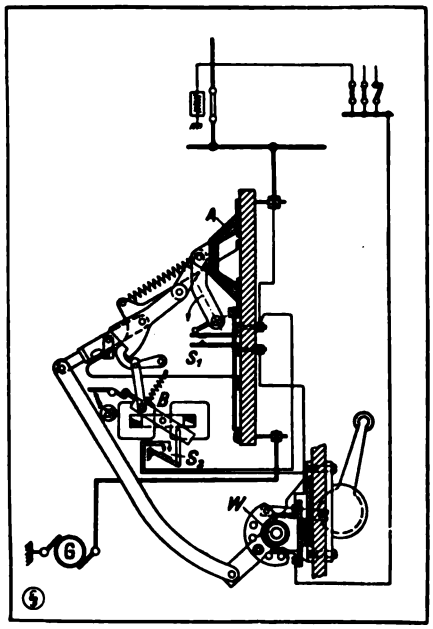


Abb. 5. Überstrom- und Rückstrom-Selbstschalter mit Kontakten für Sicherheitschaltung.

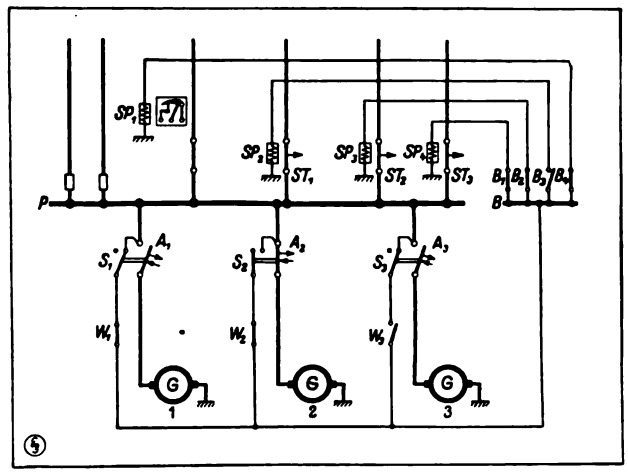
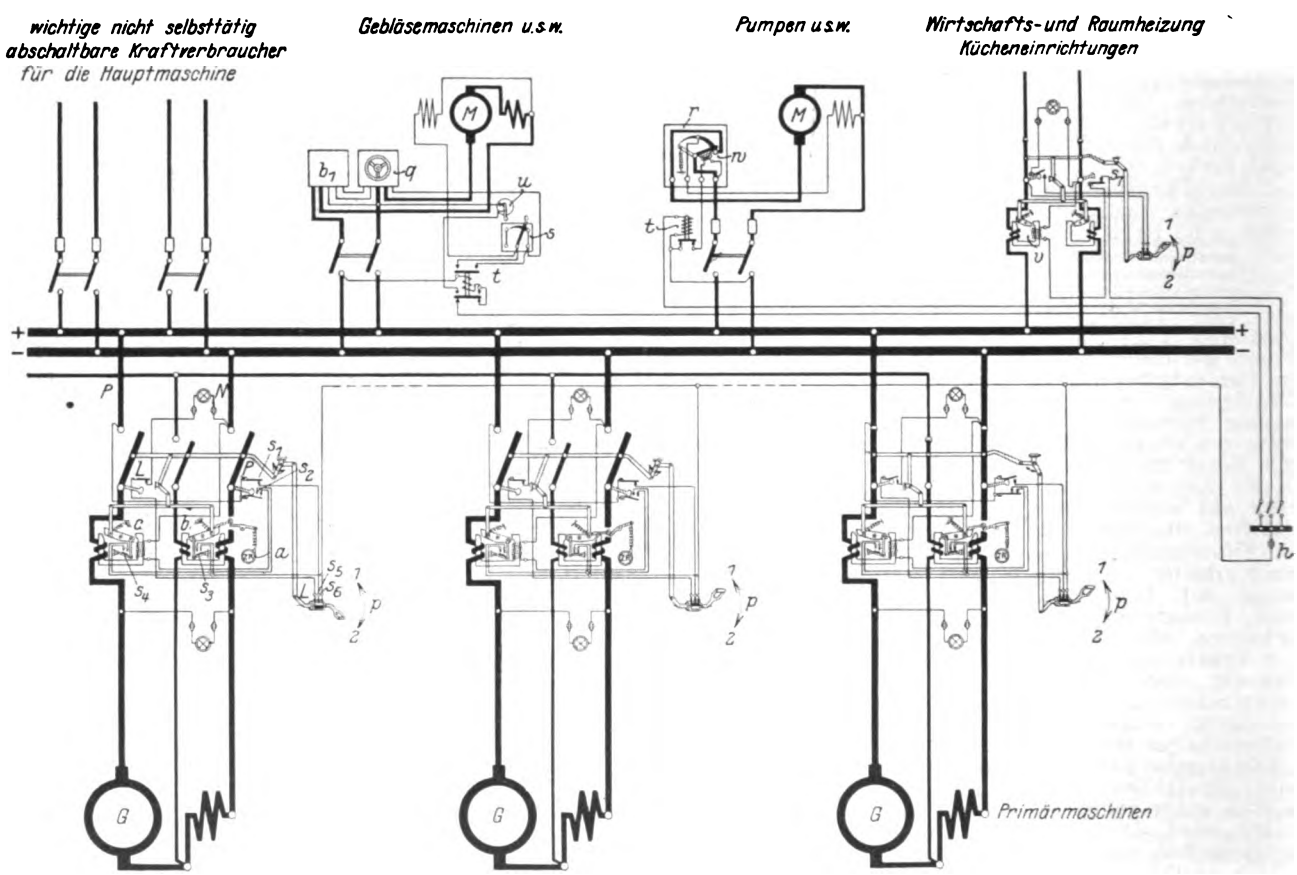


Abb. 7. Prinzipschaltplan der Sicherheitschaltung.

abgeschaltet oder in ihrer Stromaufnahme herabgesetzt werden sollen, zur Auslösung zu bringen.

Dieses selbsttätige Entlasten des Kraftwerks geschieht nun, wie auch aus Abb. 6 ersichtlich, in verschiedener Form. Ein vollständiges Abschalten wird bei den Verbraucherstromkreisen vorgenommen, die einen beträchtlichen Anschlußwert aufweisen und deren vorübergehende



a) Hauptschalter von Hand ausgeschaltet

b) Hauptschalter selbsttätig ausgelöst

c) Vorauslösung der Sicherheitsschaltung

a Zeitrelais	c Überstrom- und Rückstrom-Auslöser	q Anlasser	t Kontakrelais
b Überstrom-Auslöser	h Belegungstafel	r Anlasser mit Minimalabschaltung	u Druckkontakt
b_1 Überstrom-Ausschalter	p Hebelantrieb *1*: ein, *2*: aus	s Regler	v Stromkreis-Selbstschalter
			w Haltemagnet

Abb. 6. Schaltbild eines zweipoligen Schiffskraftwerkes mit Sicherheitschaltung.

Digitized by Google

Stromunterbrechung keine Nachteile bringt. Es sind dieses in erster Linie die Wirtschaftseinrichtungen für Koch- und Backzwecke, Teile der zahlreichen Lüftungsmaschinen und minder wichtige Pumpengruppen. Sie sind mittels Selbstschalter an das Netz angeschlossen, die eine zusätzliche Auslösezugspule besitzen. Einzelne Pumpensätze werden abgeschaltet, indem die Haltespule des Anlassers unterbrochen wird. Die Verminderung der Stromaufnahme von großen motorischen Verbrauchern kommt beispielsweise für Spülluftgebläse der mit doppelwirkenden Zweitaktmotoren ausgerüsteten Motorschiffe in Frage, wie es auf den Motorschiffen „Milwaukee" und „Magdeburg" ausgeführt ist. Vornehmlich bei letztgenanntem Schiff ist das Wirken und die Bedeutung dieser Einrichtung besonders erkenntlich und die Anführung des praktischen Beweises dürfte von Interesse sein. *(Schluß folgt.)*

Hydraulische Dämpfung der Leitungseilschwingungen.

Von Prof. Dr. H. **Thoma**, Karlsruhe.

Übersicht. Es werden Modellversuche zur Erforschung der Ursache und zur Beseitigung von Leitungseilschwingungen beschrieben. Die Versuche zeigen, daß bei Hohlseilen eine wenige Prozente betragende Auslochung der Oberfläche genügt, um die wesentlichen Schwingungsursachen zu beseitigen, die in der periodischen Ablösung von Wirbeln bestehen. Die aus den Lochungen austretenden Flüssigkeits- bzw. Luftstrahlen beschleunigen oder beeinflussen diese Wirbelablösung so, daß die wesentlichen Schwingungsursachen behoben werden. Bei Vollseilprofilen zeigt sich, daß die Anwendung von Litzenseilen, insbesondere in sektorförmiger Anordnung, an Stelle der sonst gebräuchlichen Rundseile ebenfalls eine weitgehende Beseitigung der Schwingungserscheinungen gestattet.

Bei elektrischen Fernleitungen haben sich vielfach lästige Schwingungen der Leitungen im Winde gezeigt, u. zw. sowohl bei den neuen Hohlseilleitungen von 42 mm Außendurchmesser, wie sie für Betriebspannungen von 220 kV gebräuchlich sind, als auch bei stärkeren Vollseilleitungen. Über die Ursache dieser Erscheinungen hat Rißmüller auf Grund von Beobachtungen im Betriebsgebiet des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerks bereits berichtet[1]. Rißmüller glaubt beobachtet zu haben, daß die Frequenz dieser Schwingungen im allgemeinen übereinstimmt mit der von Kármán berechneten Frequenz der Wirbelablösung an einem zylindrischen Stab. Nach dieser Anschauung entstehen die gefährlichen Leitungseilschwingungen dadurch, daß die Leitung, welche zwischen ihren Aufhängepunkten mit verschiedenen Zahlen von Schwingungsknoten zu schwingen vermag, in einem dieser möglichen Schwingungszustände in Resonanz mit der Frequenz dieser sich nach Kármán periodisch ablösenden Wirbel gerät. Allerdings ist zweifelhaft, ob nicht vielleicht die Eigenfrequenz des Seiles die Wirbelablösung steuert, d. h. ob nicht vielleicht auch noch andere Schwingungszustände besonderer Art möglich sind, da in den Ableitungen von Kármán nicht ein bewegter oder schwingender zylindrischer Körper, sondern lediglich ein fester Körper berücksichtigt wird.

Zur Beseitigung dieser Schwingungserscheinungen, die neuerdings auch an stärkeren Vollseilprofilen beobachtet wurden, hat bereits Rißmüller an gleicher Stelle verschiedene Abhilfen angegeben, die im wesentlichen auf der Anordnung mechanisch wirkender Dämpfungen beruhen, meist irgendwelcher angehängter beweglicher oder schwingungsfähiger Körper, die beim Auftreten der Seilschwingungen durch Reibungserscheinungen diese Schwingungen abdämpfen oder doch auf weniger gefährliche Amplituden beschränken sollen.

Es ist klar, daß die Anbringung derartiger Sondereinrichtungen auf erhebliche praktische Schwierigkeiten stößt, so daß der Versuch, dem Problem auf hydraulischem Wege beizukommen, lohnend erschien. Hierzu wurde der Verfasser durch die Überlegung geführt, daß die Regelmäßigkeit der Wirbelablösung offenbar gestört werden kann, wenn in den Räumen auf der Windschattenseite des Leitungseiles, den sog. Toträumen, für eine möglichst große Durchmischung der sich dort ansiedelnden Flüssigkeits- bzw. Luftmengen gesorgt wird. Nach den von L. Prandtl entwickelten Vorstellungen[2] entsteht ja die Wirbelablösung dadurch, daß die durch Reibung an der Oberfläche des Leitungseiles verzögerten Luft- oder Flüssigkeitsteile, die sog. Grenzschicht, sich beim Eintritt in den Windschatten oder Totraum, in welchem eine Drucksteigerung eintritt, aufstauen und sich dann in Form einzelner Wirbel ablösen. Sorgt man für eine gehörige Durchblasung dieses Totraumes, beispielsweise durch ein System von Luftstrahlen, so wird man eine raschere Ablösung der Wirbel und dementsprechend eine mehr oder weniger weitgehende Beseitigung der durch die Wirbelablösung bedingten Schwingungserscheinungen des Leitungseiles erzielen können. Die Luftstrahlen, welche die Wirbelablösung im Windschatten oder Totraum

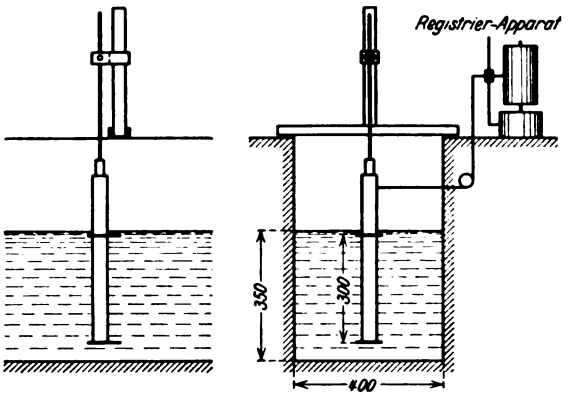


Abb. 1. Versuchsanordnung.

beeinflussen, stören oder beschleunigen sollen, lassen sich nun bei einem Hohlseil in verhältnismäßig einfacher Weise dadurch erzielen, daß man seine Oberfläche locht. Derartige Lochungen werden einen Teil des die Seilschwingungen anfachenden Windes auf der Vorderseite in das Innere des Hohlseiles eintreten lassen, während auf der Rückseite die entsprechenden Mengen von Luft in Strahlenform in den Totraum austreten, um dort die Wirbelablösung in der gewünschten Form zu beeinflussen. Über die Wirksamkeit dieser Einrichtungen wurden bisher nur Modellversuche angestellt, während größere Versuche an wirklichen Leitungen sich erst in Vorbereitung befinden. Über das Ergebnis der Modellversuche kann hier berichtet werden; es zeigte sich, daß bereits eine verhältnismäßig kleine Auslochung des Hohlseiles zur Erzielung des geschilderten Effektes ausreicht.

Abb. 2. Hohlseilmodelle, ungelocht und gelocht.

Die Versuche wurden, da aus theoretischen Überlegungen hervorgeht, daß bei geeigneter Versuchsanordnung in Wasser und in Luft grundsätzlich dieselben Erscheinungen zu erwarten sind, der Einfachheit halber in einer wasserdurchströmten Rinne von 400 mm Breite und 350 mm Wassertiefe vorgenommen, welche das hydraulische Institut der T. H. Karlsruhe in dankenswerter Weise zur Verfügung stellte; die mittlere Wassergeschwindigkeit betrug bei den Versuchen etwa 0,25 m/s. Die Versuchskörper bestanden aus verschiedenartigen Messingrohren, Holzkörpern usw. von etwa 400 mm Länge und rd. 30 mm Dmr.; sie wurden auf 300 mm Tiefe in den Kanal eingetaucht, wie dies aus Abb. 1 ersichtlich ist. Der eigentliche Versuchskörper wurde an einem elastischen Stahlstab aufgehängt, dessen wirksame Länge durch eine verschiebbare Klemme verändert werden

[1] *Berichte der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, Tagung Ulm 1927.*

[2] *Herrn Prof. L. Prandtl in Göttingen möchte ich auch an dieser Stelle für eine Reihe wertvoller Hinweise danken.*

Digitized by Google

konnte. Nachdem die Wasserströmung in Gang gesetzt war, wurde die Lage der Klemme so gewählt, daß sich möglichst große Ausschläge ergaben, wobei sich wieder durch Rechnung zeigte, daß dies ungefähr in der Gegend auftrat, in welcher eine Resonanz der nach Kármán berechneten Wirbelfrequenz mit der Eigenfrequenz des an dem Stahlstab schwingungsfähig aufgestellten Modelles zu erwarten war. Zur Aufzeichnung der Ergebnisse diente ein einfaches, durch leichten Fadenzug wirkendes Schreibgerät, welches auf einen ablaufenden Papierstreifen in Naturgröße die Schwingungsbewegungen aufzeichnete, die das obere, über das Wasser hinausragende Ende des Modells ausführte. Abb. 2 zeigt drei der untersuchten Messingrohre, u. zw. ein glattes Rohr sowie 2 gelochte Rohre, bei welchen 3 bzw. 5,7 % der Oberfläche ausgelocht sind. Die Resultate sind aus den Registrierstreifen Abb. 3 und 4 ersichtlich[3]. Abb. 3 zeigt die Bewegungen des Messingrohres mit 3 % ausgelochter Oberfläche. Der erste Teil zeigt die Schwingungen, wie sie sich von selbst nach einiger Zeit einstellen, beim zweiten Teil des Diagrammes wurden zweimal die Schwingungen von Hand angestoßen, wobei sich vorübergehend größere, allmählich auf den ursprünglichen Betrag wieder abklingende Schwingungsamplituden einstellten. Zum Vergleich wurde sofort nach Beendigung dieses Versuches das glatte Rohr wieder eingesetzt, woraus man sieht, daß bei einer Auslochung der Oberfläche von 3 % die Schwingungsausschläge etwa auf die Hälfte zurückgehen.

Abb. 3. Schwingungen des Modells mit 3% Auslochung.

Der allgemeine Charakter der aufgezeichneten Schwingungserscheinungen, insbesondere bei dem glatten Rohr, steht in guter Übereinstimmung mit den von Rißmüller an wirklichen Fernleitungen in ähnlicher Weise aufgenommenen Schwingungen, woraus wie auch aus theoretischen Überlegungen hervorgeht, daß die vorliegenden Modellversuche das Wesentliche der wirklichen Vorgänge erkennen lassen.

Abb. 4 zeigt die Bewegung des Messingrohres, bei dem 5,7 % der Oberfläche ausgelocht sind. Im allgemeinen verharrt dieses Rohr in Ruhe, nur gelegentlich treten kleine, vorübergehende und gedämpfte Schwingungserscheinungen auf, etwa bei *a*, welche wahrscheinlich durch größere von außen hineingetragene Störungen der Wasserströmung in der Versuchsanordnung veranlaßt wurden. In das Versuchsgerinne war zwar ein Gleichrichter eingebaut, jedoch dürfte dessen Wirkung nicht allzu vollkommen gewesen sein. Es ist dies für den gedachten Zweck auch nicht nötig, da ja auch bei wirklichen Fernleitungen mit dem Auftreten gelegentlicher Störungen wie Böen usw. gerechnet werden muß.

Um ferner die Wirksamkeit der durch die Lochung erzielten hydraulischen Dämpfung zu prüfen, wurde an den mit Pfeilen bezeichneten Stellen das Modell von Hand angestoßen. Man sieht, daß die durch dieses künstliche Mittel erzielten größeren Ausschläge des Rohres schnell abklingen. Dieses Rohr bzw. die entsprechende Hohlseilleitung dürfte daher als so gut gedämpft gelten, daß wesentliche Störungen durch die noch verbleibenden unbedeutenden Bewegungen nicht mehr zu erwarten sind. Der letzte Teil des Streifens zeigt wieder den Vergleich mit dem schnell unter möglichster Belassung der sonstigen Versuchsbedingungen eingesetzten ungelochten Messingrohr.

Zu diesem Versuch ist noch zu berichten, daß der Registrierapparat zwar eine sehr geringe Reibung hatte — sein Antrieb bestand beispielsweise aus dünnen Zwirnfäden, die über leichtgehende Rollen von 2 cm Dmr. geführt waren —, daß aber unverkennbar schon die sehr geringe Reibung des Fadens und der von einem elektrischen Registriervoltmeter entlehnten Schreibfeder die Schwingungsausschläge bei den gelochten Rohren sichtlich verkleinerte, während diese Reibungen bei dem ungelochten Rohr nichts ausmachten. Entsprechend theoretischen Überlegungen kann daher vermutet werden, daß die Wirkung der Lochung mehr in einer Beseitigung der von der periodischen, von Kármán entdeckten Wirbelablösung ausgehenden Schwingungsimpulse besteht und weniger in einer eigentlichen Dämpfung. Tatsächlich fühlt man an dem Modell, wenn man die ungelochten Stäbe mit der Hand festzuhalten versucht, sehr kräftige, größenordnungsmäßig wohl 1 kg bei 0.25 m Wassergeschwindigkeit betragende Schwingungsimpulse, während schon bei 2 % ausgelochter Oberfläche diese Schwingungsimpulse auf kaum mehr fühlbare Werte zurückgehen. Dessen ungeachtet ist das Resultat bei den Messingrohren, bei welchen nur 2 % der Oberfläche ausgelocht sind (Abb. 5), oder bei 3 % Auslochung (Abb. 3) bei dem Modellversuch noch nicht sonderlich befriedigend.

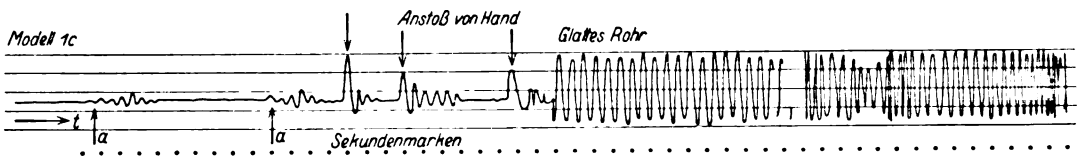


Abb. 4. Schwingungen des Modells mit 5,7% Auslochung.

Es ist aber anzunehmen, daß bei den wirklichen Hohlseilleitungen bereits so geringe Auslochungen genügen werden; denn bei der wirklichen Leitung kann man im Gegensatz zu dem fast reibungsfrei aufgehängten Modell mit dem Auftreten erheblicher Eigenreibung rechnen, so daß dort diejenige Wirkung, welche bei den Modellversuchen die überaus geringe Schreibzeugreibung auslöste, in erheblich verstärktem Maße zu erwarten ist. Durch eine Auslochung von einigen Prozent sind anscheinend die Hauptimpulse beseitigt, so daß bei der wirklichen Leitung der Rest leicht durch die Eigenreibung des Seiles aufgenommen werden dürfte.

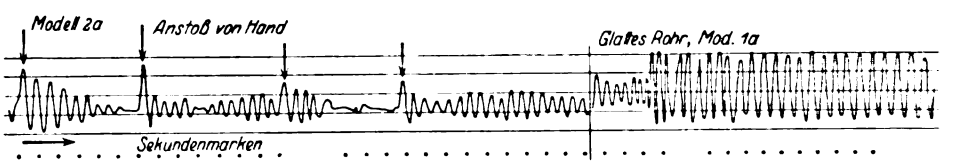


Abb. 5. Schwingungen eines Modells mit 2% Auslochung; Löcher unregelmäßig verteilt.

Durch die vorliegenden Modellversuche dürfte die grundsätzliche Möglichkeit der hydraulischen Beherrschung der Schwingungserscheinungen von Hohlseilleitungen gezeigt sein. Daß der praktischen Ausführung solcher gelochten Seile vielleicht einige Schwierigkeiten entgegenstehen, soll nicht bestritten werden, aber es ist zu hoffen, daß bei der Wichtigkeit, welche das Problem für die praktische Leitungsausführung besitzt, die Industrie vor der

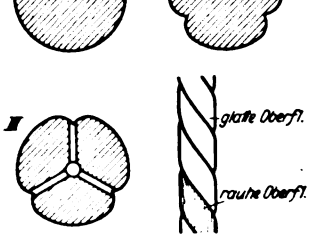


Abb. 6. Vollseilmodelle.

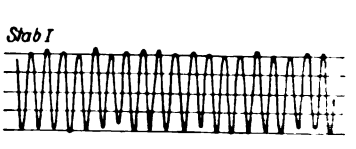


Abb. 7. Schwingungen des Vollseilmodells Stab *I*.

[3] Die Schwingungsbilder, welche die Bewegung des oberen Endes jedes Modells zeigen (vgl. Abb. 1), sind hier in ¼ ihrer natürlichen Größe wiedergegeben.

Digitized by Google

Anstellung entsprechender Versuche nicht zurückschrecken wird.

Da auch bei Vollseilleitungen stärkeren Profiles neuerdings störende Schwingungen beobachtet wurden, wurden ferner noch einige Modelle untersucht, um die Beseitigung der Schwingungen bei Vollseilen zu klären. Hierfür dienten Holzmodelle (Abb 6), u. zw. einerseits ein gewöhnlicher runder Holzstab, ferner ein Holzstab, in welchen schraubenförmige flache Nuten eingefräst waren, so daß ein Modell entstand, welches der Oberfläche eines

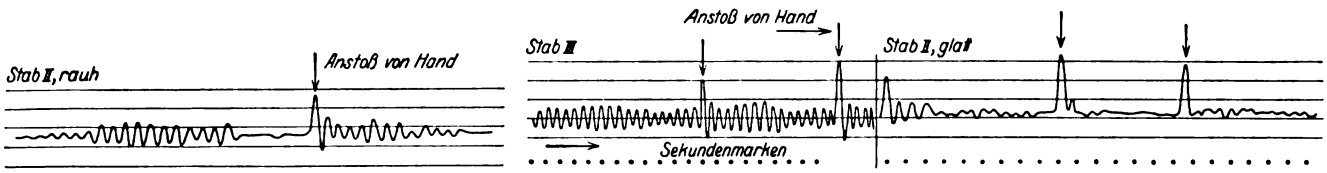


Abb. 8 u. 9. Schwingungen der Vollseilmodelle *II* und *III*.

aus drei sektorförmigen Litzen aufgebauten Seiles entsprach. Das gleiche Modell wurde ferner noch mit einer Reihe zwischen den Litzen des Seiles durchgehender Schlitze geprüft. Bei einem weiteren Modell war die Oberfläche aufgerauht, um diejenige Beschaffenheit der Leitung zu studieren, welche bei der Herstellung der Sektorseile aus einzelnen Drähten zu erwarten ist. Die Resultate sind in den Abb. 7, 8 und 9 niedergelegt. Der einfache runde Holzstab führt sehr kräftige Schwingungen aus, der Holzstab mit gewundener Oberfläche ohne Schlitze zeigt eine recht gute Dämpfung, derselbe Stab mit Schlitzen eine wesentlich schlechtere Dämpfung, während der gerauhte gewundene Holzstab ohne Schlitze fast dieselben Resultate wie der glatte Stab sonst gleicher Art ergibt. An den mit Pfeilen bezeichneten Stellen wurden die Modelle von Hand angestoßen. Bei dem runden Holzstab war dies nicht nötig, da dieser sich in ständiger Bewegung befand, die auch mit großer Kraftentwicklung verknüpft war.

Eigentümlicherweise wird in diesem Falle die Schwingungsbewegung durch die Anwendung der Sektorseile beseitigt. Erstaunlich ist es dagegen, daß die Anordnung von Schlitzen in dem Sektorseil, welche ja auch praktisch schwer durchführbar ist, die Resultate im Gegensatz zu den zuerst untersuchten Hohlseilmodellen verschlechtert. Für die Technik ergibt sich hieraus die verhältnismäßig einfache Richtlinie, daß stärkere Vollseilleitungen zweckmäßig aus sektorförmig gepreßten Litzen aufzubauen sind. Da diese auch wahrscheinlich mechanisch besser als glatte Seile sein werden, dürfte deren Verwendung keine Schwierigkeit machen. Ich glaube auch nicht, daß in elektrostatischer Beziehung durch den Koronaeffekt, welcher bei diesen Seilen vielleicht etwas kräftiger ist, die Anwendung wesentlich behindert wird. Es ist im übrigen anzunehmen, daß auch Litzenseile mit runden Litzen eine gute Dämpfung zeigen werden.

Synchronmotor mit gutem Anlauf, hoher Ausnutzung und stabiler Charakteristik.

Von **A. Heyland**, Brüssel.

Übersicht. Es werden die Grundlagen eines Synchronmotors behandelt, in welchem ebenso wie beim normalen Synchronmotor mit ausgeprägten Polen der Erregerkreis aus Erregerspulen besteht, die auf ausgeprägten Polkernen des Induktors liegen, wobei jedoch mittels einer zweiten Phase auf dem Induktor unvergleichbar bessere Anlaufbedingungen erzielt werden. Außerdem wird durch eine unabhängig und gleichzeitig sich einstellende zweite Wirkung der Anordnung erreicht, daß der Motor eine von Leerlauf bis Vollast völlig stabile Charakteristik erhält, auch bei normalem oder niedrigerem Luftspalt zwischen Induktor und Anker, so daß das Kupfergewicht der Erregerspulen und die Erregerverluste sehr niedrig gehalten werden können. Die Folge ist, daß somit gleichzeitig die Ausnutzung eines solchen Synchronmotors eine sogar wesentlich höhere wird als die selbst bei normalen Synchronmotoren mit ausgeprägten Polen erzielte.

Synchronmotoren für Ein- und Mehrphasenstrom haben bekanntlich immer eine mehr oder minder abfallende Charakteristik. Das heißt, bei zunehmender Belastung steigt die der Spannung nacheilende Komponente des vom Motor verbrauchten Stromes, oder wenn in der meist üblichen Weise die Motoren bei Leerlauf übererregt werden, so bewirkt zunehmende Belastung einen entsprechenden Abfall der voreilenden Komponente des Stromes. Die hierdurch mit zunehmender Belastung durch ihre Rückwirkung auf das Netz zunehmende spannungschwächende Wirkung des Stromes hat bei Belastungschwankungen entsprechende Spannungschwankungen im Netze zur Folge.

Der normale Synchronmotor mit ausgeprägten Polen hat den Vorteil der sehr einfachen Anordnung der Erregerspulen des Erregerkreises, welche auf den ausgeprägten Polkernen der Pole liegen. Diese Erregerspulen erlauben, bei mäßigem Kupfergewicht große Querschnitte zu erhalten, und das bekannte Mittel, eine weniger stark abfallende Charakteristik zu erzielen, besteht darin, den Luftspalt zwischen Induktor und Anker möglichst groß zu machen, so daß die zur Erregung des Feldes erforderliche Stromwindungszahl der Erregerspulen verhältnismäßig groß wird. Der bekannte Nachteil dieses Synchronmotors mit ausgeprägten Polen sind nur seine sehr ungünstigen Anlaufbedingungen. Der sogenannte synchronisierte Motor anderseits, wie er von Danielson angegeben wurde, erlaubt den gleichen Anlauf zu erzielen wie ein normaler Asynchronmotor, das heißt ein Anlaufdrehmoment bei entsprechendem Anlaufstrom gleich dem doppelten oder mehrfachen normalen Drehmoment. Der bekannte Nachteil dieses Motors liegt in seinen Betriebsbedingungen, indem die normale Drehfeldwicklung des Läufers bereits bei mäßiger Stromwindungszahl des Gleichstrom-Erregerkreises höhere Erregerverluste bedingt und auch bei Benutzung zulässiger Nutentiefen der erreichbare Querschnitt im Verhältnis zum Kupfergewicht viel niedriger liegt. Dieser Motor hat deshalb immer eine stärker abfallende Charakteristik.

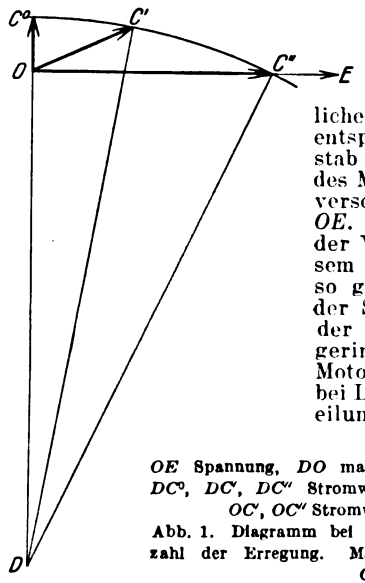
Im nachfolgenden soll zunächst ein Weg erläutert werden, welcher erlaubt, die beim normalen Synchronmotor mit ausgeprägten Polen für die Ausnutzung im normalen Betriebe wertvolle Anordnung des Erregerkreises als Erregerspulen zu benutzen, die auf ausgeprägten Polkernen liegen, dabei außerdem aber gute Anlaufbedingungen ermöglicht. Der Zweck ist hierbei nicht, wie dies beim genannten synchronisierten Motor der Fall ist, dieselben Bedingungen für den Anlauf wie beim normalen Asynchronmotor zu erreichen, sondern lediglich solche, wie sie für die meisten Fälle ausreichend sind, und jedenfalls unvergleichlich bessere als die bei Motoren mit ausgeprägten Polen bisher erzielten, beispielsweise ein Anlaufmoment gleich dem normalen Drehmoment des Motors bei einem den Normalstrom um einen gewissen Bruchteil, etwa um die Hälfte, übersteigenden Anlaufstrom.

Gleichzeitig zeigt sich hierbei eine andere sehr interessante Erscheinung, welche darin besteht, daß die zu obigem Zwecke dienende Ausführung des Induktors außerdem eine Wirkung hervorruft, die so gewählt werden kann, daß auch bei normalem oder niedrigem Luftspalt zwischen Induktor und Anker der Motor eine von Leerlauf bis Vollast völlig stabile Charakteristik erhält. Dies erlaubt die erforderliche Stromwindungszahl der Erregung, das Kupfergewicht der Erregerspulen und die Erregerverluste sehr niedrig zu halten, so daß hierdurch die Ausnutzung eines solchen Synchronmotors eine sogar wesentlich höhere wird als die selbst bei normalem Synchronmotor mit ausgeprägten Polen erzielbare. Nach allem bekannten erscheint es auf den ersten Blick nicht sehr wahrscheinlich, in demselben Motor gleichzeitig diese verschiedenen und auch zum Teil einander widersprechenden Resultate erzielen zu können. Sie bedürfen deshalb einer einwandfreien Erläuterung, und um diese hier in möglichst übersichtlicher Weise zu geben, sollen sie an Hand der Vorgänge und Verhältnisse bei den bekannten Motoren hergeleitet werden.

Digitized by Google

I. Normaler Synchronmotor mit ausgeprägten Polen.

Die Vorgänge in Synchronmotoren lassen sich in bekannter Weise, zunächst unter Vernachlässigung der Einflüsse des ohmschen Widerstandes und der Streuung oder auch mit Berücksichtigung der Streuung durch entsprechende Änderung der die Stromwindungszahlen darstellenden Vektoren, annähernd durch ein Diagramm darstellen, wie es Abb. 1 beispielsweise für einen solchen Motor mit ausgeprägten Polen und weniger stark abfallender Charakteristik zeigt. In diesem Diagramm bezeichnen, bei konstanter Netzspannung, der Vektor OE die konstante vom Motor erzeugte Spannung gleich und entgegengesetzt der Netzspannung und der Vektor DO die konstanten magnetisierenden Stromwindungen. Die Vektoren DC^0, DC', DC'' bezeichnen die konstanten Stromwindungen der Erregung, dann stellen die Vektoren OC^0, OC', OC'' die veränderlichen Stromwindungen des Ankers bei veränderlicher Belastung dar oder, in entsprechend anderem Maßstab gemessen, auch den Strom des Motors und seine Phasenverschiebung zur Spannung OE. Der Punkt C'' entspreche der Vollast. Dann ist in diesem Diagramm die Erregung so gewählt, daß bei Vollast der Strom OC'' in Phase mit der Spannung OE ist. Bei geringerer Belastung ist der Motor dann übererregt, und bei Leerlauf ist der reine Voreilungsstrom gleich OC^0. Die



OE Spannung, *DO* magnetisierende Stromwindungen, DC^0, DC', DC'' Stromwindungen der Erregung, OC^0, OC', OC'' Stromwindungen des Ankers.

Abb. 1. Diagramm bei relativ höherer Stromwindungszahl der Erregung. Mäßig abfallende Charakteristik; $C^0C'C''$.

Charakteristik des Motors $C^0C'C''$ ist dann durch den Kreis um den Mittelpunkt D dargestellt, und sie wird um so weniger oder mäßiger abfallend, je größer die Stromwindungszahl der Erregung der Pole gewählt wird.

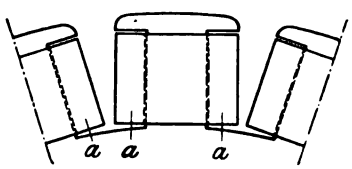


Abb. 2. Umrisse eines Induktors mit ausgeprägten Polen und den Erregerspulen *a*.

In der Abb. 2 sind die Umrisse der Pole und der Erregerspulen eines entsprechenden Motors angedeutet. Die Anordnung der ausgeprägten Pole, oder genauer gesagt der ausgeprägten Polkerne, erlaubt im allgemeinen bequem, den Verhältnissen des Diagramms entsprechende oder auch noch weit größere Stromwindungszahlen unterzubringen, ohne übermäßige Erregerverluste hervorzurufen. Das Anlassen wird in bekannter Weise durch die Anordnung eines Käfigankers auf den Polen bewirkt, dessen Stäbe wie beim Leblancschen Dämpfer in Nuten der Polschuhe liegen und beiderseits durch zwei Ringe von gewissem ohmschen Widerstande verbunden sind. Der Stromkreis der Erregerspulen wird zunächst über einen geringen Widerstand in sich geschlossen, um das Auftreten zu hoher Spannungen in diesen zu vermeiden. Durch Benutzung eines Stufentransformators, welcher die der Ständerwicklung zugeführte Spannung zunächst auf geringere Werte verringert, erhält man hierbei etwa 30 % Anlaufdrehmoment bei ungefähr 100 % Stromentnahme aus dem Netz. Dieser Strom ist dabei fast reiner Blindstrom und übt deshalb eine starke Rückwirkung auf das Netz aus. Er ist vor allem Magnetisierungsstrom, nicht nur infolge des größeren Luftspaltes zwischen Induktor und Anker, sondern insbesondere infolge der Luftzwischenräume zwischen den Polschuhen, über welche das zum Anlauf dienende Drehfeld sich schließen muß.

Wird der ohmsche Widerstand des genannten Käfigankers verhältnismäßig höher gewählt, so ist dies günstig für den ersten Moment des Anlaufs, ungünstig hingegen für das Intrittkommen des Motors, indem das erreichbare Drehmoment bei höherer Drehzahl nahe dem Synchronismus sehr gering wird, außerdem fällt dann die Leblancsche Dämpferwirkung im Betriebe zur Aufhebung von Pendelbewegungen usw. fort. Wird dieser Widerstand klein gewählt, so werden die Verhältnisse im ersten Moment des Anlaufs ungünstiger.

II. Synchronisierter Motor.

Der synchronisierte Motor hat im Gegensatz hierzu zunächst den Vorteil, infolge seiner normalen Drehfeldwicklung auf dem Läufer die gleichen vollkommenen Anlaufbedingungen bei doppeltem oder mehrfachem Anlaufmoment erzielen zu können wie ein normaler asynchroner Induktionsmotor. Anderseits kommen die Vorteile des Synchronmotors mit ausgeprägten Polen, dessen Einfachheit, gute Ausnutzung und die Möglichkeit, weniger stark abfallende Charakteristiken erzielen zu können, bei diesem Motor in Fortfall. Das Verhältnis zwischen Feld und Stromwindungszahl ist das eines Asynchronmotors. Das Verhältnis zwischen den Stromwindungen des Läufers und des Ständers kann auch bei Vertiefung der Nuten nicht in ähnlichem Maße groß gewählt werden, und die Ausnutzung des Kupfers der Läuferwicklung als Gleichstrom-Erregerwicklung ist wesentlich ungünstiger. Die Abb. 3 zeigt beispielsweise das Diagramm für einen solchen Motor im Betriebe, wobei alle Einzelheiten im gleichen Sinne zu verstehen sind wie im Diagramm Abb. 1. Der Unterschied ist nur, daß bei normalem oder entsprechend kleinerem Luftspalt die konstanten Stromwindungen der Gleichstromerregung DC^0, DC', DC'' im Verhältnis zu denen des Ankers bei Vollast OC'' bedeutend

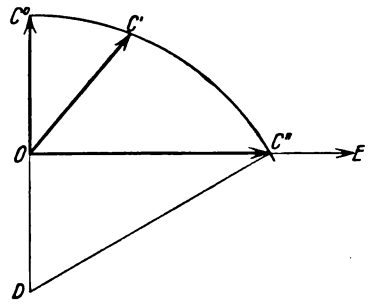


Abb. 3. Diagramm bei relativ niederer Stromwindungszahl der Erregung. Stark abfallende Charakteristik: $C^0C'C''$.

kleiner sind. Die Folge ist, daß die Charakteristik $C^0C'C''$ (Abb. 3) des Motors hier dann eine stark abfallende wird.

Was die mit diesem sogenannten synchronisierten Motor erzielten Vorteile betrifft, so ist auch darauf hinzuweisen, daß diese in den letzten Jahren wesentlich überholt wurden vom Asynchronmotor mit mehrphasiger Erregermaschine, da diese mehrphasigen Erregermaschinen verschiedener Systeme zur Zeit von den meisten größeren Firmen in sehr großer Vollkommenheit geliefert werden und es auch durch Vereinfachungen gelungen ist, daß ihr Preis kaum höher liegt als der von Gleichstrom-Erregermaschinen. Sie haben hierbei den Vorteil, eine abfallende Charakteristik vollständig vermeiden oder selbst jede gewünschte Form der Charakteristik erzielen zu können, wie beispielsweise aus hier[1] vor einiger Zeit mitgeteilten Aufnahmen an solchen Motoren hervorgeht.

Als Danielson vor ungefähr 30 Jahren den synchronisierten Motor angab, war dieser ein großer Fortschritt. Der von ihm verfolgte Zweck war dabei zunächst weniger, einen mit großer Last anlaufenden Synchronmotor zu finden, als vielmehr lediglich den nacheilenden Leistungsfaktor der normalen Asynchronmotoren zu vermeiden, und weil Danielson, da andere Mittel nicht vorhanden waren, zu diesem Zweck dem Läufer Gleichstrom zuführte, so wurde der Motor mehr beiläufig gleichzeitig zu einem Synchronmotor. Wünscht man aber zur Zeit einen mit mehrfacher Last anlaufenden Motor, so ist der durch mehrphasige Erregermaschine erregte Asynchronmotor eine überlegene und wirtschaftlichere Lösung, zumal er infolge seiner asynchronen Arbeitsweise in vielen Fällen außerdem erlaubt, Schwungradwirkungen auszunutzen oder mit zusätzlicher Schlupfregelung oder veränderlicher Drehzahl arbeiten zu können.

In allen den zahlreichen Fällen anderseits, wo diese Eigenschaften des Asynchronmotors nicht erforderlich sind, würde an seiner Stelle ein Motor von Vorteil sein, welcher die gute Ausnutzung des normalen Synchronmotors mit ausgeprägten Polen bei besseren Anlaufbedingungen erreichte und ohne daß es nötig wäre, die sehr hohen

[1] Heyland, ETZ 1928, S. 430, Abb. 14.

Digitized by Google

Anlaufbedingungen des synchronisierten Motors zu erzielen, solche erreichte, wie sie in den meisten Fällen ausreichen, u. zw. unter Vermeidung einer stark abfallenden Charakteristik im Betriebe. Es soll gezeigt werden, wie die gestellte Aufgabe nicht nur erreicht, sondern überschritten werden kann.

III. Neuer Motor.

Der Motor hat in seiner besten Ausführung einen Induktor mit ausgeprägten Polkernen, er hat jedoch mit dem Asynchronmotor bzw. dem synchronisierten Motor gemeinsam, daß die Stromkreise des Induktors mehrphasig, u. zw. zweiphasig angeordnet sind, so daß sie zum Anlassen an einen Anlaßwiderstand angeschlossen werden können. Um seine Entstehung und Wirkungsweise zu erläutern, denke man sich zunächst einen normalen synchronisierten Motor mit normalem Läufer mit gleichmäßig verteilten Nuten und einer normalen zweiphasigen Wicklung auf dem Läufer, mit einer Phase *a*, welche im Betriebe als Gleichstrom-Erregerwicklung dient, und einer zweiten Phase *b*, welche im Betriebe in sich kurzgeschlossen wird.

Man nehme dann zunächst an, die beiden Phasen seien statt in normaler Weise mit einem Wicklungschritt von ½ Polteilung gewickelt. Die Verteilung der resultierenden Phasen bleibt hierbei die gleiche und ebenso bleibt zunächst das maximal erzielbare Anlaufmoment das gleiche. Die Ströme beider Phasen lagern sich in jeder Nut unter einem Phasenunterschied von 90° übereinander, so daß für ein gegebenes Anlaufmoment nur der Gesamtnutenstrom im Verhältnis von $\sqrt{2}$ größer und damit die Ausnutzung des Kupfers in den Nuten entsprechend ungünstiger sein würde.

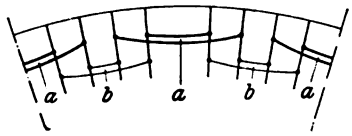


Abb. 4. Schema eines zweiphasigen Induktors mit durch Teilstriche angedeuteten Nuten, dem Erregerkreis Phase *a*, welche einen größeren Teil des Pols umfaßt, und dem Kurzschlußkreis Phase *b*, die in denselben Nuten liegt und damit kürzeren Wicklungschritt hat.

Weiter nehme man dann an, wie die Abb. 4 zeigt, daß der mittlere Wicklungschritt der Phase *a* größer gewählt sei als ½ Polschritt und derjenige der Phase *b* um ebensoviel kleiner. Die Verteilung der Nuten und der resultierenden Phasen ist dann nicht mehr gleichmäßig, und die Anlaufbedingungen werden etwas weniger vollkommen als bei der ursprünglichen Ausführung. Man kann dann aber bereits in dieser Anordnung die beiden Wicklungschritte so wählen, daß die Ausnutzung der Phase *a*, welche im Betriebe die Gleichstrom-Erregerwicklung bildet, eine möglichst vollkommene wird. Für ein gegebenes Anlaufmoment werden dann nur die Ströme in der Phase *b*, ihrem kleinen Wicklungschritt entsprechend, verhältnismäßig groß. Da die hieraus resultierende Überlastung dieses Kupfers aber nur während der kurzen Dauer des Anlaufes auftritt, so ruft sie keinen weiteren Nachteil hervor, zumal bei Anlauf mit beispielsweise normaler Last.

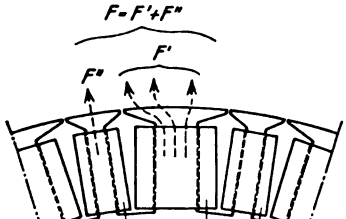


Abb. 5. Umrisse eines Abb. 4 entsprechenden Induktors, mit Hauptkernen und den Erregerspulen *a* und Zwischenkernen mit den Kurzschlußspulen *b*. Darstellung der bei Belastung sich ergebenden Verschiebung und Verteilung des konstanten Feldes *F* eines Pols auf beide Kerne.

Schließlich denke man sich, wie die Abb. 5 zeigt, die Nuten überall da, wo (Abb. 4) die resultierende Phase dieselbe wird, zu je einer Nut vereinigt. Man erhält dann den in Abb. 5 in Umrissen gezeichneten Induktor mit ausgeprägten Polkernen, auf denen die zwei Phasen in Form von einfachen Spulen angeordnet werden können, auf jedem Pol ein Hauptkern mit den Erregerspulen *a* und zwischen diesen ebensoviel Zwischenkerne mit den Kurzschlußspulen *b*. Indem die Stromkreise dieser an einen Anlaßwiderstand angeschlossen werden, kann der Motor in der Art wie der normale synchronisierte Motor angelassen werden. Hierbei verhält sich der Motor, zunächst im Anlaufe, wie ein Asynchronmotor mit Schleifringanker, aber verhältnismäßig größerer Streuung, niedrigem Leistungsfaktor und geringer Überlastbarkeit. Er ist nicht in der Lage, mit der Überlast des normalen synchronisierten Motors anzulaufen, wohl aber bei niedriger, beispielsweise ungefähr normaler Last, und dieses bei einem nur dem niedrigeren Leistungsfaktor als Asynchronmotor entsprechend vergrößerten Stromverbrauch im Anlaufe.

1. Vergleich mit dem normalen synchronisierten Motor.

Im Vergleich zu dem normalen synchronisierten Motor sind somit die Bedingungen für den Anlauf zunächst in einem, wie oben erläutert war für zahlreiche Antriebe zulässigen Verhältnis weniger günstig. Anderseits aber werden sie für den normalen Betrieb des Motors bedeutend vorteilhafter, indem erstens die Anordnung des Erregerkreises auf dem Induktor in Form der einfachen Erregerspulen der Abb. 5 erlaubt, eine bedeutend höhere Ausnutzung des Kupfers und geringe Erregerverluste im Betriebe zu erzielen.

Gleichzeitig zeigt sich zweitens, daß die Anordnung erlaubt, die abfallende Form der Charakteristik bei Synchronmotoren vollkommen zu vermeiden, u. zw. ohne daß hierzu die sonst üblichen Mittel zur Verbesserung der Charakteristik in Frage kommen, wie Vergrößerung des Luftspaltes und Erhöhung der Stromwindungen der Erregung, welche die Ausnutzung des Kupfers vermindern. Im Gegenteil wird diese Wirkung hier durch die bei normalen Motoren schädliche Ankerrückwirkung erzielt, und ein geringerer Luftspalt wirkt dabei selbst vorteilhaft. Es genügt zu diesem Zweck, den Querschnitt der Hauptkerne (Abb. 5), auf denen die Erregerspulen *a* liegen, genügend gering und so zu wählen, daß bei Leerlauf die magnetische Induktion in diesen hoch wird und der Sättigung mehr oder weniger nahe liegt. Bei Belastung bewirkt dann die Ankerrückwirkung, daß das Feld jedes Poles sich auf beide Kerne verteilt, die Induktion im Hauptkern für jeden Pol abnimmt und durch geeignete Wahl der Verhältnisse infolge dieser Wirkung jede gewünschte Form der Charakteristik zwischen Leerlauf und Vollast erzielt werden kann. — Dies läßt sich in der folgenden Weise erläutern:

In einem an ein Netz gegebener Spannung angeschlossenen Motor ist das Nutzfeld eines Pols bei veränderlicher Belastung annähernd konstant, es nimmt mit zunehmender Belastung des Motors infolge des ohmschen Spannungsverlustes sogar etwas ab; dieser Unterschied sei jedoch vernachlässigt. Bei Leerlauf können die Stromwindungen der Erregerspulen *a*, Abb. 5, nur in den Hauptkernen ein Feld erzeugen, und die magnetische Induktion in diesen ist somit durch das Feld eines Pols gegeben wie bei einem normalen Motor mit ausgeprägten einfachen Polen. Bei Belastung des Motors bewirkt die Ankerrückwirkung in bekannter Weise eine Feldverdrehung, d. h. sie bewirkt im Polschuh jedes Poles einerseits zur Achse beispielsweise rechts, wie hier für einen Pol eingezeichnet ist (Abb. 5), eine Feldschwächung und auf der anderen Seite, also links, eine Feldverstärkung. Dieselbe Ankerrückwirkung erzeugt dann aber auch in dem Zwischenkerne links ein Feld *F''* im gleichen Sinne. Da das gesamte Feld *F* eines Pols konstant bleibt, so nimmt hiermit das Feld im Hauptkerne und damit auch die Induktion in diesem von Leerlauf bis zu der betreffenden Belastung des Motors im Verhältnis von *F* auf *F'* ab.

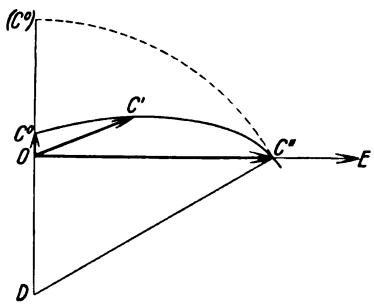


Abb. 6. Diagramm bei relativ niedriger Stromwindungszahl der Erregung (Abb. 5) und hierbei (durch geeignete Wahl des Verhältnisses zwischen den Querschnitten der Haupt- und Zwischenkerne und deren Gesamtquerschnitt für je einen Pol) stabilisierter Charakteristik: $C^0C'C''$.

Im Diagramm für diesen Motor, Abb. 6, sei angenommen, daß die Stromwindungen der Erzeugung *D* (C^0), *DC''* dieselben seien wie oben für den normalen synchronisierten Motor (Abb. 3), und daß für normale Last auch der Punkt *C''* der gleiche sei, d. h. daß die Induktion im Hauptkerne mit dem Felde *F'* auf den gleichen normalen Wert falle. Die Abb. 7 sei beispielsweise die Magnetisierungskurve für das nutzbare Feld des Hauptkernes. Die magnetisierenden Stromwindungen *DO* (Abb. 6) bei Vollast erzeugen dann im Hauptkerne das Feld *F'*, während

Digitized by Google

F'' das Feld der Zwischenkerne sei. Um dann bei Leerlauf das Feld F in den Hauptkernen allein zu erzeugen, müssen die magnetisierenden Stromwindungen (Abb. 7) auf DX steigen, und da die Stromwindungen der Erregung D (C^0) sind, so ergibt die Differenz X (C^0) in Abb. 6 den Voreilungsstrom OC^0 bei Leerlauf. Die Charakteristik zwischen Leerlauf und Vollast erhält die völlig stabile Form $C^0C'C''$.

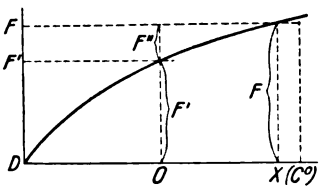


Abb. 7. Magnetisierungskurve für das nutzbare Feld der Hauptkerne eines Pols mit Feld F bei Leerlauf und mit Feld $F' = F - F''$ bei der dem Punkte C'' (Abb. 6) entsprechenden Belastung, welcher (Abb. 5) ein Feld F'' in den Zwischenkernen eines Pols entspricht.

Wird die Induktion im Hauptkerne bei Leerlauf etwas kleiner oder etwas näher der Sättigung, so rückt der Punkt C^0 der Charakteristik (Abb. 6) etwas nach oben oder nach unten, und der Strom bei Leerlauf wird ein etwas stärkerer Voreilungstrom oder u. U. ein schwacher Nacheilungstrom. Für höhere Last und für Vollast, wo beide Kerne für normale Induktion berechnet sind, lassen die Punkte C' und C'' der Charakteristik sich durch Einstellung der Erregung weiter verändern, beispielsweise auf stärkere Voreilung des Stromes, so daß man jede gewünschte Form der Charakteristik erzielen kann und die gleichen, wie dies für die oben zitierten[2], durch mehrphasige Erregermaschinen erregten Asynchronmotoren der Fall war; d. h., analoge Wirkungen, wie bei den genannten Asynchronmotoren durch den Einfluß des veränderlichen Schlupfstromes erzielt wurden, werden hier erzielt durch den Einfluß der bei abnehmender Belastung zunehmenden Induktion in den Hauptkernen der Pole.

Es zeigt sich, daß diese zweite hier gleichzeitige Wirkung der Zwischenkerne, welche hier für die Kurzschlußspulen b dienen, bereits in früheren Jahren[3] von Walker zur Kompoundierung von Generatoren benutzt wurde. Die Pole dieser Maschinen waren in zwei Kerne unterteilt, einen Hauptkern und einen seitlichen Hilfskern, wobei die Spulen der Erregerwicklung teilweise den Hauptkern allein und teilweise beide Kerne zusammen umfaßten. Hierbei wurden starke Wirkungen erzielt, wie Kompoundierung bei einem nacheilenden Leistungsfaktor von 0,85, u. zw. durch hohe Induktion in den Polschuhen, welche dabei verhältnismäßig schmal wurden. Die Ausnutzung dieser wurde dadurch eine ungünstige. Außerdem hat die Kompoundierung von Generatoren keine sehr große Bedeutung, indem der Leistungsfaktor mit der Art der Belastung verschieden wird und deshalb Regelung der Spannung durch Regelung der Erregung erforderlich wird, wozu man in Zentralen Selbstregler benutzt. Größere Generatoren führt man im Gegenteil so aus, daß sie einen großen Spannungsabfall haben, um die Gefahr zu vermeiden, die mit sehr großen Kurzschlußströmen verbunden ist.

Ein Motor hingegen hat bei konstant bleibender Erregung für jede Belastung einen bestimmten Leistungsfaktor, der durch Einstellung der Erregung beispielsweise für Vollast auf einen bestimmten Wert, sei es gleich der Einheit, sei es nacheilend oder voreilend eingestellt werden kann. Erwünscht ist, ohne nachregeln zu brauchen, was bei schnellen Belastungschwankungen eines Motors überhaupt nicht möglich wäre, die abfallende Charakteristik zu vermeiden, weil die Änderung der voreilenden Komponente des Stromes entsprechende Spannungschwankungen im Netze hervorruft. Hierzu genügt eine viel mäßigere Wirkung als für die Kompoundierung eines Generators erforderlich wäre, welche durch die vorliegende Anordnung außerdem und mehr beiläufig erfüllt wird und ohne daß es erforderlich wäre, irgendwelche Teile der Anordnung in einem ungünstigen Sinne zu bemessen oder zu beeinflussen.

2. Vergleich mit dem normalen Motor mit ausgeprägten Polen.

Im Vergleich zu dem normalen Motor mit ausgeprägten Polen sind die vom Motor erfüllten Bedingungen zunächst wesentlich günstiger für den Anlauf, und sie werden auch noch sehr fühlbar günstiger für den normalen Betrieb des Motors. Der für die Erregerspulen zur Verfügung stehende Platz ist geringer, er ist aber ausreichend, weil ihre Stromwindungszahl viel kleiner sein darf, um nicht nur den Abfall der Charakteristik bei normalem Luftspalt zu verringern, sondern (Abb. 6) auch eine völlig stabile Charakteristik von Leerlauf bis Vollast zu erzielen. Die Ausnutzung wird damit sogar günstiger und die Erregerverluste im Betriebe werden selbst geringer als die an sich bereits mäßigen Verluste im normalen Motor mit einfach ausgeprägten Polen. Der Eisenquerschnitt für das Feld eines Pols bei Belastung ist hierbei gegeben durch die Summe eines Hauptkernes und eines Zwischenkernes, so daß der so gewonnene Platz für die Anordnung der auf den Zwischenkernen liegenden Kurzschlußspulen b mehr als ausreichend ist.

Es ist bekannt, daß anderseits die theoretische Überlastbarkeit eines Synchronmotors von der Größe der Stromwindungszahl der Erregung abhängt. Demgegenüber hat dieser Motor jedoch die Eigenschaft, daß sein Induktor wie beim synchronisierten Motor gleichzeitig im Betriebe einen Kurzschlußanker bildet, mit dem Stromkreise der Spulen a, welcher über die Erregermaschine kurzgeschlossen ist, und dem Stromkreise der Spulen b, welcher in sich kurzgeschlossen ist, so daß der Motor in der Lage ist, im Notfall während kurzer Zeit als Asynchronmotor arbeiten zu können. Die Folge ist, daß, wenn infolge eines zu starken Überlastungstoßes der Motor aus dem Tritt fällt, er nicht zum Stillstand kommt wie ein normaler Motor mit ausgeprägten Polen, sondern daß er selbsttätig wieder in den Tritt kommt, sobald die Belastung wieder auf die normale fällt.

Der zweite Stromkreis der Spulen b bildet dabei gleichzeitig einen sehr guten Dämpferkreis zur Aufhebung von Pendelbewegungen im Betriebe. Jede Belastungsänderung und jeder Belastungstoß, wodurch solche hervorgerufen werden können, bewirken vor allem eine starke Änderung des Teiles F'' (Abb. 5) des Gesamtfeldes F und somit gerade des Teiles, auf welchen die Dämpferwirkung der kurzgeschlossenen Spule b konzentriert ist.

Beim normalen Motor mit ausgeprägten Polen und einem als unvollkommenem Käfiganker ausgeführten Leblancschen Dämpfer erhält dieser bekanntlich des Anlassens wegen einen gewissen Widerstand, so daß seine Dämpferwirkung im Betriebe eine sehr mäßige wird. Dieses hat dann weiter zur Folge, daß näher dem Synchronismus das erreichbare Drehmoment weiter abnimmt, so daß der Motor nur bei einem sehr geringen entgegenstehenden Drehmoment in Tritt zu bringen ist.

Beim vorliegenden Motor kann auch gleichzeitig auf die Oberfläche des Induktors mit Vorteil eine Käfigwicklung gelegt werden. Der Widerstand dieser ist dann aber zweckmäßig wesentlich höher zu wählen, so daß sie lediglich im ersten Moment des Anlaufes, wo in den meisten Fällen infolge der ruhenden Reibung das erforderliche Drehmoment am größten ist, in Wirkung tritt. Bei zunehmender Drehzahl hingegen bewirkt der allmähliche Kurzschluß des Anlaßwiderstandes und des Stromkreises der Spulen b, daß auch in der Nähe des Synchronismus das Drehmoment noch ungefähr das normale und groß genug bleibt, um hiermit das selbsttätige Intrittkommen, d. h. Synchronisieren des Motors zu bewirken.

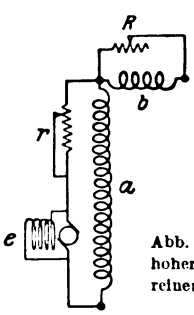


Abb. 8. Anlaufschema; Feldschwächung im Erregerkreise hoher Windungszahl (a) durch den begrenzten Widerstand r; reiner Anlaufwiderstand (R) im Kurzschlußstromkreis.

Sollen die Spulen als vorher fertig gewickelte Spulen ausgeführt werden, so bieten sich verschiedene konstruktive Ausführungen für den Induktor, um dieses in einfacher Weise zu ermöglichen. Man kann auch, um die Erregerspule a mit größerer Windungszahl ausführen zu können, d. h. für Erregermaschinen normaler Spannung und geringen Stroms, ohne daß in diesen Spulen beim Anlassen zu große Spannungen erzeugt werden, ähnlich wie bei normalen Motoren mit ausgeprägten Polen meist üblich ist, diesen Stromkreis a (Abb. 8) bereits im ersten Moment des Anlaufs über einen Widerstand r schließen, der genügend niedrig ist, um die Induktion einer zu großen Spannung im Stromkreise a zu vermeiden. In diesem Falle dient hauptsächlich der Widerstand R (Abb. 8) im Stromkreise der Spulen b als Anlaufwiderstand, der zunächst geöffnet sei und dann allmählich kurzgeschlossen wird. Die Vorgänge, die hierbei auftreten, wurden für normale synchronisierte Motoren mit glattem Induktor und in gleichmäßig verteilten Nuten

[2] S. Fußnote 1.
[3] Walker, London Elec. Times v. 8. XII. 1904 und El. World and Engineer v. 31. XII. 1904.

Digitized by Google

liegender zweiphasiger Wicklung mit Polschritt vom Verfasser früher[4] behandelt; sie bleiben im Prinzip dann auch für diese Motoren gleichartig.

3. Blindleistungsmaschinen.

Blindleistungsmaschinen sind dauernd leerlaufende übererregte Motoren, die zwecks Aufhebung von der Spannung nacheilenden Strömen im Netz oder zwecks Spannungsregelung zur Lieferung rein voreilender und regelbarer Ströme an das Netz dienen. Da diese Motoren dauernd leerlaufen, so hat die stabile Charakteristik, die sich durch Anordnungen wie nach Abb. 5 erzielen läßt, für solche Blindleistungsmaschinen keine Bedeutung. Anderseits ist es wichtig, daß diese Motoren in jedem Betriebszustande eine möglichst regelmäßige sinusförmige Spannungskurve erzeugen. Dieses ist bei Motoren mit ausgeprägten Polen infolge der starken und veränderlichen Ankerrückwirkung der rein voreilenden Ströme annähernd für alle Betriebszustände schwierig zu erreichen, zumal die Motoren als leerlaufend immer für hohe Drehzahlen und deshalb mit sehr großen Polteilungen ausgeführt werden. Besser haben sich deshalb für diese Zwecke Asynchronmotoren bewährt mit Erregung durch mehrphasige und regelbare Erregermaschinen.

Die gleiche Wirkung, d. h. die dort jeweilige Verteilung der Stromwindungen der Erregung über einen Teil des Umfangs des Induktors, ließe sich aber auch erzielen bei einem Synchronmotor mit glattem Induktor, auf dem die Stromwindungen der Gleichstromerregung dauernd über einen entsprechenden Teil des Umfanges in Nuten verteilt sind, in der Weise wie dies meistens bei zweipoligen Turbogeneratoren der Fall ist. Die Erregerwicklung ist hierbei im Prinzip wie die Spulen *a* der Abb. 4 anzuordnen, jedoch übertragen auf einen Induktor kleiner Polzahl und mit einer der größeren Polteilung entsprechend größeren Nutenzahl eines Pols. Die Spulen *b*, welche dann zum Anlassen bei Leerlauf und im Betriebe zur Abdämpfung von Pendelbewegungen, hervorgerufen durch Schwankungen der Netzfrequenz, dienen können, bieten in dieser Anordnung in denselben Nuten dann auch hier den Vorteil, Überkreuzungen beider Stromkreise zu vermeiden. Die zweckmäßige Verteilung der Spulen *a* der Erregerwicklung anderseits erlaubt, bei höherer Ausnutzung des Eisenquerschnitts und auch des Kupfergewichts die gleiche Vollkommenheit der Spannungskurve zu erzielen, wie dieses bei dem mehrphasig gewickelten Induktor des Asynchronmotors erreichbar ist. Auch in der Ausführung kommen hier alle konstruktiven Vorteile der einachsigen Anordnung der Erregerspulen auf jedem Pol zur Geltung, welche dieselben sind wie bei der bekannten Ausführung für Turbogeneratoren.

Was den Preis des neuen Motors anbelangt, so liegt er auf der gleichen Höhe wie beim normalen Synchronmotor mit ausgeprägten Polen, ist aber niedriger als der des normalen synchronisierten Motors und des normalen Asynchronmotors mit Schleifringen.

[4] Heyland, Rev. Gén. de l'El. Bd. 25. S. 769.

Die neuere Entwicklung der technischen Elektrochemie unter Bezugnahme auf große Anlagen für wässerige und schmelzflüssige Elektrolyse*.

Von Dr.-Ing. **Georg Eger**, Berlin.

Übersicht. Beschreibung des neuesten Standes der technischen Elektrochemie. Hervorhebung der erzielten oder angestrebten Höchstleistungen, z. B. Erzeugungsmenge, Erhöhung der Strombelastung der Bäder und der Stromdichten auf den Elektroden. Zwei Hauptverfahren: Verfahren mit Hilfe löslicher Anoden (Raffinationsverfahren) und Verfahren mit Hilfe unlöslicher Anoden. Verfahren mit Hilfe wässeriger Lösungen. Großkraftverbraucher der Verfahren der elektrolytischen Metallgewinnung: Kupferelektrolyse (Raffination) und Zinkelektrolyse (direkte Zinkgewinnung aus Erzen, u. zw. Anaconda-Verfahren und Taiton-Verfahren). Einzelheiten über beide Verfahren. Elektrolytische Gewinnung sonstiger Metalle: Edelmetalle, Zinn, Antimon, Chrom, Nickel, Kobalt, Mangan, Kadmium, Blei Eisen; Einzelheiten über die drei letzteren Metalle. Höchstleistungen der neuzeitlichen Galvanotechnik: Einführung des Fließfertigungsbetriebes und neuer Metalle zur Oberflächenveredelung (Chrom und Kadmium). Chloralkalielektrolyse, Wasserelektrolyse, elektrolytische Oxydations- und Reduktionsverfahren. Verfahren der Schmelzflußelektrolyse: vorwiegend Gewinnung von Leichtmetallen (Aluminium, Magnesium, Beryllium). Elektrotechnische Fragen: Stromerzeugung durch Motorgeneratoren, Einankerumformer oder Gleichrichter; Konstanz der elektrischen Energie; Energiepreis.

Wir können die elektrolytischen Verfahren ganz allgemein in zwei große Gruppen gliedern. Dies sind einmal die Verfahren, bei denen sich die Anode während des Stromdurchganges löst, und weiter die Verfahren mit Hilfe unlöslicher Anoden. Die erstere Gruppe von Verfahren (Abb. 1) umfaßt die technisch wichtigen Raffinationsverfahren. Im Falle der Kupferraffination werden Anoden mit etwa 97 ... 98 % Kupfergehalt, die man im Ofen vorraffiniert hat, zu Anodenplatten vergossen und in die Bäder gehängt. Unter der Wirkung des Stromes löst sich, wie die Abbildung anzudeuten versucht, das Kupfer der Anode und schneidet sich auf den gegenüberstehenden Kathodenblechen, den sog. Mutterblechen,

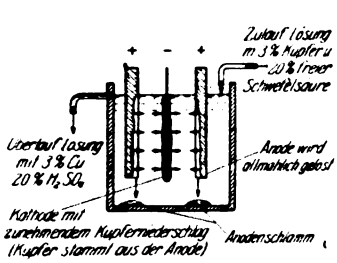


Abb. 1. Elektrolytische Metallgewinnung mit Hilfe löslicher Anoden (Raffinationsverfahren). Beispiel: Kupferraffination.

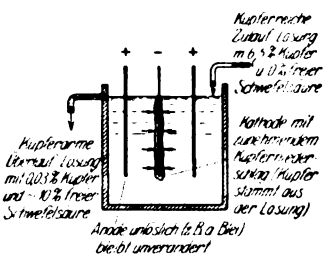


Abb. 2. Elektrolytische Metallgewinnung mit Hilfe unlöslicher Anoden. Beispiel: Entkupferung von Kupfersulfatlösung.

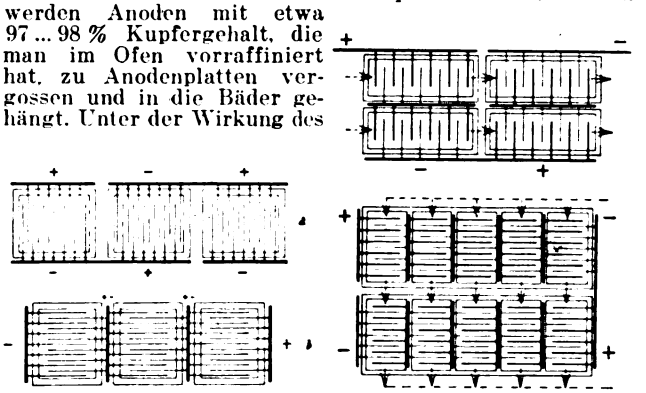


Abb. 3 u. 4. Schaltungsmöglichkeiten elektrolytischer Bäder.

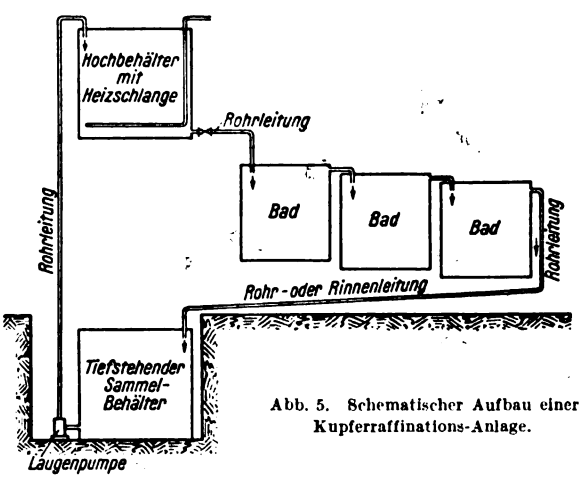


Abb. 5. Schematischer Aufbau einer Kupferraffinations-Anlage.

* Vortrag, gehalten im Pommerschen Elektrotechnischen Verein, Stettin, am 17. I. 1930.

Digitized by Google

die hier aus Kupfer bestehen, in Form eines festhaftenden Niederschlages ab, während die Verunreinigungen je nach ihrem elektrochemischen Verhalten teils als sogenannte Anodenschlämme auf den Boden der Bäder fallen, wo sie zeitweilig entfernt werden, teils in der Lösung, dem sogenannten Elektrolyten, gelöst bleiben. So reichert man

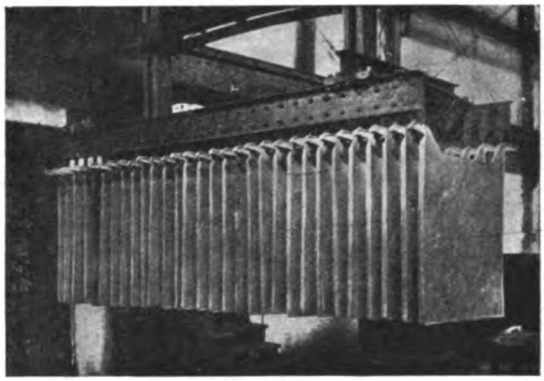


Abb. 6. Anodenbesetzung eines amerikanischen Kupferraffinationsbades vor dem Einhängen. Gegossene Anoden aus unreinem Rohkupfer (sog. Schwarzkupfer). Jede Anode liegt mit dem einen oberen angegossenen Ohr auf der Stromverteilungschiene des einen Badrandes, das andere Ohr ruht isoliert auf dem anderen Badrand.

bei der Kupferraffination sämtliche Edelmetalle, bei der Silberscheidung das Gold und Platin im Anodenschlamm an. Da im Falle löslicher Anoden die an der Kathode für die Abscheidung des Kathodenerzeugnisses geleistete Arbeit an der in Lösung gehenden Anode wieder gewonnen wird, ist vom elektrischen Strom hauptsächlich nur der

Abb. 7. Bäderhalle der Kupferraffinations-Anlage der United States Metals Refining Co. zu Carteret bei New York (vgl. Abb. 6).

ohmsche Widerstand im Elektrolyten und in den Elektroden sowie in deren Zuleitungen zu überwinden. Es arbeiten deshalb die Raffinationsbäder, von Ausnahmefällen abgesehen, mit der in elektrotechnischen Betrieben niedrigsten Badklemmenspannung, bei unseren Kupferraffinationsbädern beispielsweise mit 0,3 V je Bad. Es wird also der Elektrolyt, den man durch die Bäder zirkulieren läßt, ganz oder praktisch wenigstens in gewissen Grenzen in seiner Zusammensetzung unverändert bleiben.

Die weitere Gruppe von Verfahren sind die Verfahren mit Hilfe unlöslicher Anoden (Abb. 2). Da der durch das Bad fließende Strom an diesen Anoden kein Metall lösen kann, entnimmt er dasselbe dem Elektrolyten. In unserem Beispiel wird der Elektrolyt bei seinem Durchfluß

Abb. 8. Bäderhalle der Kupferraffinations-Anlage der Anaconda Copper Mining Co. zu Great Falls, Montana.

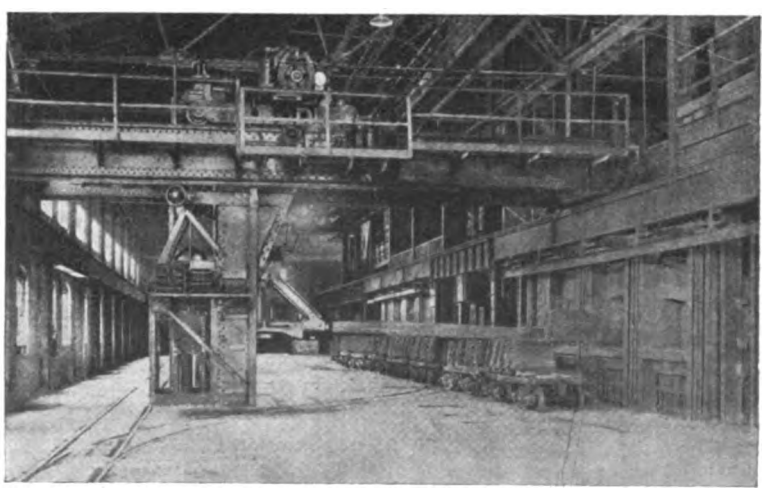


Abb. 9. Einsetzen der gewonnenen Elektrolytkupfer-Kathoden der Anlage Abb. 8 in die Umschmelzöfen. Rechts die Beschickungstüren der Öfen, davor in Stapeln die etwa 1 cm dicken Kathodenplatten.

Abb. 10. Gießen der Wirebars in der Anlage Abb. 8. Entgegengesetzte Seite der Kupferflammöfen Abb. 9. Vor der Abstichöffnung jedes Ofens (links) rotiert ein flacher Tisch (rechts) mit den Barrenformen. Diese werden dabei mit dem flüssigen Kupfer gefüllt. Der erstarrte Barren wird am anderen Tischende selbsttätig in Kühlwasser ausgekippt und aus dem letzteren durch eine Förderbahn ausgetragen.

Digitized by Google

durch die Bäder also immer kupferärmer. Hierbei wird die Kupfersulfatlösung ($CuSO_4$) zersetzt. Das Schwefelsäureanion SO_4'' geht dabei zur Anode, wo eine dem kathodisch abgeschiedenen Kupfer äquivalente Menge freier Schwefelsäure unter gleichzeitiger Entwicklung gasförmigen Sauerstoffes entsteht. Eine vorher schwefelsäurefreie Kupferlösung fließt also an Kupfer ärmer und an freier Schwefelsäure angereichert aus den Bädern ab. Da diese Verfahren zumeist in Verbindung mit der Laugung metallhaltiger Rohstoffe, z. B. Erzen, arbeiten, kann die Badlösung wieder zum Laugen neuen Rohstoffes dienen. Es ist nun vielfach eine besondere Aufgabe, bei diesen Verfahren für die unlöslichen Anoden geeignete Materialien zu finden. Die meisten Verfahren in schwefelsaurer Lösung haben Anoden aus Blei oder Bleilegierungen, Verfahren in salpetersaurer Lösung solche aus Magnetit, chemisch gesprochen Ferroferrioxyd (Fe_3O_4), Verfahren in alkalischen Lösungen Anoden aus Kohle usw.

Da an der unlöslichen Anode eine mehr oder minder große Polarisation auftritt und auch die sog. Zersetzungsspannung des Salzes, z. B. des Kupfervitriols, erreicht werden muß, arbeiten die Bäder dieses Verfahrens mit weit höheren Spannungen als die Raffinationsbäder. So haben solche Kupferbäder eine Klemmenspannung von 2 ... 2,5 V, die Bäder der heutigen Zinkelektrolysen eine solche von 3,5 ... 3,7 V usw. Die Spannung kann noch weiter steigen, wenn man zur Trennung der beiderseitigen Elektrodenerzeugnisse die Anoden- und Kathodenräume durch ein sogenanntes Diaphragma trennen muß.

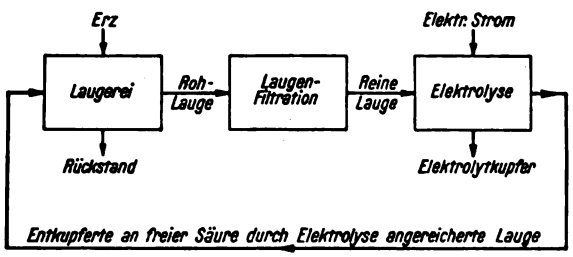


Abb. 11. Kupfergewinnung direkt aus Erzen durch Laugung der letzteren und Elektrolyse der erhaltenen Lösung.

Die Bäder der Praxis werden nun mit einer mehr oder minder großen Anzahl Anoden bzw. Kathoden gebaut, deren Größe sich nach der Strombelastung der Bäder und gewissen Bedingungen des Betriebes wie Handlichkeit der Elektroden usw. richtet. Die Anoden und Kathoden jedes Bades werden unter sich parallel geschaltet, d. h. in der

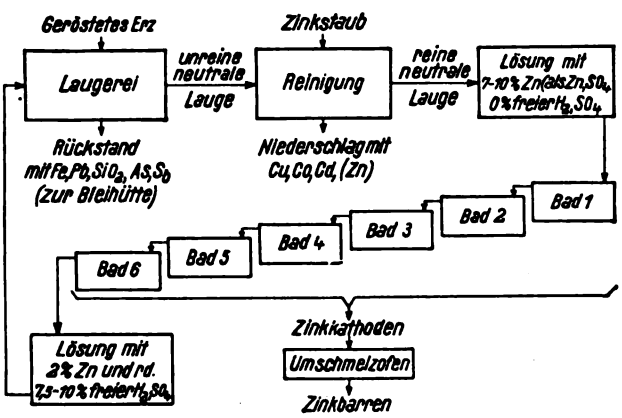


Abb. 12. Elektrolytzinkgewinnung nach dem Anaconda-Verfahren (niedrige Säuregehalte beim Laugen und niedrige Stromdichten bei der Elektrolyse). Bäder kaskadenförmig angeordnet (vgl. Abb. 14).

sogenannten Multiplenschaltung angeordnet und mit der längs der Badränder laufenden positiven bzw. negativen Hauptstromschiene verbunden. Um auf technisch zweckmäßige Spannungen in den Gleichstromgeneratoren zu kommen, wird dann eine mehr oder minder große Anzahl Bäder elektrisch hintereinandergeschaltet.

Die heutigen Bestrebungen laufen darauf hinaus, einerseits aus wirtschaftlichen Gründen die Anlagekosten durch Erhöhung der Strombelastung der Bäder, d. h. größere Badeinheiten und Einführung möglichst hoher Stromdichten auf den Elektroden zu verringern. Dabei verstehen wir unter Stromdichte die Strombelastung in Ampere je Flächeneinheit der wirksamen Elektrodenoberfläche. Ferner ist man fallweise bestrebt, durch Hintereinanderschaltung möglichst vieler Badeinheiten zu billigerer Gleichstromerzeugung zu gelangen. Diese für die Metallelektrolyse dargelegten Gesichtspunkte gelten sinngemäß auch für die anderen elektrolytischen Verfahren. Die Bäder selbst kann man je nach den Erfordernissen des Betriebes in verschiedener Weise anordnen, wovon Abb. 3 und 4 ein Beispiel geben.

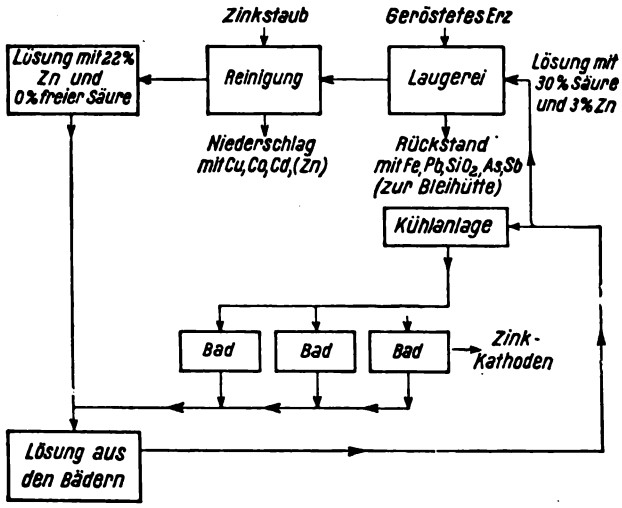


Abb. 13. Elektrolytzinkgewinnung nach dem Tainton-Verfahren (hohe Säuregehalte beim Laugen und hohe Stromdichten bei der Elektrolyse). Bäder in gleicher Höhe angeordnet (vgl. Abb. 18 u. 19).

Unter den Elektrolysen der Metalle stehen die Verfahren zur Gewinnung des Kupfers und des Zinkes als größte Energieverbraucher der wäßrigen Metallelektrolysen an erster Stelle. Insbesondere war es das Kupfer, das von der Elektrotechnik in der bekannten hohen Reinheit verlangt wird, bei dessen Raffination Elkington schon in den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts die Dynamomaschine bald nach ihrer Erfindung als betriebsmäßige Stromquelle verwandte. Dies war der erste elektrolytische Großbetrieb. Abb. 5 zeigt das Schema dieses Verfahrens. Es stehen eine Anzahl Bäder in Kaskadenform und werden von einer auf etwa 55 ... 65 ° gehaltenen schwefelsauren Kupferlösung durchflossen. Das

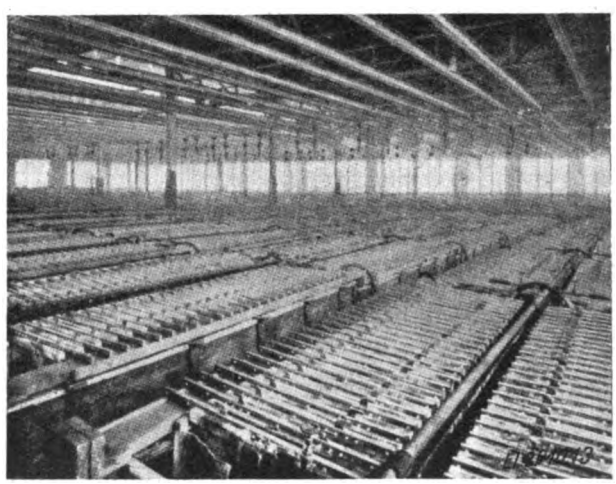


Abb. 14. Bäderhalle der Elektrolytzink-Anlage der Anaconda Copper Mining Co. zu Great Falls, Montana.

Hauptgebiet des Verfahrens sind die V. S. Amerika, das Hauptkupferland der Erde. Hier sind die Bäder heute bis zur Größe von 10 ... 11 000 A je Bad angelangt. Bei einer schon erwähnten Klemmenspannung von 0,3 V beträgt der Energieverbrauch, Umformungsverluste eingerechnet, durchschnittlich 400 kWh/t Kupfer. Die Badstromstärke von 10 ... 11 000 A stellt heute aus betriebstechnischen Gründen etwa die übliche obere Grenze dar. Abb. 6 zeigt die Anodenbesetzung eines solchen amerikanischen Raffinationsbades, u. zw. der Anlage der United States Metals Refining Co. zu Carteret bei New York, die ich Ende des Jahres 1928 besuchte; in Abb. 7 sieht man einen Ausschnitt aus der Bäderanlage selbst. Die 1770 Bäder dieser Anlage sind zu Blöcken von 17 ... 19 Stück zusam-

Digitized by Google

mengefaßt und zwei Blöcke zu einer Laugendurchlaufkaskade vereinigt. Diese Art der Gruppenschaltung, das sog. Walker-System, das schon das untere Schaltbild der Abb. 4 zeigte, ist heute in der Mehrzahl dieser Anlagen zu finden. Abb. 8 zeigt die Bäderhalle der Anlage der Anaconda Copper Mining Co. zu Great Falls in Montana. Sie

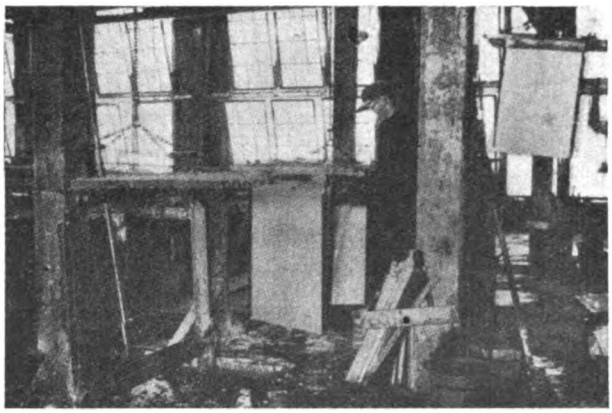


Abb. 15. Abziehen der elektrolytisch gewonnenen, etwa 3 mm dicken Zinkniederschläge von den Aluminiumkathoden der Zinkbäder.

enthält 1530 Bäder zu je 10 000 A, die hier ausnahmsweise als Doppelbäder angeordnet sind. Die fertigen Kathoden werden etwa alle 10 Tage ausgewechselt, gewöhnlich stapelweise in einen Kupferflammofen eingesetzt (Abb. 9) und mit Hilfe besonderer Gießmaschinen (Abb. 10) zu Drahtbarren, sog. Wire-Bars, vergossen, sofern man nicht in Sonderfällen die Kathoden zerkleinert und die Stücke bei der Herstellung von Legierungen unmittelbar einschmilzt, wie es beispielsweise zum großen Teil die deutsche Firma Berg, Werdohl, mit dem Kupfer ihrer dortigen Elektrolyse tut.

Zahlentafel 1. Amerikanische Elektrolytkupferanlagen 1925. Erzeugung in Tonnen.

American Smelting & Refining Co. .	Baltimore, Md.	326 500
American Smelting & Refining Co. .	Maurer, N. J.	108 800
American Smelting & Refining Co. .	Tacoma, Wash.	92 510
Anaconda Copper Mining Co.	Great Falls, Mont.	95 230
British America Nickel Corp.	Deschenes, Que.	3 628
Consolidated Mining & Smelting Co.	Trail, D. C.	22 670
Nichols Copper Co.	Laurel Hill, N.Y.	226 700
Raritan Copper Works	Perth Amboy, N. J.	217 600
U. S. Metals Refining Co.	Carteret, N. J.	163 200
		1 256 838

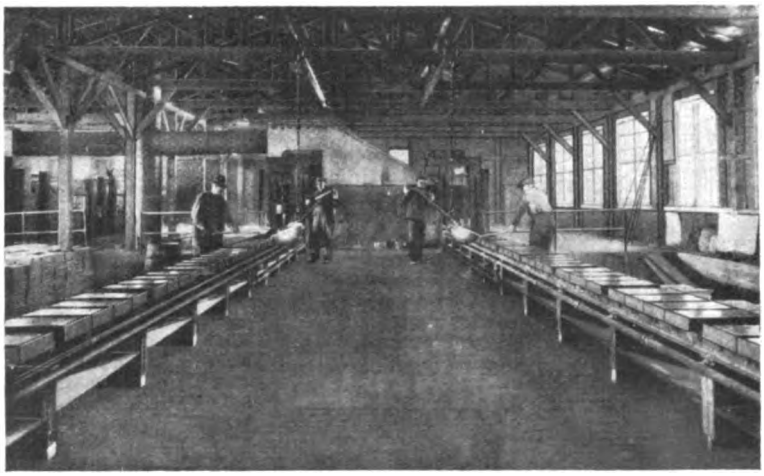


Abb. 16. Gießen des umgeschmolzenen Elektrolytzinks zu Barren in der Anlage der Anaconda Copper Mining Co.

Zahlentafel 1 gibt die Elektrolytkupfer-Erzeugung der einzelnen Anlagen Nordamerikas an. Diese Erzeugung betrug 1925 bereits rd. 1,26 Mill. t im Jahr, was einem jährlichen Energieverbrauch von rd. 500 Mill kWh oder rd. 57 500 installierten kW entspricht. Die Elektrolytkupfer-Erzeugung Deutschlands tritt demgegenüber zurück. Sie beträgt nur etwa 6 % der amerikanischen und dürfte also rd. 30 Mill kWh im Jahre benötigen. Die größten Bäder der deutschen Anlagen haben 7000 A. Als jüngste deutsche Kupferraffinations-Anlage wird im Laufe dieses Jahres die zur Zeit im Bau befindliche Anlage der Zinnwerke Wilhelmsburg zu Harburg-Wilhelmsburg bei Hamburg den Betrieb aufnehmen. Diese Anlage ist für eine Erzeugung von 50 t Kupfer unter einer Erweiterungsmöglichkeit auf die dreifache Erzeugung vorgesehen und wird zur Zeit in ihrem elektrolytischen Teil von der Firma Siemens & Halske AG. ausgebaut. Ich habe für diese Anlage in Anlehnung an die amerikanischen Betriebe Badgrößen von 10 000 A gewählt, welche somit die größten Kupferbäder ihrer Art in Deutschland darstellen werden.

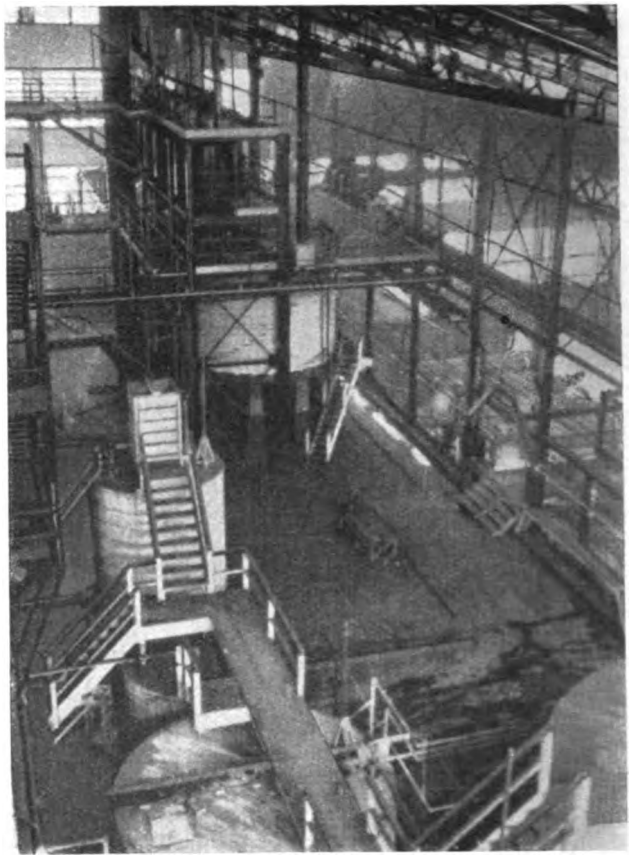


Abb. 17. Elektrolytzinkanlage nach dem Tainton-Verfahren der Bunker Hill and Sullivan Mining and Concentrating Co. zu Kellogg, Idaho. Teilansicht der Laugerei mit Laugenfilterung.

Dem Raffinationsbetrieb gegenüber tritt beim Kupfer das Arbeiten mit unlöslichen Anoden zurück. An sich ist es möglich, gewisse Kupfererze nach Art des Schemas Abb. 11 auszulaugen und die vom Laugungsrückstand abfiltrierte Lösung elektrolytisch zu entkupfern. Da das Verfahren jedoch geeignete Erze verlangt, ist eine solche Anlage, welche die Chile Exploration Co. vor 11 Jahren für die Erzeugung von 150 t Kupfer/Tag erbaute und 1924 auf die doppelte Leistung erweiterte, die größte Anlage dieser Art geblieben. Auch ihre Badgröße beträgt 10 000 A. Ferner ist die Entkupferung gewisser Abwässer möglich. So werden heute schon an verschiedenen Stellen die Ablaugen der Kunstseidebetriebe, die nach dem Kupferoxyd-Ammoniak-Verfahren arbeiten, in Anlagen entkupfert, deren Höchstleistung einer täglichen Kupfermenge von etwa 1000 kg entspricht. Die Klemmenspannung solcher Kupferbäder beträgt 2 ... 2,5 V, der Energieverbrauch im Gegensatz zur Raffination etwa 3000 kWh/t Kupfer.

Als nächster Großkraftverbraucher schließt sich die Zinkelektrolyse an. Hierbei handelt es sich heute

Digitized by Google

ausschließlich um Bäder mit unlöslichen Anoden, in denen zumeist Zinksulfatlösungen von der Laugung von Zinkerzen entzinkt werden. Die Gewinnung des Zinkes hat eine der interessantesten Entwicklungen der ganzen technischen Elektrochemie durchgemacht. Diese Entwicklung erstreckt sich auf einen Zeitraum von etwa 5 Jahrzehnten und ist in Deutschland u. a. an die Arbeiten der Siemens & Halske AG. geknüpft.

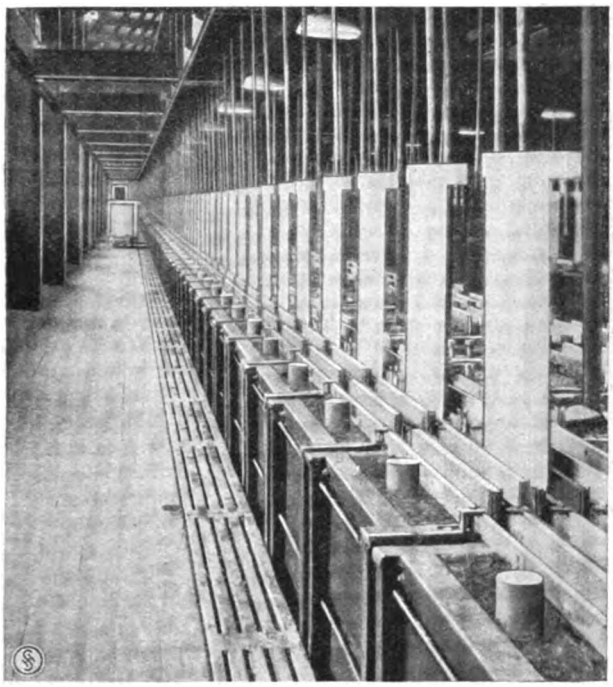


Abb. 18. Bäderhalle der Tainton-Anlage Abb. 17. Blick auf die äußerste Bäderreihe. Aus jedem Bade ist je eine Kathode zum Zwecke des Auswechselns bzw. Abziehens des Zinkniederschlags hochgezogen. Bäder in gemeinsamer Höhe angeordnet.

Gegen Anfang dieses Jahrhunderts kam man schließlich zur Erkenntnis, daß die Gewinnung massiver Zinkkathoden an eine so weitgehende Vorreinigung des Elektrolyten von fremden Schwermetallen vor der Elektrolyse geknüpft ist, wie es auch heute kein anderes Verfahren der technischen Metallelektrolyse kennt. So kam es, daß die Zinkelektrolyse mit einem umfangreichen Laugerei- und Laugenreinigungsbetrieb verknüpft ist, der in bezug auf Flächenraum etwa den gleichen Umfang wie die Elektrolyse selbst hat. — Die deutschen Pionierarbeiten waren bis zur Übertragung in den Betrieb gediehen, als sie durch den Krieg unterbrochen wurden. Inzwischen griffen während des Krieges die Amerikaner in großzügigster Weise, zum Teil auf europäischen Arbeiten fußend, zum Teil unter Einbringung eigener Ideen, diese Arbeiten auf, die bis heute z. B. bei der Anaconda Copper Mining Co. in ihren beiden Anlagen zu Anaconda und Great Falls in Montana zu einer Erzeugung von nicht weniger als insgesamt 456 t Zink/Tag geführt haben. Nach dem Kriege wandte man sich auch in Europa der Zinkelektrolyse wieder zu, wobei man sich in apparativer Hinsicht an die inzwischen entstandenen amerikanischen Vorbilder anlehnte.

Ganz allgemein arbeitet man heute bei der Zinkelektrolyse mit schwefelsauren Lösungen. Die Zinkerze, in denen das Zink zumeist als Schwefelzink vorkommt, müssen deshalb abgeröstet und das Zink in Zinkoxyd übergeführt werden. Daneben dienen in einigen europäischen Anlagen, besonders Oberschlesiens, auch hüttenmännisch dargestellte Zwischenerzeugnisse, sogenannte Wälzoxyde, als Rohstoffe für die Zinkelektrolyse.

Wir unterscheiden beim Zink heute zwei Verfahren. Dies ist einmal das bisher zumeist übliche Verfahren, nach den erwähnten amerikanischen Arbeiten vielfach auch Anaconda-Verfahren genannt (Abb. 12), das mit Lösungen bis zu 10 % freier Schwefelsäure beim Laugen und mit Stromdichten bis zu 350 A/m² in den elektrolytischen Bädern arbeitet. Daneben hat in neuerer Zeit das nach seinem Erfinder genannte Tainton-Verfahren eine gewisse Bedeutung erlangt, das durch stark saure Lösungen, bis zu 30 % Säure beim Laugen, und hohe Stromdichten, etwa 1100 A/m², gekennzeichnet ist (Abb. 13). Ohne auf die beiderseitigen Gründe für die Wahl dieser Werte und auf den an sich immerhin etwas verwickelten Laugerei-

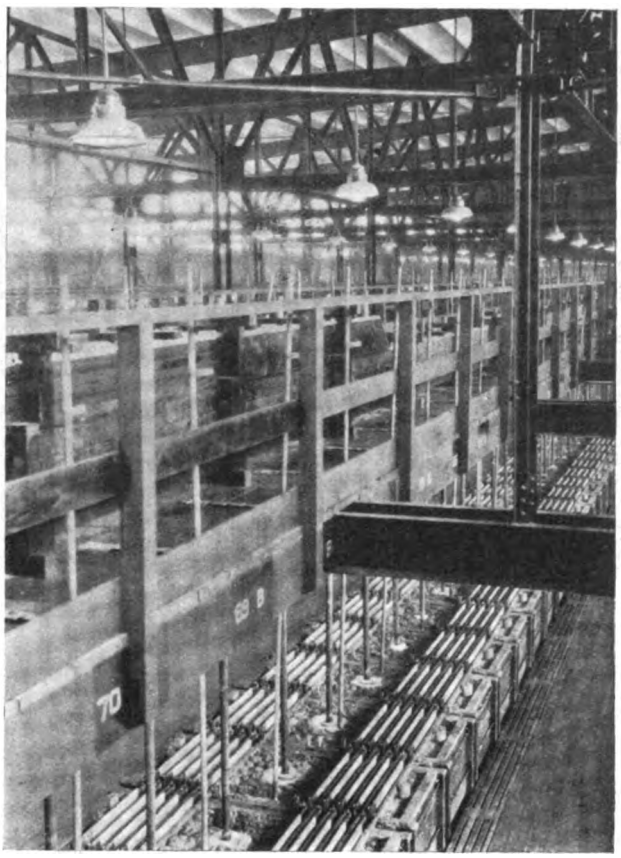


Abb. 19. Teilansicht der Bäderhalle der Tainton-Anlage Abb. 18. Blick vom oberen Bedienungsgang auf eine Bäderreihe.

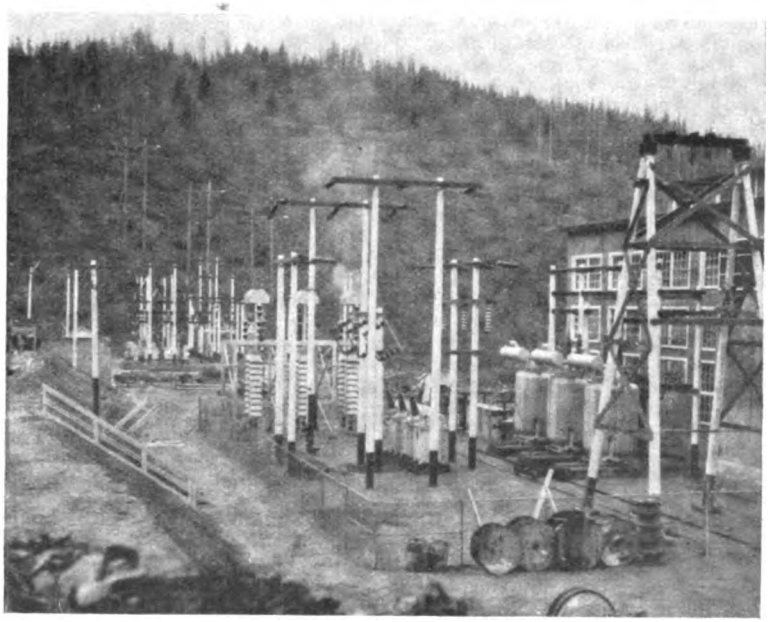


Abb. 20. Tainton-Zinkelektrolyse zu Kellogg (Idaho). Umspannwerk zur Umformung des hochgespannten Überlandstromes.

Digitized by Google

und Laugenreinigungsbetrieb einzugehen, möchte ich meine Ausführungen nur durch Abb. 14 belegen, die einen Blick in die Bäderhalle der Anaconda Copper Mining Co. zu Great Falls zeigt. Es wird das Zink auf Aluminiumka-

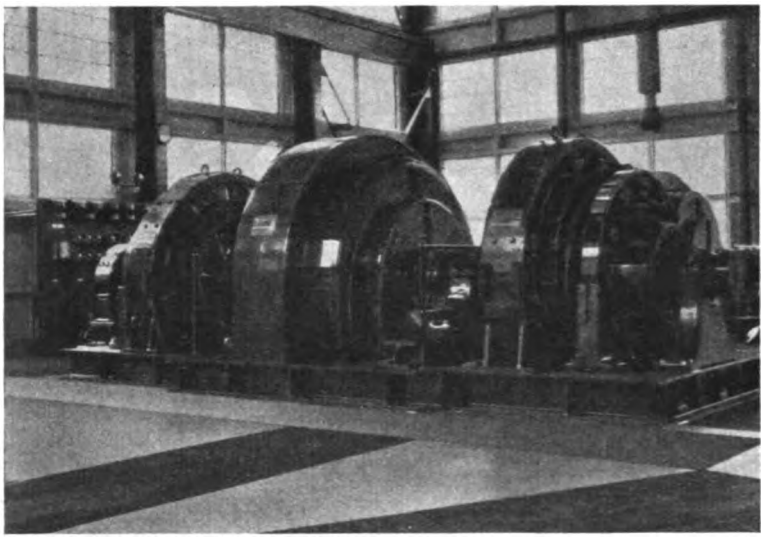


Abb. 21. Tainton-Zinkelektrolyse zu Kellogg (Idaho). Maschinenhaus mit Motorgenerator für die Elektrolyse.

thoden niedergeschlagen, der Niederschlag alle 24 oder 48 h außerhalb der Bäder abgezogen (Abb. 15), im Ofen eingeschmolzen und zu Zinkbarren vergossen (Abb. 16).

Als weiteres Beispiel möchte ich noch einige eigene Aufnahmen von der Tainton-Elektrolyse zu Kellogg im nordamerikanischen Staate Idaho bringen, die im Herbst 1928 in Betrieb kam. Abb. 17 zeigt die Laugerei, Abb. 18 und Abb. 19 die Elektrolysenhalle, in welcher 300 Bäder zu je 8000 A stehen. In Abb. 20 ist das Umspannwerk der Anlage zur Umformung des hochgespannten Überlandstromes dargestellt, in Abb. 21 die Maschinenhalle mit einem der beiden gleichstromerzeugenden Motorgeneratoren. Der Antriebsmotor trägt beiderseits Generatoren für je 4000 A, die parallel arbeiten und eine Höchstspannung von je 500 V haben. Es sind also in dieser Anlage je 150 Bäder zu einem Stromkreis vereinigt.

Bei einer Klemmenspannung des Bades von 3,5 ... 3,7 V und einer Stromausbeute von etwa 90 % ihres theoretischen Wertes werden je Tonne Zink etwa 4500 ... 4700 kWh benötigt. Bei einem Preis des Zinks von heute nur rd. 35 Pf/kg kann man natürlich nur mit billigem Strom arbeiten. So sind die ausländischen Zinkelektrolysen größtenteils Wasserkräften angegliedert, die diesen Anlagen den hochgespannten Drehstrom z. B. in Amerika zu einem Preise von durchschnittlich 0,4 Cents, also rd. 1,7 Pf/kWh zuführen. Die elektrolytische Zinkerzeugung, von der man eigentlich erst von 1915 an reden kann, hat heute einen solchen Umfang erreicht, daß gegenwärtig schon etwa 21% alles auf der Welt erzeugten Zinks nach diesem Verfahren hergestellt werden und für die nächsten Jahre eine Steigerung auf 30 % erwartet wird. Abb. 22 zeigt die Entwicklung der Erzeugung, die mit den amerikanischen Arbeiten im Jahre 1915 beginnt. Bei einer Elektrolytzink-Erzeugung von rd. 300 000 t im Jahre oder rd. 822 t im Tag, wovon die Hälfte allein auf die Anaconda-Betriebe in Montana entfällt, werden also im Jahr 1350 Mill kWh verbraucht, was 153 000 installierten kW entspricht. Hiervon kommen auf Europa nur etwa 57 000 Jahrestonnen und insbesondere hat Deutschland zur Zeit nur kleinere Probeanlagen von der Größenordnung von einigen Tonnen Tageserzeugung. Abb. 23 zeigt die Bäder einer solchen deutschen Probeanlage, u. zw. während ihres Baues. Der Motorgenerator dieser Anlage liefert bei einer Leistung von 400 kW,

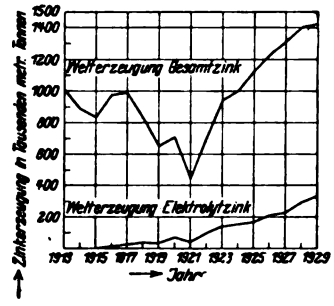


Abb. 22. Gesamt-Zinkerzeugung und Elektrolytzink-Erzeugung in den Jahren 1913 ... 1929.

935 U/min sowie einer regelbaren Spannung von 5 ... 48 V eine Stromstärke von 8000 A. Daß aber auch hier, u. zw. durch die Bergwerksgesellschaft Georg von Giesche's Er-

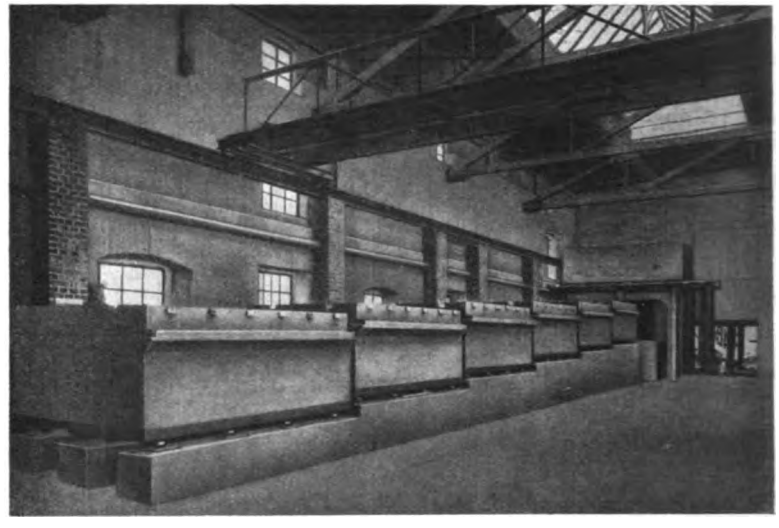


Abb. 23. Deutsche Probeanlage zur Elektrolytzink-Gewinnung. Tagesleistung rd. 2 t Elektrolytzink. Anlage während des Baues 1927.

ben, der Bau einer großen Zinkelektrolyse für 100 ... 150 Tagestonnen Zink in der Nähe von Magdeburg beschlossen ist, dürfte vielleicht schon aus Zeitungsnachrichten bekannt sein.

(Schluß folgt.)

Fortschritte in der Automobilbeleuchtung in Amerika[1].

Der Hauptfortschritt im Automobilbeleuchtungswesen Amerikas bestand in der Abschaffung der Fokusiereinrichtungen[2] für die zwei wichtigen Automobilarten Chevrolet und Overland Whippet, die früher eine, teilweise sogar zwei Regelungseinrichtungen besaßen. Die Glühlampenindustrie ist heute in der Lage, Präzisionslampen herzustellen; auch sind erhebliche Fortschritte in der Herstellung der Automobilscheinwerfer selbst gemacht, vor allem in bezug auf Stabilität der Spiegelfläche, des Gehäuses, der Befestigungseinrichtung usw. Der Überblick über die Jahreslieferungen in Automobillampen zeigt ferner deutlich einen Mehrverbrauch an lichtstärkeren Lampensorten von etwa 35 HK. Allerdings ist in vielen Staaten Amerikas die Höchstgrenze noch auf etwa 23 HK festgesetzt. Doch ist zu erwarten, daß auch hier bald eine Heraufsetzung der Lichtstärke erfolgt. *F. Bn.*

[1] Gen. El. Rev. Bd. 33, S. 66. Vgl. a. ETZ 1927, S. 978.
[2] In einigen europäischen Ländern ist die Fokusiereinrichtung bereits verboten. (D. Ber.)

Digitized by Google

Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft.

I. Vorwort.

Von Dr.-Ing. W. Estorff, Berlin.

Die Einführung der „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft“[1] durch den Verband Deutscher Elektrotechniker diente dem Zweck, die Spannungsmessung mit Funkenstrecken zum Gebrauch für die Praxis auf eine einheitliche Grundlage zu stellen. Die Tafeln der Überschlagspannungen in Abhängigkeit von der Schlagweite sind für Kugelelektroden verschiedener genormter Durchmesser an Hand der Peekschen Formel berechnet. Ihrem Aufbau nach ist diese Formel nicht dazu geeignet, die verwickelten Vorgänge des Durchbruchs der Luft zwischen den Elektroden bis in die letzten Feinheiten zu erfassen. Dementsprechend findet man bei genauen Messungen, bei denen zur Nacheichung ein und derselben Spannung je zwei Kugelfunkenstrecken von verschiedenem Kugeldurchmesser verwendet werden, gewisse Unstimmigkeiten in den ermittelten Spannungswerten.

Der mit der Normung der Kugelfunkenstrecke betraute Ausschuß des VDE war sich dieser Tatsache durchaus bewußt, ferner daß die auf dieser Grundlage festgelegten Normen nicht in völligem Einklang mit den durch Versuch ermittelten Meßwerten einer Reihe von Forschern stehen. Allein diese Meßwerte zeigen untereinander gewisse durch die Verschiedenheit der Versuchsbedingungen zu erklärende Unterschiede, die sie als Unterlage zur Aufstellung von Eichtabellen ungeeignet erscheinen ließen, da ihnen ein wünschenswerter gesetzmäßiger innerer Zusammenhang fehlte. Gegenüber einer derartigen Zusammenstellung rein empirischer Werte bot der Aufbau der Eichtabellen auf der Peekschen Formel den Vorzug eines in sich geschlossenen gesetzmäßigen Gefüges. Die Tafeln sollten weniger dazu bestimmt sein, als Unterlagen für Messungen wissenschaftlichen Charakters zu dienen, als die für die Hochspannungstechnik dringend erforderliche Einheitlichkeit des Meßverfahrens und der Eichwerte selbst zu schaffen. Die Vorteile dieser Vereinheitlichung wurden durch Verzicht auf größere Genauigkeit der Messungen erkauft.

Die Regeln für die Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft sollen auch weiterhin so lange als Norm dienen, bis bessere Unterlagen zur Verfügung stehen werden, die eine innere Geschlossenheit mit einer höheren Genauigkeit verbinden.

Einer Anregung der Internationalen Elektrotechnischen Commission (IEC) folgend, hat das Deutsche Kommittee der IEC sich bemüht, in diesem Sinne zu wirken und die Herren Prof. Dr. Max. Toepler, Dresden, und Dr.-Ing. S. Franck, Freiberg i. Sa., gebeten, zu dieser Frage auf Grund ihrer eigenen Arbeiten Stellung zu nehmen. Die Beiträge beider Bearbeiter sind nachstehend wiedergegeben. Herrn Prof. Toepler und Herrn Dr. Franck sei an dieser Stelle für ihre Mühe gedankt. Hervorzuheben ist, daß beide Arbeiten die VDE-Regeln für die Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft zunächst nicht berühren, sondern als Vorarbeiten für eine spätere Neubearbeitung der Regeln aufzufassen sind.

[1] Gültig ab 1. VII. 1926.

II. Zur Spannungsmessung aus Funkenbildung zwischen Kugeln.

Von Max. Toepler, Dresden.

Übersicht. Es wird angegeben, in welcher Hinsicht man eine Ergänzung des Toepler-Peekschen Formeltyps vorzunehmen hätte. Die geringe Übereinstimmung der bisherigen Messungen wird vornehmlich einer ungenügenden Ausdehnung des Schutzraumes, besonders gegen sprühende Zuleitungen, zugeschrieben und erneut die Anwendung von Käfigen um den Schlagraum empfohlen.

A.

Das Einsetzen irgendwelcher leuchtender Entladung zwischen zwei Kugeln erfolgt unter plötzlicher Spannungssenkung. Zum Entstehen eines solchen Durchbruchs ist ein Vorprozeß nötig; dieser hat wohl den Charakter einer Strömung. Ohne Eingehen auf spezielle ionentheoretische Vorstellungen für diesen Vorprozeß, wie z. B. die Ausbildung einer Ionenwolke, Elektronenlawine oder dgl., habe ich als Durchbruchsbedingung das Überschreiten einer Mindestfeldstärke innerhalb eines Raumes von genügender Breite und vor allem von genügender Tiefe vor der Elektrode angenommen[1]. Im homogenen Felde ist bei Atmosphärendruck diese Breite auf etwa $^1/_{25}$ mm², die Tiefe auf etwa 5 cm zu veranschlagen. Innerhalb dieses Wirkungsraumes muß eine genügende, d. h. die normale Feldstärke erreicht werden. Es ist dies der Grenzwert der Feldstärke zwischen Platten bei großem Plattenabstande (Stammglied aller Formeln für die Funkenspannung). Bei kleinen Plattenabständen ist die ungenügende Längsausdehnung durch eine Erhöhung der Feldstärke im Wirkungsgebiet über den normalen Wert hinaus zu kompensieren (erste Korrektion[2]).

Bei Kugelelektroden kann die nötige Feldtiefe in doppelter Weise beschränkt sein: einmal durch zu kleinen Abstand der Elektroden voneinander (1. Korrektion), dann durch das Auseinanderspreizen der Feldlinien (2. Korrektion). An ganz feinen Spitzen kann schließlich auch die Feldbreite ungenügend werden (3. Korrektion).

Die meist in den Vordergrund geschobene Feldstärke an der Elektrodenoberfläche ist nach meiner Meinung nicht das primär Entscheidende. Natürlich aber wird die den Durchbruch bedingende Feldverteilung im Raume vor den Elektroden jeweils eine bestimmte Feldstärke an der Elektrode als sekundäre Begleiterscheinung veranlassen.

Die von mir[3] für die Anfangspannung A in kV bei s [cm] Schlagweite aufgestellte Formel (bezogen auf 76 cm Hg und 20 °, als Luftdichte $\delta = 1$)

$$A = 29{,}1 \cdot \left(1 + \frac{^2/_3}{\sqrt{D}}\right) \cdot D \cdot \left[\frac{s}{D} \cdot \frac{1}{f}\right] \cdot \delta$$

berücksichtigte die damals an Kugeln bekannten Messungen, d. h. Durchmesser D bis 6 cm. Sie gibt als Feldstärke R_m an der Kugelelektrode

$$R_m = 29{,}1 \cdot \left(1 + \frac{^2/_3}{\sqrt{D}}\right);$$

die Klammergröße neben dem Stammgliede berücksichtigt nur die Wirkung der zweiten Korrektion auf die Feldstärke an der Elektrode. Das gleiche gilt für die bekannte, in Deutschland vom VDE der Normung zugrunde gelegte, später von Peek aufgestellte Formel[4]:

$$A = 27{,}75 \cdot \left(1 + \frac{0{,}757}{\sqrt{\delta D}}\right) \cdot D \cdot \left[\frac{s}{D} \cdot \frac{1}{f}\right] \cdot \delta,$$

deren Konstanten sich einem erweiterten Meßbereiche besser anschmiegen (s/D von 0,1 bis 0,7, D von 5 cm bis 75 cm).

Nach meiner eingangs angegebenen Auffassung bedarf der von mir und Peek gewählte Formeltyp noch mehrerer Ergänzungen, deren Charakter leicht zu überblicken ist. Die Größe $\left(1 + \frac{^2/_3}{\sqrt{D}}\right)$ ist wohl nur ein Stück einer Reihenentwicklung nach fallenden D. Statt der Feldstärke an der Elektrode müßte man diejenige vor derselben einführen, vielleicht, indem man statt s etwa $\left(s - \frac{1}{50}\sqrt{\frac{s}{D}}\right)$ für nicht zu kleine Werte s einsetzt. In beiden Formeln fehlt noch die erste Korrektion, infolgedessen versagen sie für kleine Schlagweiten s.

In beiden Formeln ist ferner die 3. Korrektion noch gar nicht berücksichtigt (wesentlich nur für sehr kleine Werte von D).

[1] Vgl. M. Toepler, ETZ 1907, S. 998 u. 1025.

[2] Angaben hierfür findet man bei W. O. Schumann, Elektrische Durchbruchfeldstärke von Gasen. Verlag Julius Springer, Berlin 1923.

[3] M. Toepler, Ann. Phys. Bd. 7, S. 489 (1902).

[4] Vgl. Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft, ETZ 1926, S. 594 u. 863.

Digitized by Google

B.

Für den Bereich hinsichtlich s/D von 0,1 bis 0.7 und bezüglich D zwischen 5 und 75 cm genügte zur Zeit der Normung die Peeksche Formel, wenn man eine größte Fehlerspanne von ± 2 % als zulässig ansah. Alles deutet darauf hin, daß eine weitere Anschmiegung innerhalb dieses Meßbereiches oder gar über diesen hinaus nicht allein durch Konstantenänderung zu erreichen ist. Man müßte die Formel prinzipiell wohl in dem aus Abschnitt A hervorgehenden Sinne umbauen. Weder innerhalb des bisher genormten Meßbereiches, noch außerhalb desselben dürfte jedoch die bisher erreichte Meßgenauigkeit hinreichend groß sein, um schon heute an eine Ergänzung im genannten Sinne heranzutreten.

Die großen Unterschiede der Meßergebnisse verschiedener Beobachter vor und nach der Normung können nicht auf eine einfache Streuung der Meßwerte zurückgeführt werden; denn am gleichen Orte zu benachbarten Zeiten mißt man mit gleicher Anordnung Werte, die kaum um tausendstel streuen. Es müssen also auch unberücksichtigte, aber wesentliche Einflüsse neben den heute meist berücksichtigten, wie Luftdruck, Temperatur und auch Beleuchtung, wirksam sein. Es ist zunächst besonders für den Fall einpoliger Erdung zu vermuten, daß der Schutzbereich für die Feldgestaltung im Schlagraume, innerhalb dessen Fremdkörper dem Schlagraume fernbleiben müssen, in den VDE-Vorschriften zu klein gewählt worden ist. Wesentlicher dürfte ein noch viel weiter wirkender, bisher sicher meist ganz unberücksichtigter Einfluß sein, auf den hier besonders aufmerksam gemacht sei. Die Peeksche Formel gibt Anfangspannungen wieder, nicht aber Glimmgrenzspannungen. Wiederholt habe ich darauf hingewiesen, daß sprühende Zuleitungen, Spitzen oder dgl. auch schon in großem Abstande die Glimmentladung begünstigen. Für große Werte s/D tritt derart schon vorzeitig Glimmen ein, und die Funkenspannung, welche jetzt mit der Glimmgrenzspannung zusammenfällt, liegt über den Peekschen Formelwerten, welche ja die Anfangspannung wiedergeben.

Von mir kürzlich im Versuchsfelde Hermsdorf der Hescho angestellte Versuche haben nun weiter gezeigt, daß sprühende Drähte, auch ohne daß sie sichtbares Glimmen veranlassen, doch die Funkenspannung stark erhöhen können. Die Ursache hierzu ist offenbar die Ausbildung von Raumladungswolken im Schlagraume. Bei 50 Hz zwischen 25 cm-Kugeln ergab z. B.

1. ein am Rande der vom VDE vorgeschriebenen Schutzzone (genauer im Zentralabstande 60 cm) parallel zur Funkenachse gespannter 0,8 mm starker sprühender Draht bei einpoliger Erdung und Spannungen von etwa 230 kV max. eine Heraufsetzung der Funkenspannung um nicht weniger als 10 ... 12 %!
2. Eine senkrecht zum Funken in 1 m Zentralabstand geführte 0,8 cm starke sprühende Drahtzuleitung ergab immer noch eine Erhöhung von 2 ... 3 %, viele Messungen von Funkenspannungen dürften in solcher Weise vorgenommen worden sein.

Der von der VDE-Normung vorgesehene Schutzraum genügt also nur für **nicht**sprühende Fremdkörper. Will man nicht auf Schutzräume von technisch unhandlicher Größe hinauskommen oder technisch unbequemen ausgiebigen Sprühschutz anbringen, so wird man wohl die Spannungsmessung aus der Funkenbildung zwischen Kugeln künftig nur innerhalb nicht zu weitmaschiger geerdeter Käfige vornehmen müssen, Eichkurven hierfür sind empirisch zu ermitteln.

III. Eichspannungen für Kugelfunkenstrecken.

Von **Siegfried Franck**, Bergakademie Freiberg (Sachsen).

Übersicht. **Es werden sämtliche wichtigeren Messungen an Kugelfunkenstrecken in Luft zusammengestellt[1] und mit den VDE-Normen verglichen. Die Abweichungen besonders der neueren Messungen von den deutschen Normen (Peeksche Formel) sind erheblich (± 4 % innerhalb, bis über 10 % außerhalb des genormten Meßbereiches) und gehen nach gleichen Richtungen, wie sie sich aus der Art der Peekschen Gleichung ergeben müssen. Es werden neue Eichwerte für gleiche Kugeln von 2, 5, 6,25, 10, 12,5, 15, 25, 50, 75, 100 und 200 cm Dmr. angegeben und ihre Ableitung aus Ähnlichkeitsbeziehungen gezeigt.**

Die für Durchbruchfeldstärken und Anfangspannungen von gleichen Kugelelektroden von F. W. Peek[2] aufgestellte Formel, die den VDE-Normen[3] zugrunde liegt, geht (ebenso wie die ältere Toeplersche und die neuere Bechdoldtsche Formel) auf den von Heydweiller 1890 aufgestellten Formeltypus zurück

$$\mathfrak{E}_0 = A + \frac{B}{\sqrt{D}},$$

wobei A und B Konstante sind. Diese Konstanz der Durchbruchfeldstärke bei gleichem Durchmesser D gilt niemals streng, stimmt aber näherungsweise bei symmetrischer Spannungsverteilung an den Elektroden um so besser, je größer der Kugeldurchmesser ist, wie der bekannte wirkliche Verlauf der Durchbruchfeldstärke ohne weiteres erkennen läßt (Abb. 1). Unterhalb des Minimums stimmt die Formel gar nicht mehr. Man wird also bei den Abweichungen der wirklichen Messungen (Anfangspannungen) von der Peekschen Formel in Prozent abhängig vom Verhältnis Schlagweite s zu Kugeldurchmesser D einen ähnlichen Verlauf[4] wie in Abb. 1 erwarten müssen.

Sämtliche wichtigeren Messungen an gleichen Kugelelektroden wurden nun zusammengestellt und die Abweichungen aller Meßwerte in Prozent von der Peekschen Formel abhängig von s/D errechnet. Alle Meßwerte wurden in bekannter Weise auf 760 mm Hg und $t = 20°$ bezogen (rel. Luftdichte $\delta = 1$). Die benutzten Messungen sind in folgender Literaturübersicht angegeben:

Messungen an Kugelfunkenstrecken.

A. Heydweiller[5]: Erde, $D = 0{,}5$ cm; 1,0 cm; 2,0 cm.
A. Orgler[6]: Erde, $D = 2{,}5$ cm.
C. Müller[7]: Erde, $D = 5{,}0$ cm.
W. Weicker[8]: Symm., $D = 2{,}0$ cm; 5,0 cm; 10,0 cm; 15,0 cm.
L. W. Chubb u. C. Fortescue[9]: Erde: $D = 25{,}0$ cm; 37,5 cm; 50,0 cm.
F. W. Peek[10]: Symm., $D = 1{,}11$ cm; 2,54 cm; 6,25 cm; 6,66 cm; 12,5 cm; 25,0 cm; 75,0 cm.
Erde, $D = 6{,}25$ cm; 12,5 cm; 25,0 cm; 50,0 cm; 75,0 cm.
W. Estorff[11]: Symm., $D = 0{,}45$ cm; 1,0 cm; 1,5 cm; 2,15 cm; 3,5 cm; 5,0 cm; 7,5 cm; 10,0 cm; 15,0 cm.
M. Toepler[12]: Symm., $D = 5{,}0$ cm; 10,0 cm; 15,0 cm.
A. Klemm[13]: Symm., $D = 2{,}0$ cm; 3,0 cm; 4,0 cm; 5,0 cm; 8,0 cm.
Erde, $D = 2{,}0$ cm; 3,0 cm; 4,0 cm; 5,0 cm; 8,0 cm.
A. Palm[14]: Symm., $D = 25{,}0$ cm; 75,0 cm.
W. Sahland[15]: Erde, $D = 0{,}8$ cm; 1,0 cm.
S. Frank[16]: Symm., $D = 0{,}5$ cm; 1,0 cm; 2,0 cm; 5,0 cm; 10,0 cm.
Erde, $D = 0{,}5$ cm; 1,0 cm; 2,5 cm.
J. S. Carroll u. B. Cozzens[17]: Erde, $D = 100{,}0$ cm.
C. Stoerk u. W. Holzer[18]: Erde, $D = 5{,}0$ cm; 10,0 cm; 15,0 cm; 25,0 cm; 50,0 cm.
H. Bechdoldt[19]: Symm., $D = 5{,}0$ cm; 10,0 cm; 15,0 cm; 25,0 cm; 50,0 cm; 75,0 cm.
Außerdem: British Thomson-Houston Company[20]: Erde, $D = 2{,}0$ cm.

---

[1] Auszug aus einem auf Veranlassung des Deutschen Kommitees der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammengestellten Bericht.

[2] F. W. Peek, Proc. Am. Inst. El. Engs. Bd. 32, S. 1337 (1913); Bd. 33, S. 889 (1914) (ETZ 1916, S. 11); El. World Bd. 78, S. 1319 (1921) El. u. Maschinenb. Bd. 40, S. 90 (1922).

[3] Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft. VDE, Berlin 1926.

[4] Der Verlauf wird der Abb. 1 nur ähnlich sein, da die Anfangsspannung gegenüber der Durchbruchfeldstärke durch den Faktor $f s$ verzerrt ist ($U = \mathfrak{E}_0 \frac{s}{f}$, s. Fußnote 30).

[5] A. Heydweiller, Ann. Phys. Bd. 40, S. 464 (1890); Bd. 48, S. 213 (1893).

[6] A. Orgler, Ann. Phys. Bd. 1, S. 159 (1900).

[7] C. Muller, Ann. Phys. Bd. 28, S. 585 (1909).

[8] W. Weicker, Dissert. Dresden 1910 (ETZ 1911, S. 436).

[9] L. W. Chubb u. C. Fortescue, Proc. Am. Inst. El. Engs. Bd. 32, S. 629 (1913).

[10] F. W. Peek, wie Fußnote 2.

[11] W. Estorff, Dissert. Berlin 1915 (ETZ 1916, S. 60).

[12] M. Toepler, Z. Techn. Phys. Bd. 3, S. 327 (1922).

[13] A. Klemm, Arch. El. Bd. 12, S. 553 (1923).

[14] A. Palm, ETZ 1926, S. 904.

[15] W. Sahland, Arch. El. Bd. 19, S. 145 (1927).

[16] S. Franck, Arch. El. Bd. 21, S. 318 (1928).

[17] J. S. Carroll u. B. Cozzens, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 892 (1928).

[18] C. Stoerk u. W. Holzer, Z. Techn. Phys. Bd. 10, S. 317 (1929).

[19] H. Bechdoldt, ETZ 1929, S. 1394.

[20] British Thomson-Houston Co., Techn. Report Reference I. T 16, Westminster 1926.

Digitized by Google

Außer den Originalmessungen (Fußnoten 5 ... 20) kommen noch selbständige Normen verschiedener Staaten [21, 22, 23], der IEG[24] und andere Zusammenfassungen [25...28] in Betracht.

Der Verlauf der Abweichungen der Messungen der einzelnen Autoren von der Peekschen Formel sei im folgenden für Kugeldurchmesser $D = 2, 5, 10, 15, 25, 50, 75$ und 100 cm kurz betrachtet.

$D = 2$ cm. Symmetrische Spannung: Gleicher Charakter der Abweichungen. Weicker und Toepler sehr hoch, wahrscheinlich Nichtbestrahlung wenigstens bei Weicker schuld. Erde: Gleicher Charakter der Kurven bis auf Müller (Influenzwirkungen). Amerikanische Normen abweichend (wie auch bei anderen Kugeldurchmessern), bei $s/D = 0{,}5$ 4 % höher.

$D = 5$ cm. Symmetrische Spannung: Im allgemeinen gleicher Charakter bis auf Bechdoldt, dessen Werte bei kleinem s/D sicher zu hoch sind. Bei Erde etwas unregelmäßiger verlaufend, Voigt und Müller sehr tief bei größerem s/D, Stoerk u. Holzer und Toepler in gleicher Richtung höher.

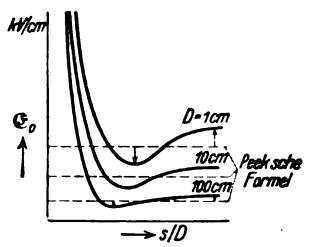


Abb. 1. Durchbruchfeldstärken von gleichen Kugelelektroden in Luft abhängig vom Verhältnis Schlagweite zu Kugeldurchmesser bei symmetrischer Spannungsverteilung an den Elektroden.

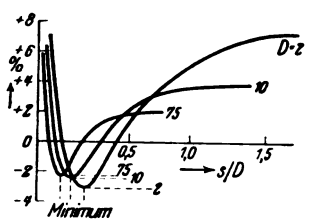


Abb. 3. Schematische Darstellung von Abb. 2.

$D = 10$ cm. Symmetrische Spannung: Gleicher Charakter, Bechdoldt sehr hoch, die anderen gut übereinstimmend; Messungen bei Erde nur Stoerk u. Holzer; geringe Abweichung bis auf großes s/D (bis + 2,2 %).

$D = 15$ cm. Symmetrische Spannung: Charakter der Kurven annähernd gleich, nur größere Streuung, Bechdoldt sehr hoch (bei $s/D = 0{,}5 \ldots 1$ über 6 %). Weicker, Toepler bis 6 % tiefer! Erde: Stoerk u. Holzer gute Übereinstimmung, bei $s/D = 0{,}8 \ldots 2$ 1,5 % tiefer.

$D = 25$ cm. Symmetrische Spannung: Charakter annähernd gleich, Bechdoldt und Palm viel höher. Erde: Leidliche Übereinstimmung, bei größerem s/D alle Messungen tiefer.

$D = 50$ cm. Symmetrische Spannung: Unterschiede gering, Bechdoldtsche Werte nähern sich stark den Peekschen Formelwerten. Erde: Charakter der Kurven gleich, große Abweichungen bei kleinem und größerem s/D (Stoerk u. Holzer bei $s/D = 1$ — 8,5 %).

$D = 75$ cm. Symmetrische Spannung: Etwas unregelmäßiger Verlauf, aber Abweichungen nicht groß, Bechdoldtsche Werte gut übereinstimmend. Erde: Peeksche Meßwerte ziemlich abweichend von seiner Formel (+ 4 % bei $s/D = 0{,}4$!)

$D = 100$ cm. Erde: Carroll u. Cozzens ziemlich abweichend, besonders bei großem s/D (bei $s/D = 1{,}0$: — 6 %.

Nun wurden Mittelwerte aus den einzelnen Messungen der Autoren gebildet und die Abweichungen in Prozent von der Peekschen Formel aufgetragen. Die Zahl der Autoren für die einzelnen Kugeldurchmesser ist mit angegeben. Zunächst sei symmetrische Spannungsverteilung an den Elektroden betrachtet. In Abb. 2 sind die Mittelwerte eingetragen, in großen Zügen geben sie den in Abb. 3 nochmals schematisch dargestellten Verlauf. Die Abweichungen bei symmetrischer Spannungsverteilung an den Elektroden sind um so größer, je kleiner D ist, und entsprechen ganz dem Verlauf der Durchbruchfeldstärken (siehe Abb. 1); es ist einfach die Abszissenachse verschoben worden. Auch die Verschiebung des Minimums der Kurven in Abb. 3 (2) bei größer werdenden Kugeldurchmessern zu kleinerem s/D entspricht ganz der Verschiebung des Minimums der Durchbruchfeldstärken (Abb. 4).

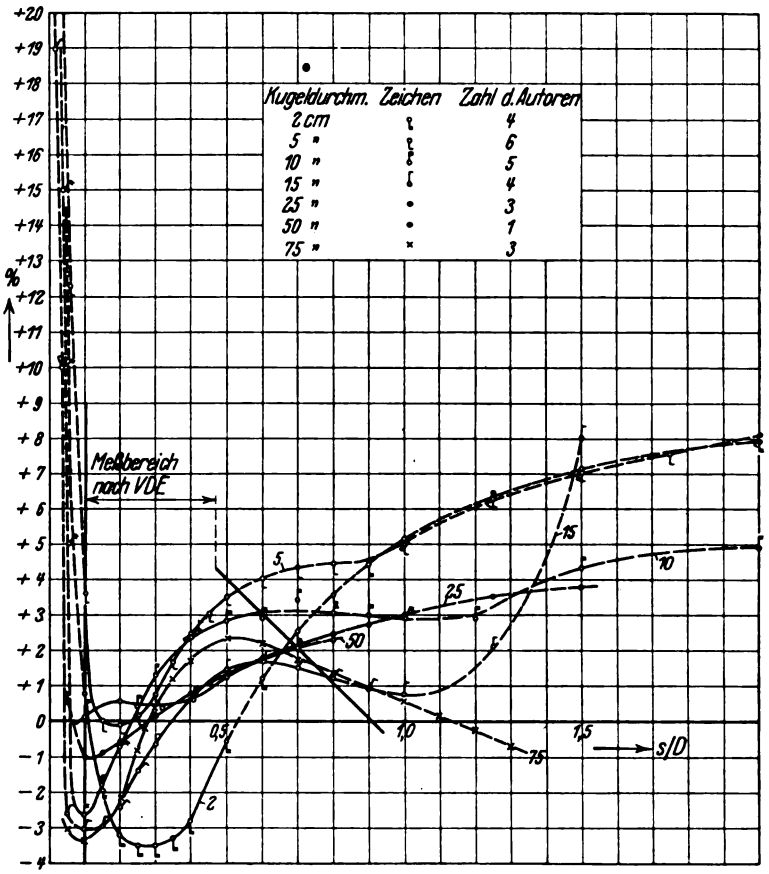


Abb. 2. Mittelwerte der Abweichung der Anfangspannungen von der Peekschen Formel. Symmetrische Spannungsverteilung.

Aus der Gleichung für die Durchbruchfeldstärke von Peek ergibt sich die Anspannung in bekannter Weise[30] zu

$$U = \mathfrak{E}_0 s \cdot \frac{1}{f} \frac{D}{D} = \left(A + \frac{B}{\sqrt{D}}\right) D \left[\frac{s}{D} \cdot \frac{1}{f}\right].$$

Für unendlich große Schlagweite ergibt sich

$$\frac{U f D}{s} = \left(A + \frac{B}{\sqrt{D}}\right) D = U_{s\infty}$$

$$U_{s\infty} = \mathfrak{E}_0 D.$$

Den Ausdruck $U_{s\infty} = \frac{U f D}{s}$ kann man für ein bestimmtes D aus zugehörigen gemessenen Werten s und U berechnen. Für das gleiche D bedeutet nun Konstanz des $U_{s\infty}$ konstante Feldstärke. Ergibt sich eine Konstanz des Ausdruckes aus den Meßwerten, dann gilt der erwähnte Heydweillersche Formeltypus (konstante Feldstärke). Die Inkonstanz von $U_{s\infty}$ gibt wieder den Verlauf der wirklichen Durchbruchfeldstärke, wie z. B. Mes-

[21] Wie Fußnote [3].
[22] Report on Standards for Measurement of Test Voltage in Dielectric Tests, Nr. 4, Juni 1927, New York.
[23] Der von C. Stoerk u. W. Holzer (Fußnote 18) in der Anmerkung auf S. 320 erwähnte holländische Normenvorschlag (1928) enthält die älteren amerikanischen Normen (Fußnote 22).
[24] IEC, The further Examination and Extension of the Table of Sphere-Gap Dimensions and Calibrations, Nr. 206, Juni 1929.
[25] R. Edler, El. u. Maschinenb. Bd. 43, S. 809 u. 829 (1925).
[26] W. Reiche, ETZ 1925, S. 1650.
[27] W. Weicker, Mitt. Hermsd. Schomb. H. 31, S. 899 (1927).
[28] W. Schmitz u. O. Rienhoff, Strahlentherapie Bd. 32, S. 582 (1929).
[29] S. Franck, Arch. El., Bd. 23, S. 226 (1929).
[30] W. O. Schumann, Elektrische Durchbruchfeldstärke von Gasen. Verlag Julius Springer, Berlin 1923.

Digitized by Google

sungen von Bechdoldt[31] (für kleine Schlagweiten ergänzt) zeigen, die in Abb. 5 (die daher im wesentlichen nur eine Maßstabsänderung der Abb. 1 bedeutet) dargestellt sind[32].

Bei einem geerdeten Pol liegen die Verhältnisse anders, weil die Peeksche Formel hier nicht mehr konstantes $\mathfrak{E}_0$ voraussetzen kann. Denn der Anstieg der Durchbruchfeldstärke nach dem Minimum ist bedeutend stärker als bei symmetrischer Spannungsverteilung (Abb. 6). Es wurden von Peek die bekannten experimentellen Umrechnungswerte f_0 eingeführt, die auch nur vom Verhältnis s/D abhängen; das bedeutet, daß der Anstieg nach dem Minimum bei allen Kugeldurchmessern in gleichem Maße erfolgt, was auch nicht zutrifft. Außerdem ist die rein experimentelle Festlegung von f_0 von der Sicherheit der Experimente abhängig im Gegensatz zu dem mathematisch genau bestimmbaren f. Man wird also bei den Kurven der Abweichungen der Messungen von der Peekschen Formel nicht mehr den annähernden Verlauf der Durchbruchfeldstärke bekommen, sondern z. T. einen ähnlichen Verlauf wie bei symmetrischer Spannungsverteilung, z. T. einen komplizierten (je nach Festlegung von f_0).

Abb. 7 und die schematische Wiedergabe in Abb. 8 geben die Mittelwerte der einzelnen Messungen der Autoren in Prozent von der Peekschen Formel wieder. Die Abweichungen sind hier im allgemeinen gerade um so größer, je größer D ist (im Gegensatz zu symmetrischer Spannungsverteilung. Abb. 8 (7) hat aus dem schon erwähnten Grunde nicht den einfachen ähnlichen Verlauf der Durchbruchfeldstärke wie Abb. 3, weil der Anstieg der Durchbruchfeldstärke

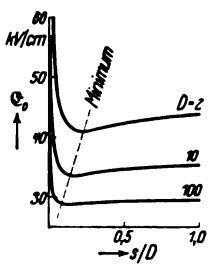


Abb. 4. Die Verschiebung des Minimums der Durchbruchfeldstärke bei verschiedenen Kugeldurchmessern.

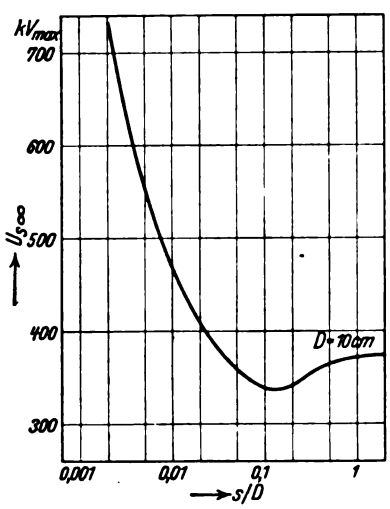


Abb. 5. $U_{s\infty}$ abhängig vom Verhältnis s/D $D = 10$ cm (nach H. Bechdoldt).

größerem schwächer. Die Verschiebung des Minimums ist genau so wie bei Abb. 3 und 4 mit größer werdenden D zu kleinerem s/D zu beobachten, man sieht auch, daß für gleiche Kugeldurchmesser das Minimum bei geerdetem Pol bei kleinerem s/D liegt als bei symmetrischer Spannungsverteilung[33]. Die Abweichungen sind im allgemeinen noch größer als im Fall symmetrischer Spannungsverteilung.

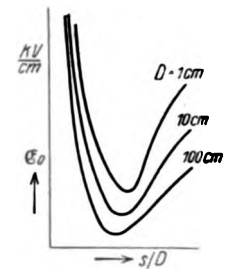


Abb. 6. Durchbruchfeldstärken von gleichen Kugelelektroden in Luft abhängig vom Verhältnis Schlagweite zu Kugeldurchmesser bei einem geerdeten Pol.

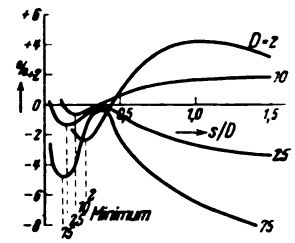


Abb. 8. Schematische Darstellung von Abb. 7.

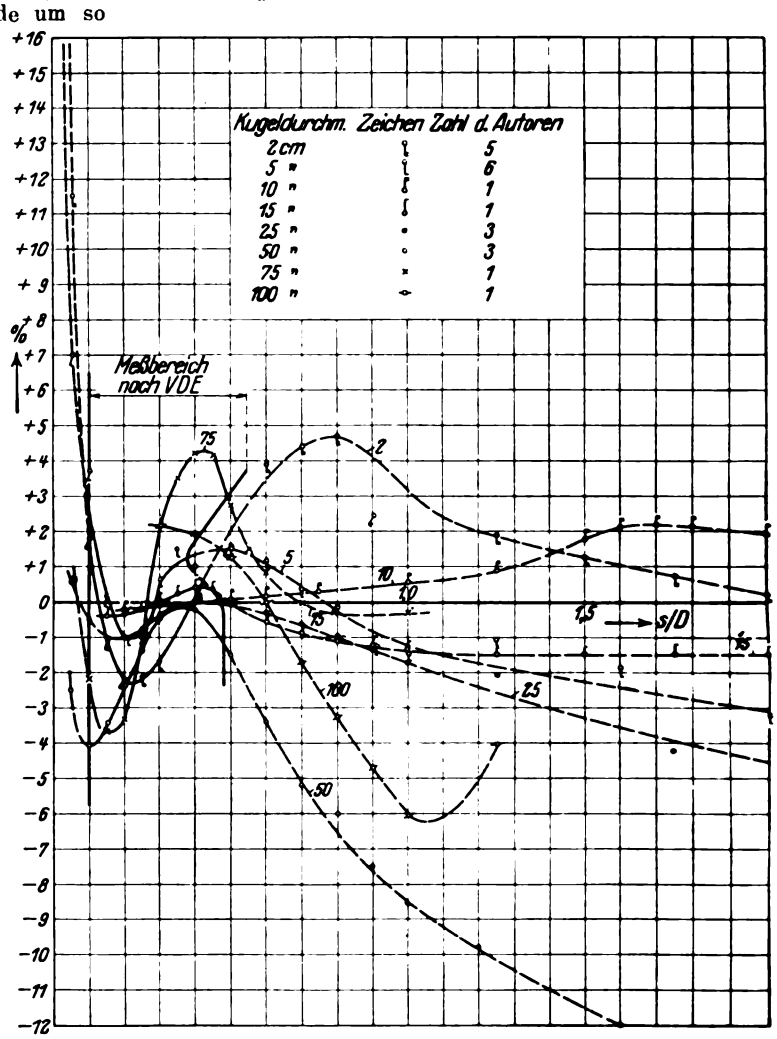


Abb. 7. Mittelwerte der Abweichung der Anfangspannungen von der Peekschen Formel. Eine Kugel geerdet.

nach dem Minimum durch f_0 einheitlich für alle Kugeldurchmesser angenommen ist; er ist etwa für $D = 15$ cm richtig, bei kleinerem D ist der Anstieg stärker, bei grö-

In Abb. 9 sind noch einmal für sich die neuesten Messungen von Stoerk u. Holzer und Carroll u. Cozzens angegeben. Sie stimmen nicht sehr gut überein; besonders der Verlauf der Durchbruchfeldstärke nach dem Minimum ist recht verschieden. Carrol u. Cozzens beobachteten bei Aluminiumkugeln bei $s/D > 0{,}75$ ziemliche Streuung der Anfangspannungen.

Als Ergebnis ist festzustellen, daß eine Änderung der VDE-Normen zu einer größeren Genauigkeit hin nötig ist. Innerhalb des VDE-Meßbereiches betragen die Abweichungen bis ± 3,5 % bei symmetrischer Spannungsverteilung, ± 4 % bei einem geerdeten Pol; außerhalb des

[31] Wie Fußnote 17. Abweichungen der Bechdoldtschen Messungen von der Peekschen Formel siehe Bechdoldt, S. 1396, Abb. 9.

[32] Die IEC-Vorschläge gehen z. T. in gleicher Richtung wie die Mittelwerte in Abb. 2 u. 7. Bei $D = 75$ cm sind die amerikanischen Normen übernommen. Bei $D = 12{,}5$ cm ergeben sich z. B. folgende Werte (Abweichungen in % von der Peekschen Formel bei symmetrischer Spannung):

$\frac{s}{D}$ =		$\frac{s}{D}$ =	
0,12	− 3,6	0,56	+ 2,1
0,16	− 1,6	0,64	+ 2,6
0,20	− 0,6	0,72	+ 3,5
0,24	− 0,6	0,80	+ 3,5
0,32	− 0,1	0,96	+ 3,5
0,40	+ 0,4	1,12	+ 3,0
0,48	+ 2,7		

[33] S. Franck, Arch. El. Bd. 23, S. 226 (1929), Tabelle S. 234.

Digitized by Google

Meßbereiches, in dem in gewissen Grenzen die Kugelfunkenstrecke noch gut brauchbar ist, sind sie bis zu den doppelten Werten größer. Aber selbst wenn die Abweichungen der Messungen von der Norm nur ± 2 % betragen würden, wäre die Meßgenauigkeit wesentlich geringer. Nimmt man in Abb. 10 den stark ausgezogenen Verlauf der Kurve als richtig an, dann ergibt sich für den Benutzer dieser richtigen Eichwerte eine Meßgenauigkeit von ± 2 %, die durch die Natur der Gasentladungen und die äußeren Meßfehler bedingt ist und bei genauen Vorsichtsmaßregeln auf ± 1 % herabgedrückt werden kann. Stimmt aber die Eichkurve schon auf ± 2 % nicht, so können sich für den Benutzer Fehler von ± 4 % ergeben (Abb. 10). Man muß also danach trachten, die Eichkurven so genau wie möglich anzugeben.

Zur Aufstellung neuer Eichspannungen für die Kugelfunkenstrecke wurden sämtliche Messungen (Fußnoten 5 bis 20) auf Durchbruchfeldstärken umgerechnet und in einem doppellogarithmischen Koordinatensystem abhängig von s/D eingetragen. Dann wurden graphisch die wahr-

Zahlentafel 1. Eichspannungen für Kugelfunkenstrecken. Anfangspannungen und Durchbruchfeldstärken von gleichen Kugeln in Luft bei einem geerdeten Pol und symmetrischer Spannungsverteilung an den Elektroden. Gültig für $b = 760$ mm Hg und $t = 20°$ $\left(\text{rel. Luftdichte } \delta = \frac{b \cdot 293}{760\,(273 + t)} = 1{,}0\right)$.

s cm	$D = 2$ cm					$D = 5$ cm					$D = 6{,}25$ cm					$D = 10$ cm				
		Eine Kugel geerdet		Symmetr. Spannung			Eine Kugel geerdet		Symmetr. Spannung			Eine Kugel geerdet		Symmetr. Spannung			Eine Kugel geerdet		Symmetr. Spannung	
	$\frac{s}{D}$	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\frac{s}{D}$	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\frac{s}{D}$	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\frac{s}{D}$	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV
0,1	0,05	48,12	4,65	48,12	4,65	0,02	47,17	4,65	47,17	4,65	0,016	47,00	4,65	47,00	4,65	0,01	46,89	4,65	46,89	4,65
0,2	0,10	43,40	8,13	43,12	8,08	0,04	41,44	8,03	41,44	8,03	0,032	41,20	8,04	41,20	8,04	0,02	40,84	8,05	40,84	8,05
0,3	0,15	42,17	11,44	41,44	11,29	0,06	39,16	11,28	39,16	11,28	0,048	38,92	11,29	38,90	11,28	0,03	38,43	11,28	38,43	11,28
0,4	0,20	41,82	14,54	40,97	14,41	0,08	37,98	14,40	37,85	14,35	0,064	37,63	14,40	37,58	14,37	0,04	36,97	14,37	36,97	14,37
0,5	0,25	42,22	17,60	40,95	17,45	0,10	37,33	17,47	37,03	17,33	0,080	36,83	17,46	36,68	17,38	0,05	36,04	17,43	36,04	17,43
0,6	0,30	43,20	20,68	41,28	20,48	0,12	36,94	20,44	36,53	20,21	0,096	36,43	20,53	36,11	20,35	0,06	35,35	20,38	35,35	20,38
0,7	0,35	44,28	23,59	41,61	23,39	0,14	36,69	23,36	36,23	23,16	0,112	36,12	23,58	35,71	23,30	0,07	34,88	23,28	34,88	23,28
0,8	0,40	45,34	26,30	41,93	26,15	0,16	36,59	26,25	36,11	26,03	0,128	35,91	26,35	35,47	25,98	0,08	34,58	26,20	34,51	26,17
0,9	0,45	46,43	28,90	42,17	28,73	0,18	36,52	29,08	36,06	28,83	0,144	35,77	29,25	35,29	28,90	0,09	34,38	29,13	34,24	29,02
1,0	0,50	47,32	31,20	42,41	31,20	0,20	36,69	31,90	36,03	31,70	0,160	35,69	32,00	35,19	31,70	0,10	34,24	32,05	34,05	31,88
1,1	0,55	48,21	33,35	42,64	33,50	0,22	36,92	34,71	36,07	34,45	0,176	35,65	34,75	35,12	34,50	0,11	34,16	34,91	33,88	34,62
1,2	0,60	48,96	35,28	42,82	35,68	0,24	37,15	37,45	36,16	37,22	0,192	35,73	37,56	35,11	37,26	0,12	34,09	37,77	33,77	37,40
1,3	0,65	49,66	36,98	43,00	37,76	0,26	37,45	40,22	36,25	39,93	0,208	35,88	40,29	35,16	40,00	0,13	34,06	40,60	33,68	40,20
1,4	0,70	50,35	37,50	43,16	38,31	0,28	37,76	42,97	36,32	42,57	0,224	36,06	43,04	35,21	42,74	0,14	34,04	43,40	33,61	43,00
1,5	0,75	50,96	40,03	43,34	41,70	0,30	38,05	45,54	36,43	45,20	0,240	36,27	45,72	35,29	45,44	0,15	34,06	46,18	33,58	45,72
1,6	0,80	51,57	41,33	43,47	43,47	0,32	38,33	48,04	36,52	47,70	0,256	36,51	48,45	35,36	48,12	0,16	34,12	48,98	33,57	48,38
1,7	0,85	52,13	42,71	43,62	45,20	0,34	38,64	50,48	36,62	50,22	0,272	36,76	51,10	35,42	50,77	0,17	34,20	50,86	33,58	50,20
1,8	0,90	52,65	43,84	43,77	46,83	0,36	38,90	52,80	36,71	52,73	0,288	36,97	53,60	35,48	53,25	0,18	34,29	54,52	33,59	53,78
1,9	0,95	53,11	44,85	43,87	48,20	0,38	39,17	55,00	36,80	55,10	0,304	37,20	56,11	35,56	55,80	0,19	34,40	57,35	33,61	56,51
2,0	1,0	53,52	45,80	43,96	49,70	0,40	39,46	57,25	36,88	57,48	0,32	37,41	58,64	35,64	58,38	0,20	34,51	60,10	33,65	59,20
2,5	1,25	55,59	49,98	44,36	55,72	0,50	40,76	67,20	37,23	68,50	0,40	38,53	69,92	35,99	70,10	0,25	35,08	73,10	33,89	72,20
3,0	1,5	57,15	52,70	44,61	60,48	0,60	42,02	75,60	37,52	78,20	0,48	39,54	79,70	36,22	80,85	0,30	35,67	85,40	34,03	84,50
4,0	2,0	59,70	56,87	44,88	67,08	0,80	44,12	88,63	37,96	94,87	0,64	41,29	95,60	36,59	99,45	0,40	36,92	107,2	34,35	107,1
5,0	—	—	—	—	—	1,0	45,71	97,75	38,23	108,0	0,80	42,73	107,3	36,88	115,2	0,50	37,91	125,0	34,56	127,0
6,0	—	—	—	—	—	1,2	47,04	104,8	38,41	118,5	0,96	43,93	116,2	37,06	128,2	0,60	38,85	139,8	34,72	144,7
7,0	—	—	—	—	—	1,4	48,14	110,2	38,55	127,1	1,12	44,95	123,2	37,18	138,9	0,70	39,65	152,0	34,85	160,5
8,0	—	—	—	—	—	1,6	49,03	114,3	38,64	134,3	1,28	45,87	128,8	37,28	148,0	0,80	40,36	162,0	34,97	174,7
9,0	—	—	—	—	—	1,8	49,90	117,8	38,70	139,9	1,44	46,71	133,8	37,35	155,7	0,90	40,98	170,7	35,07	187,6
10,0	—	—	—	—	—	2,0	50,64	120,7	38,75	144,8	1,60	47,34	137,6	37,41	162,3	1,0	41,55	177,7	35,14	198,5
12,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,92	48,58	143,8	37,49	173,0	1,2	42,59	189,8	35,26	217,4
14,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,4	43,45	199,5	35,34	233,0
15,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	43,82	202,2	35,37	239,5
16,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,6	44,18	206,1	35,39	245,7
18,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,8	44,82	210,8	35,42	256,0
20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	45,39	216,1	35,44	264,8

s cm	$D = 12{,}5$ cm					$D = 15$ cm					s cm	$D = 25$ cm					$D = 50$ cm				
		Eine Kugel geerdet		Symmetr. Spannung			Eine Kugel geerdet		Symmetr. Spannung				Eine Kugel geerdet		Symmetr. Spannung			Eine Kugel geerdet		Symmetr. Spannung	
	$\frac{s}{D}$	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\frac{s}{D}$	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV		$\frac{s}{D}$	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\frac{s}{D}$	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV	$\mathfrak{E}_0$ kV/cm	U_{max} kV
0,1	0,008	46,70	4,65	46,70	4,65	0,0066	46,62	4,64	46,62	4,64	0,5	0,02	35,56	17,53	35,56	17,53	0,01	35,42	17,58	35,42	17,58
0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	0,04	33,05	32,15	33,05	32,15	0,02	32,82	32,35	32,82	32,35
0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	0,06	32,14	46,30	32,08	46,20	0,03	31,62	46,50	31,62	46,50
0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	0,08	31,72	60,18	31,59	59,90	0,04	30,97	60,13	30,97	60,13
0,5	0,04	35,90	17,46	35,90	17,46	0,0333	35,70	17,48	35,70	17,48	2,5	0,1	31,51	73,80	31,36	73,45	0,05	30,58	71,00	30,58	71,00
0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,0	0,12	31,48	87,18	31,23	86,70	0,06	30,35	87,50	30,31	87,40
0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,0	0,16	31,70	113,8	31,21	112,5	0,08	30,12	114,2	30,01	113,8
0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,0	0,20	32,06	139,3	31,31	137,7	0,10	30,06	140,7	29,84	139,7
0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,0	0,24	32,47	163,6	31,45	161,8	0,12	30,07	166,3	29,79	164,8
1,0	0,08	33,83	32,07	33,74	32,00	0,066	33,53	32,08	33,49	32,02	7,0	0,28	32,89	187,1	31,53	184,7	0,14	30,16	192,0	29,80	190,5
1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,0	0,32	33,30	208,2	31,65	206,7	0,16	30,28	217,2	29,85	215,1
1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,0	0,36	33,72	228,9	31,74	227,7	0,18	30,43	242,3	29,90	239,0
1,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,0	0,40	34,10	247,2	31,82	248,0	0,20	30,58	265,8	29,95	263,4
1,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,0	0,48	34,87	281,0	31,92	284,8	0,24	30,97	312,3	30,05	309,4
1,5	0,12	33,36	46,62	33,07	46,23	0,1	32,94	46,27	32,69	45,90	14,0	0,56	35,49	309,6	32,00	317,7	0,28	31,37	357,0	30,11	352,8
1,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,0	0,60	35,77	322,3	32,03	333,7	0,30	31,55	377,4	30,13	374,0
1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,0	0,64	36,02	333,4	32,06	348,8	0,32	31,73	397,6	30,16	394,0
1,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,0	0,72	36,52	353,7	32,11	377,5	0,36	32,12	436,0	30,21	433,8
1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20,0	0,80	36,95	370,4	32,16	401,8	0,40	32,51	471,7	30,26	471,5
2,0	0,16	33,42	59,96	32,92	59,37	0,133	32,79	60,00	32,46	59,48	25,0	1,00	37,89	405,2	32,23	455,4	0,50	33,34	549,6	30,37	558,5
2,5	0,20	33,77	73,40	32,99	72,58	0,166	33,00	73,67	32,43	72,70	30,0	1,20	38,65	431,0	32,29	498,0	0,60	34,04	612,0	30,47	634,5
3,0	0,24	34,20	86,22	33,13	85,40	0,20	33,31	86,94	32,50	85,82	35,0	1,40	39,28	451,0	32,30	532,0	0,70	34,62	664,2	30,55	703,7
4,0	0,32	35,11	110,1	33,43	109,4	0,266	34,00	111,8	32,73	110,4	40,0	1,60	39,81	464,3	32,31	560,7	0,80	35,12	706,0	30,60	765,0
5,0	0,40	36,06	130,8	33,64	131,2	0,333	34,70	134,1	32,95	133,4	50,0	2,0	40,69	484,3	32,32	604,0	1,0	35,94	769,0	30,65	865,7
6,0	0,48	36,86	148,5	33,80	150,9	0,40	35,46	154,3	33,09	154,7	60,0	—	—	—	—	—	1,2	36,64	817,0	30,69	947,0
7,0	0,56	37,62	164,0	33,93	168,6	0,466	36,14	172,1	33,21	174,1	70,0	—	—	—	—	—	1,4	37,24	852,5	30,71	1013
8,0	0,64	38,25	177,2	34,03	184,9	0,533	36,81	188,3	33,31	192,0	80,0	—	—	—	—	—	1,6	37,71	879,8	30,71	1068
9,0	0,72	38,84	188,0	34,11	200,0	0,60	37,37	202,0	33,40	208,6	90,0	—	—	—	—	—	1,8	38,18	902,0	30,72	1112
10,0	0,80	39,37	197,7	34,18	213,6	0,666	37,86	213,8	33,47	224,3	100,0	—	—	—	—	—	2,0	38,57	918,0	30,73	1148
12,0	0,96	40,30	213,6	34,28	237,0	0,80	38,77	233,3	33,57	251,7	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14,0	1,12	41,05	225,0	34,35	257,0	0,933	39,53	249,3	33,64	275,0	120,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15,0	1,20	41,45	230,3	34,38	265,5	1,0	39,85	255,8	33,67	285,2	150,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16,0	1,28	41,78	235,0	34,41	273,3	1,066	40,18	262,4	33,69	294,5	200,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18,0	1,44	42,39	242,8	34,45	287,2	1,20	40,71	272,4	33,73	312,2											
20,0	1,60	42,92	249,6	34,48	299,4	1,33	41,19	280,7	33,77	327,0											
25,0	2,0	44,01	262,0	34,53	322,4	1,66	42,17	296,1	33,83	357,7											
30,0	—	—	—	—	—	2,0	43,05	307,5	33,89	379,7											

Digitized by Google

s	$D = 75$ cm					$D = 100$ cm					s	$D = 150$ cm					$D = 200$ cm				
		Eine Kugel geerdet		Symmetr. Spannung			Eine Kugel geerdet		Symmetr. Spannung				Eine Kugel geerdet		Symmetr. Spannung			Eine Kugel geerdet		Eine Kugel geerdet	
cm	$\frac{s}{D}$	kV $\mathfrak{E}_0$ cm	kV U_{max}	kV $\mathfrak{E}_0$ cm	kV U_{max}	$\frac{s}{D}$	kV $\mathfrak{E}_0$ cm	kV U_{max}	kV $\mathfrak{E}_0$ cm	kV U_{max}	cm	$\frac{s}{D}$	kV $\mathfrak{E}_0$ cm	kV U_{max}	kV $\mathfrak{E}_0$ cm	kV U_{max}	$\frac{s}{D}$	kV $\mathfrak{E}_0$ cm	kV U_{max}	kV $\mathfrak{E}_0$ cm	kV U_{max}
0,5	0,0066	35,38	17,58	35,38	17,58	0,005	35,36	17,59	35,36	17,59	5	0,0333	29,04	141,8	29,04	141,8	0,025	28,92	142,5	28,92	142,5
1,0	0,0133	32,75	32,44	32,75	32,44	0,010	32,67	32,38	32,67	32,38	10	0,0666	28,54	273,0	28,52	272,8	0,05	28,31	273,8	28,30	273,8
1,5	0,020	31,52	46,60	31,52	46,60	0,015	31,42	46,20	31,42	46,20	15	0,10	28,50	400,3	28,39	398,6	0,075	28,21	402,8	28,13	401,5
2,0	0,0266	30,80	60,50	30,80	60,50	0,020	30,71	60,54	30,71	60,54	20	0,133	28,60	523,4	28,37	520,0	0,10	28,20	528,4	28,07	525,6
2,5	0,033	30,37	74,20	30,37	74,20	0,025	30,29	74,40	30,29	74,40	25	0,166	28,84	642,0	28,39	636,5	0,125	28,25	650,0	28,06	645,5
3,0	0,040	30,06	87,73	30,06	87,73	0,030	29,95	88,00	29,95	88,00	30	0,20	29,09	759,0	28,43	751,0	0,150	28,38	770,0	28,07	765,0
4,0	0,0533	29,71	113,5	29,67	113,3	0,040	29,54	114,8	29,54	114,8	35	0,233	29,36	870,5	28,46	858,5	0,175	28,54	887,4	28,09	878,0
5,0	0,066	29,55	141,3	29,45	140,8	0,050	29,30	141,7	29,30	141,7	40	0,266	29,65	975,0	28,51	962,0	0,20	28,75	1000	28,10	989,0
6,0	0,080	29,46	167,5	29,32	166,8	0,060	29,17	168,1	29,14	168,0	50	0,333	30,29	1170	28,58	1157	0,25	29,17	1215	28,13	1199
7,0	0,0933	29,44	193,7	29,24	192,4	0,070	29,11	194,3	29,03	193,8	60	0,40	30,88	1344	28,62	1338	0,30	29,60	1417	28,16	1397
8,0	0,1066	29,43	219,2	29,19	217,3	0,080	29,06	220,3	28,97	219,7	70	0,466	31,38	1494	28,64	1502	0,35	30,06	1602	28,18	1584
9,0	0,120	29,45	244,7	29,17	242,3	0,090	29,05	246,2	28,92	245,1	80	0,533	31,79	1626	28,66	1651	0,40	30,51	1770	28,21	1760
10,0	0,133	29,50	270,0	29,18	267,2	0,10	29,04	272,0	28,88	270,4	90	0,60	32,18	1738	28,68	1792	0,45	30,90	1922	28,24	1925
12,0	0,160	29,69	319,5	29,21	315,8	0,12	29,05	322,0	28,84	319,6	100	0,666	32,51	1837	28,70	1922	0,50	31,24	2060	28,25	2078
14,0	0,1866	29,91	368,0	29,28	363,2	0,14	29,14	371,6	28,85	369,0	110	0,733	32,83	1920	28,71	2044	0,55	31,56	2182	28,26	2220
15,0	0,20	30,01	391,5	29,32	387,0	0,15	29,19	395,8	28,85	393,0	120	0,80	33,14	1995	28,71	2152	0,60	31,83	2293	28,27	2354
16,0	0,2133	30,14	414,7	29,35	409,0	0,16	29,26	420,0	28,86	416,0	150	1,0	33,88	2173	28,73	2435	0,75	32,55	2558	28,29	2725
18,0	0,240	30,36	459,0	29,40	454,3	0,18	29,41	468,0	28,91	463,0	200	1,33	34,83	2373	28,75	2785	1,0	33,48	2863	28,32	3200
20,0	0,266	30,61	503,0	29,44	496,5	0,20	29,58	514,3	28,95	509,2	250	1,66	35,52	2496	28,75	3040	1,25	34,20	3075	28,34	3560
25,0	0,333	31,22	603,2	29,53	598,0	0,25	30,03	626,0	29,03	618,7	300	2,0	36,10	2579	28,76	3222	1,50	34,78	3155	28,35	3840
30,0	0,40	31,83	693,0	29,61	692,3	0,30	30,47	729,2	29,09	722,4	350	—	—	—	—	—	1,75	35,25	3322	28,36	4067
35,0	0,466	32,38	771,0	29,68	778,3	0,35	30,94	825,0	29,13	819,2	400	—	—	—	—	—	2,0	35,67	3397	28,37	4240
40,0	0,533	32,85	840,0	29,72	857,0	0,40	31,41	912,3	29,17	909,0											
50,0	0,666	33,63	950,0	29,79	998,0	0,50	32,16	1060	29,24	1075											
60,0	0,80	34,29	1031	29,85	1120	0,60	32,78	1181	29,29	1221											
70,0	0,933	34,82	1098	29,88	1220	0,70	33,30	1277	29,32	1350											
80,0	1,066	35,26	1151	29,90	1307	0,80	33,77	1355	29,34	1467											
90,0	1,20	35,69	1193	29,92	1394	0,90	34,17	1423	29,36	1570											
100,0	1,333	36,07	1228	29,93	1449	1,00	34,58	1478	29,38	1659											
110,0	1,466	36,39	1258	29,93	1508	1,10	34,83	1526	29,38	1737											
120,0	1,60	36,68	1284	29,93	1559	1,20	35,13	1566	29,39	1813											
150,0	2,0	37,41	1336	29,94	1678	1,50	35,87	1655	29,41	1993											
200,0	—	—	—	—	—	2,0	36,81	1753	29,43	2198											

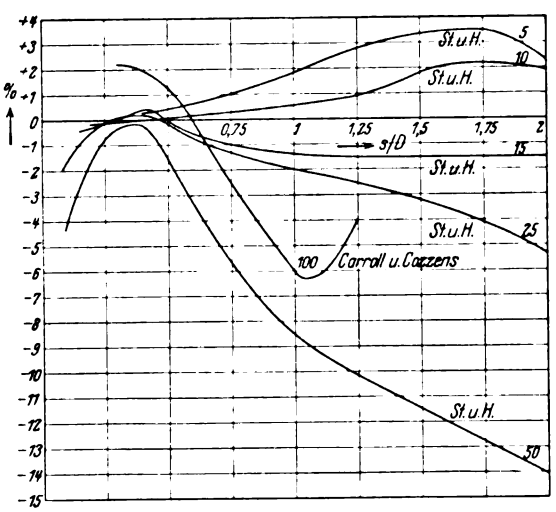


Abb. 9. Abweichungen der Meßwerte von J. S. Carroll u. B. Cozzens und C. Stoerk u. W. Holzer in % der Peekschen Formel, abhängig vom Verhältnis Schlagweite/Durchmesser.

scheinlichsten Kurven ermittelt (unter Berücksichtigung des verschiedenen Gewichtes der Messungen). Es zeigt sich dabei[34], daß das Verhältnis zweier Anfangsspannungen, die zu zwei bestimmten Werten des Produktes aus Gasdichte und Kugeldurchmesser (oder Schlagweite) gehören, abhängig von s/D einen ähnlichen Verlauf wie die Durchbruchfeldstärke hat:

$$\frac{U_{1\delta_1 D_1 = c_1}}{U_{2\delta_2 D_2 = c^2}} = \frac{(\mathfrak{E}_1 D_1)}{(\mathfrak{E}_2 D_2)} = \frac{(\mathfrak{E}_1 s_1)}{(\mathfrak{E}_2 s_2)} = \delta'$$

(δ = Luftdichte).

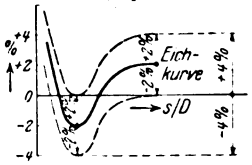


Abb. 10. Fehlaxkurven.

Diese Bedingung ergibt sich aus Ähnlichkeitsbetrachtungen. In Abb. 11 ist δ' abhängig von s/D aufgetragen bei einem Verhältnis $\frac{\delta_1 D_1}{\delta_2 D_2} = 0.5$. Nach der Peekschen Formel wäre δ' konstant. Es wurde schon darauf hingewiesen[35], daß diese Beziehungen ein bequemes Mittel geben, um Durchbruchfeldstärken und Anfangsspannungen sehr genau abzugleichen. Nach diesen Gesichtspunkten wurden die aus

[34] S. Franck, wie Fußnote 33.
[35] Wie Fußnote 33, Anmerkung S. 233.

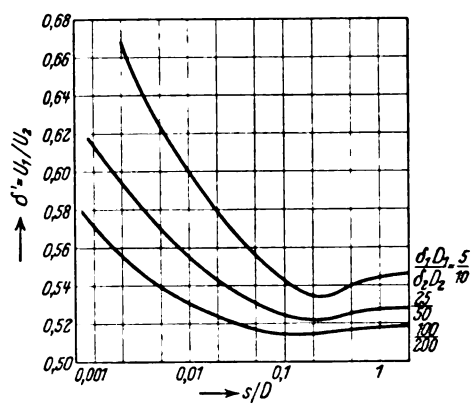


Abb. 11. Das Verhältnis zweier Anfangsspannungen, abhängig von s/D bei symmetrischer Spannungverteilung an den Elektroden.

den Versuchen ermittelten Durchbruchfeldstärken erneut abgeglichen. Sie bilden ein nach Ähnlichkeitsgesichtspunkten in sich geschlossenes Ganze. Die Anfangspannungen wurden dann aus den Durchbruchfeldstärken zurückgerechnet.

Die Zahlentafel 1 gibt die so ermittelten Anfangsspannungen und Durchbruchfeldstärken wieder. Die Genauigkeit der Zahlenwerte wird auf ± 0.5 ... 1 % geschätzt.

Gleislose Industriewerkbahn.

Von Dr.-Ing. **Erich Zimmermann**, Bremen.

Beim ausgesprochenen Innenverkehr in ausgedehnten Werksanlagen hat sich der Elektrokarren in wenigen Jahren sehr gut eingeführt und bewährt. Auf längeren Werkstraßen werden auch die verschiedensten Arten Kleinschlepper benutzt und diesen müssen Anhängewagen für den jeweiligen Zweck in genügender Zahl zur Verfügung stehen. Auch bei diesen Kleinschleppern überwiegt der elektrische Antrieb, da dieser grundsätzlich sich am billigsten gestalten läßt. Die Osnabrücker Kupfer- und Drahtwerke-AG., Osnabrück, benutzen in ihrem ausgedehnten Betriebe seit 6 Jahren drei elektrische Kleinschlepper und 40 gleichgebaute Anhängewagen, wie dies Abb. 1 darstellt. Hier besteht ein fahrplanmäßiger Betrieb zwischen den Arbeitstellen. Die niedrig gebauten, äußerst wendigen, gummibereiften und mit Kugellagern ausgerüsteten Fahrzeuge werden auch als fahrbare Werkbänke benutzt, so daß z. B. Betriebsmaschinen die Platt-

Digitized by Google

form in der Reparaturwerkstatt nicht verlassen, bis sie wieder an der Verwendungsstelle sind. Die OKD.-Züge werden durch Akkumulatoren-Kleinschlepper bewegt, weil die Fahrstrecken sehr verteilt und wechselnd sind.

Handelt es sich um feststehende Ladestellen an einer zusammengezogenen Fahrstrecke, dann ist die Kraftzuführung durch oberirdische Fahrdrähte empfehlenswert.

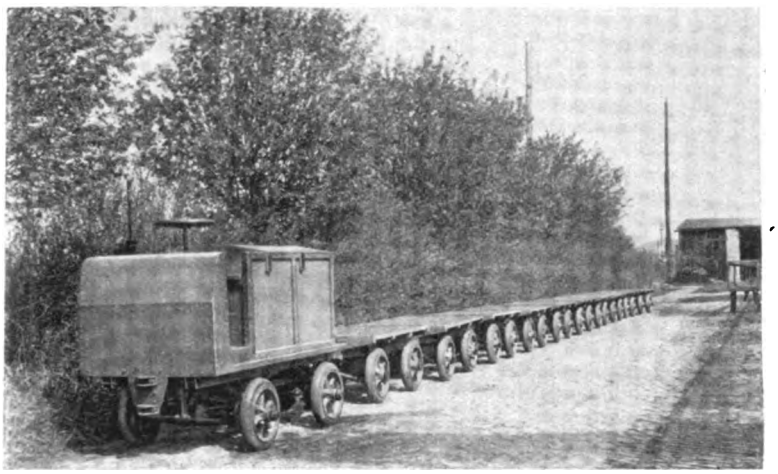


Abb. 1. Elektrischer Kleinschlepper mit Anhängewagen.

Abb. 2. Gleislose Werkbahn mit Oberleitung.

um ungebunden von Fahrstreckenkapazität die Betriebsmittel rationell ausnutzen zu können und nächtliche Aufladungen zu vermeiden. Dieser Grundsatz war bei der Anlage eines größeren norddeutschen Werkes der Textilindustrie in Delmenhorst richtunggebend. Hier ist eine Anfangstrecke von etwa 500 m zwischen den Lagern und Werkstätten mit doppelpoliger Fahrleitung für 220 V Gleichstrom seit Jahresfrist ausgerüstet, an der ein Schlepper mit 2½ m Ausweichungsmöglichkeit entlangläuft und symmetrisch gebaute Anhängewagen mit spurhaltender Kupplung bei 5 ... 8 ... 12 km/h Geschwindigkeit zieht. Zugkraft des Schleppers und Tragkraft der Anhänger sind den Transporten angepaßt und ergeben in ihren Zugeinheiten weitestgehende Berücksichtigung der Transportobjekte.

Um die Züge weiterhin verteilen zu können und um ein größeres Reibungsgewicht zur Verfügung zu haben, ist der Schlepper mit einer Akkumulatorenbatterie ausgerüstet zu kurzen automobilen Fahrten in den entlegensten Stellen der Lager und Speicher. Die Schaltung der Batterie kann für Pufferung und Kapazität vorgesehen werden, wenn der Polwechsel der Fahrdrahtzuführung durch geeignete selbsttätige Schaltvorrichtungen berücksichtigt wird.

Dieser gleislose Betrieb mit Oberleitung ist durch Abb. 2, NWK.-Zug, dargestellt. Das betreffende Werk besitzt auf dem ausgedehnten Gelände bereits zahlreiche Transportmittel (Regelspurgleise mit feuerloser Lokomotive, Kleinspurbahn mit Akkumulatoren-Lokomotive, Benzinschlepper, Lastkraftwagen, Elektrokarren, Pferdegespann) und hatte der Firma Max Schiemann & Co., Wurzen, Auftrag zur Errichtung einer „gleislosen Bahn" mit elektrischer Oberleitung erteilt, die zur wirtschaftlichen Erprobung und Vergleichung mit den bestehenden Transportmitteln vorgesehen ist. Die Kurvenbeweglichkeit des Zuges paßt sich den schwierigsten Raumverhältnissen ebenso an, wie der Einzelwagen (Elektrokarren).

Die Fahrstrecke beginnt im Rohstofflager und führt über vier Kurven zu den Arbeitsälen und zum Versandlager. Die Fahrleitung, an Holz- und Stahlmasten, an Haus-Querdrähten und Auslegern, an Dachgebälken und Mauern mit 20 cm-Spur, vierfach gegeneinander und dreifach gegen Erde isoliert, 5 ... 3,5 m über Fahrbahn aufgehängt, wird mit 220 V Gleichstrom gespeist.

Der Schlepper ist ausgerüstet mit einem 6,5 kW-Hauptstrommotor, der auf einen Schneckenantrieb 14 : 1 wirkt und die einteilige Antriebsachse antreibt. Diese wiederum wird durch Friktionskupplung mit den Triebrädern ohne Differentialgetriebe kraftschließend und bei der Kurvenfahrt auf der inneren Seite schlüpfend gekuppelt. Dies erfolgt selbsttätig durch die Lenkung. Zugleich bildet diese Kupplung eine Sicherung gegen Zugkraftüberlastung. Der Stromabnehmer befindet sich auf einem Dachgerüst, ist mit zweipoligem Stromabnehmer-Schleifkopf in Elektronmetall mit auswechselbaren Schleifstücken versehen und gestattet bei 9 ... 10 kg fahrdrahtentlastendem Andruck von unten eine seitliche Ausweichung von 2,5 m, so daß jedem begegnenden oder überholenden Fahrzeug ausgewichen werden kann. Zweipolige Fahrdrahtweichen und Kreuzungen sind vorläufig vermieden, werden aber jetzt für die zu erweiternde Anlage vorgesehen. Diese Anlage ist seit Juli 1928 in Dauerbetrieb und bewährt sich bestens.

Weltkraftkonferenz Berlin 1930.

Die Geschäftsführung der Zweiten Weltkraftkonferenz (Berlin NW 7, Ingenieurhaus) hat folgende Zeittafel für die einzelnen Veranstaltungen und Vorträge zusammengestellt, sich aber, wie es bei einer derartigen Tagung natürlich unvermeidlich ist, Änderungen vorbehalten. Über weitere Veranstaltungen wird den Teilnehmern noch Näheres mitgeteilt, und für die Damen erscheint ein besonderes Programm.

15. VI.	Sonntag
21^{00}	Empfang der Teilnehmer durch den Ehrenpräsidenten und den Vorsitzenden der Zweiten Weltkraftkonferenz im Reichstagsgebäude
16. VI.	**Montag**
$10—12^{00}$	Eröffnungssitzung im Theaterraum der Staatsoper am Platz der Republik
14.30—16.45	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen:
	Saal I: „Elektrizität in Haus- und Landwirtschaft" (Section 1)
	Saal II: „Feste Brennstoffe; Gewinnung, Handel und Verarbeitung" (Section 12)
	Saal III: „Wasserrechtliche Fragen" (Section 24)
$17—18^{00}$	Allgemeiner Hauptvortrag:
	Professor Dr. Einstein (spricht über das physikalische Raum- und Ätherproblem) (Krolloper.)

Digitized by Google

17. VI.	Dienstag
10—12.15	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen: Saal I: „Elektrizität in Industrie und Gewerbe". (Section 2) Saal II: „Brennstoff-, Kraft- und Wärmewirtschaft in einzelnen Ländern". (Section 9) Saal III: „Forschungsarbeiten". (Section 32)
12.30—13.15	Allgemeiner Hauptvortrag: Professor Dr. D. Serruys: „Die neuen Formen der Rationalisierung". (Krolloper.)
14.30—16.45	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen: Saal I: „Weltprobleme der Energiewirtschaft". (Section 23) Saal II: „Normungsprobleme und Methodik der Statistik". (Section 33) Saal III: „Ausbildung". (Section 34)
20^{00}	Zwangloses Treffen der verschiedenen Fachleute auf folgenden Fachgebieten: Feste Brennstoffe, Flüssige Brennstoffe, Elektrizität.

18. VI.	Mittwoch
10—12.15	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen: Saal I: „Belastungsgebirge und Stromtarife". (Section 3) Saal II: „Wirtschaftsprobleme der Hochtemperaturentgasung". (Section 4) Saal III: „Energiewirtschaft auf Schiffen". (Section 27)
14.30—16.45	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen: Saal I: „Gasabsatz". (Section 5) Saal II: „Einzelprobleme der Elektrizitätswirtschaft verschiedener Länder". (Section 22) Saal III: „Kraftübertragung in Fahrzeugen und in Fabriken". (Section 31)
$17—18^{00}$	„Amerikanische Stunde". Ansprache des amerikanischen Botschafters Sackett. Allgemeiner Hauptvortrag: H. F. Bain: „Die Bedeutung der Mineralien in einer von Kraft abhängigen Welt". Sprechfilm Edison. „The Birth of the Incandescent Lamp". (Krolloper.)
19.30 (20^{00})	„Weltkraftfest". Offizielles Bankett der Weltkraftkonferenz mit Damen. Künstlerische Darbietungen. Tanz.

19. VI.	Donnerstag
10—12.15	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen: Saal I: „Bau und Betrieb von Energiegroßanlagen". (Section 7) Saal II: „Flugzeug- und Fahrzeugmotoren". (Section 30)
12.30—13.15	Allgemeiner Hauptvortrag: Dr.-Ing. Oskar Oliven: „Europas Großkraftlinien". (Krolloper.)
14.30—16.45	Fachsitzungen in den Kroll-Feststälen: Saal I: „Bau von Groß-Generatoren und -Transformatoren und anderen elektrischen Maschinen". (Section 18) Saal II: „Gesetze und staatliche Einflußnahme auf die Gas- und Elektrizitätswirtschaft". (Section 25) Saal III: „Gewinnung von natürlichen und künstlichen Ölen, deren Umwandlung und die Eigenschaften der Motortreibstoffe". (Section 28)

20. VI.	Freitag
10—12.15	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen: Saal I: „Zusammenarbeit verschiedener Energieerzeugungsanlagen". (Section 17) Saal II: „Eisenbahnen mit Dampf- und elektrischem Betrieb". (Section 26)
12.30—13.15	„Italienische Stunde". Allgemeiner Hauptvortrag: Prof. Vallauri: „Energie und Elektrizität". (Krolloper.)

21. VI.	Sonnabend
10—12.15	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen: Saal I: „Energie-Übertragung und Energiefluß in einfach und mehrfach gekuppelten Netzen". (Section 20) Saal II: „Ortsfeste Verbrennungsmotoren und Verbrennungsmotorforschung". (Section 29) Saal III: „Staumauern (Talsperren)". (Section 14)

22. VI.	Sonntag
	Frei für Besichtigungen in und um Berlin sowie für Wochenendfahrten an die See und ins Gebirge. Nähere Auskunft durch das Offizielle Reisebüro der Zweiten Weltkraftkonferenz.

23. VI.	Montag
10—12.15	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen: Saal I: „Dampf- und Gasturbinen und Kolbenmaschinen". (Section 10) Saal II: „Methodik und technisch-wirtschaftliche Fragen bei der Ausnutzung von Wasserkräften". (Section 13)
14.30—16.45	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen: Saal I: „Wirtschaftliche Fragen der Großkraftspeicherung". (Section 15) Saal II: „Erdung, Blitzschutz und gegenseitige Beeinflussung von Starkstrom- und Schwachstromleitungen". (Section 21)
$17—18^{00}$	Allgemeiner Hauptvortrag: Professor A. S. Eddington F. R. S.: „Inneratomare Energie". (Krolloper.)
20^{00}	Zwangloses Treffen der verschiedenen Fachleute auf folgenden Fachgebieten: Gasförmige Brennstoffe, Dampfkraft, Verbrennungskraft, Wasserkraft, Ausbildung Rechtsfragen.

24. VI.	Dienstag
10—12.15	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen: Saal I: „Kosten und Betriebsvergleich verschiedener Energiearten beim Abnehmer". (Section 6) Saal II: „Kessel und Feuerungen". (Section 11) Saal III: „Wasserkraftwirtschaft in einzelnen Ländern". (Section 16)
12.30—13.15	Allgemeiner Hauptvortrag: Dr. A. F. Enström: „Die Maschinenkraft als Kulturfaktor".

25. VI.	Mittwoch
10—12.15	Fachsitzungen in den Kroll-Festsälen: Saal I: „Werke mit kombinierter Energiewirtschaft, insbesondere auch Heizkraftwerke". (Section 8) Saal II: „Schaltanlagen einschließlich automatischer Steuerung von Kraftwerken sowie Fernmessung und Nachrichtenübermittlung". (Section 19)
15—16.30	Schlußsitzung in den Kroll-Festsälen.

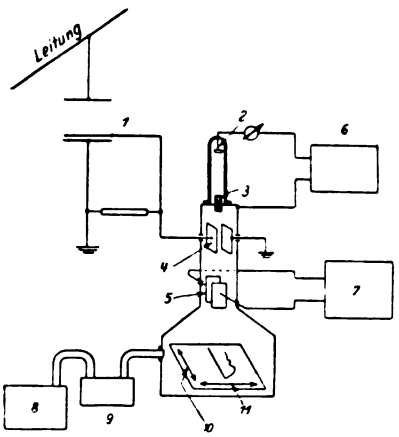
26. VI.	Donnerstag
	Beginn der offiziellen Kongreßreisen.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Hochspannungstechnik.

Blitzforschungsstation in den Tennessee-Mountains in Amerika. — Die Notwendigkeit einer systematischeren Bekämpfung der Gewitterüberspannungen hat die Elektrotechnik dazu geführt, selbst die Blitzforschung in die Hand zu nehmen. Die ersten Beobachtungstationen dieser Art sind in Europa geschaffen worden. Später hat auch Amerika solche Arbeiten aufgenommen. Edward Beck beschreibt die von der Westinghouse Electric & Mfg. Co. im vorigen Jahr in den Tennessee-Bergen errichtete Station, welche an eine 150 kV-Leitung der Aluminium Co. angeschlossen ist. Sie ist mit einem Kathodenoszillographen der Norinderschen Bauart, mit Klydonographen und mit photographischen und anderen Geräten ausgerüstet.



1 Spannungsteiler
2 Kathode
3 Anode
4 Platten zur Schwingungsablenkung
5 Platten zur Zeitablenkung
6 Gleich-Hochspannungsquelle
7 Schwingkreis
8 Vorpumpe
9 Molekular-Luftpumpe
10 Zeitablenkung
11 Ablenkung durch Überspannung

Abb. 1. Schaltungsanordnung des Kathodenoszillographen.

Die Schaltung des Kathodenoszillographen der Station ist in Abb. 1 zu sehen. Der eigentliche Oszillograph ist etwa 2 m lang und wiegt etwa 75 kg. Die Entladungsröhre besteht noch aus Glas, der übrige Teil, wie heute allgemein üblich, aus Metall. Der Filmstreifen, auf dem die Aufnahmen gemacht werden, ist, wie bei dem ursprünglichen Norinderschen Apparat, auf eine Trommel gespannt, welche mit 6000 ... 7200 U/min umläuft und dabei eine Umfangsgeschwindigkeit von 60 m/s erhält. Für langsame Vorgänge kann die Trommel durch diese Rotation die Zeitachse schreiben; für schnellere Vorgänge wird bei stillstehender Trommel die Zeitablenkung durch ein besonderes Ablenkplattenpaar in üblicher Weise elektrisch bewirkt, u. zw. wird dabei als Nullinie eine Sinusschwingung benutzt, ein Verfahren, das schon von Dufour für seine ersten Aufnahmen angewendet worden ist. Die Vakuumregelung erfolgt nach dem erstmalig von Gábor eingeführten Prinzip des kontinuierlichen Lufteinlasses in Verbindung mit dem geteilten Vakuum. Zur Erzeugung des Hochvakuums wird eine Molekular-Luftpumpe, für das Vorvakuum eine Ölpumpe verwendet. Die Entladungsröhre wird mit 30 ... 60 kV und 0,3 mA erregt. Die Kopplung an die Leitung erfolgt wie üblich mit einem kapazitiven Spannungsteiler, zu dessen geerdetem Teil ein Widerstand parallel liegt. Angaben über die Größen der Kapazitäten und des Widerstandes werden nicht gemacht; das ist deshalb bedauerlich, weil der Charakter der erhaltenen Kurven stark von der Wahl dieser Verhältnisse abhängt. Der Klydonograph ist gleichzeitig an die Hochspannungsleitung gelegt, um das umfangreiche Versuchsmaterial, das man seit einigen Jahren in Amerika mit diesem Gerät aufgenommen hat, in Beziehungen zu den oszillographischen Aufzeichnungen zu bringen.

Weiterhin wird mit einem besonderen oszillographenähnlichen Gerät (Osiso) die Zeitdifferenz zwischen Blitz und Donner gemessen unter Benutzung von entfernt aufgestellten Mikrophonen, welche auch den Ort des Einschlages angeben sollen (in Deutschland hat man hierzu Rahmenantennen verwendet[1]). Zur photographischen Aufnahme des ganzen Gewitterhimmels wird eine Kamera mit vertikal nach oben gerichteter optischer Achse benutzt, die einen so großen Öffnungswinkel hat, daß auch der Horizont praktisch noch abgebildet wird.

Die Aufnahmen werden offenbar an der Hochspannungsleitung während des Betriebes gemacht. Die Frage, ob es zweckmäßiger ist, so vorzugehen oder durch Aufnahmen an kurzen Antennen Unterlagen zu suchen, die sich allgemein zur Vorausberechnung von Überspannungen an beliebigen Leitungen verwenden lassen, wird in der Arbeit nicht angeschnitten. Norinder[1] und neuerdings auch Berger[2] haben für ihre Aufnahmen mittels des Kathodenoszillographen ebenfalls den ersteren Weg gewählt. Die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen ist zunächst nach beiden Richtungen vorgegangen, hat aber neuerdings die Verfolgung des zweiten Weges bevorzugt (Gewitterstation auf dem Monte Generoso bei Lugano mit registrierendem Kathodenoszillographen). Es ist für die Beschleunigung der weiteren Aufklärungsarbeit sehr nützlich, daß nach beiden Richtungen vorgegangen wird. (E. Beck, The Electric Journ. Bd. 25, S. 591.) Matthias.

Apparate.

Ein Glühkathoden-Gleichrichter für hohe Spannungen. — Bisher kommt in der Hauptsache die Gleichrichtung hochgespannten Wechselstroms mittels synchron rotierender mechanischer Gleichrichter in Frage. Die bei der Verwendung eines rotierenden Apparates auftretenden Schwierigkeiten können durch einen Glühkathoden-Gleichrichter vermieden werden. Gegenüber den in der Radio- und Röntgentechnik gebräuchlichen Modellen mußten die Glühkathoden-Gleichrichter so ausgebildet werden, daß sie den Anforderungen der Starkstromtechnik mit ihren strengen Prüfbedingungen sich gewachsen zeigen. Dabei ergaben sich, wie R. Strigel in der Siemens-Z. berichtet, bei der Durchbildung von Spannungen über 100 kV Schwierigkeiten in folgenden Punkten, die teilweise in innerer Abhängigkeit voneinander stehen.

1. Lebensdauer des Ventils. Sie ist bedingt durch die Lebensdauer des glühenden Wolframfadens. Diese wiederum ist abhängig einerseits von der Verdampfung des Wolframs bei den hohen Glühtemperaturen, anderseits aber auch von der mechanischen Beanspruchung des Fadens.

2. Mechanische Kräfte auf den Heizfaden infolge des elektrostatischen Feldes zwischen Anode und Heizfaden. Durch eine haarnadelförmige Anordnung des Heizfadens, der von zwei Stützen gehalten wird, ist es möglich, diese mechanischen Kräfte durch die Abstoßungskräfte zu kompensieren, die zwischen Glühdraht und Stützen herrschen.

3. Bemessung der Anode auf Dauerlast. Die Anodenbelastung wird so bemessen, daß 5,5 W/cm² bei Strahlungskühlung der Anode nicht überschritten werden. Unterhalb dieses Wertes bleibt die Elektronenemission der Anode klein gegenüber der des Heizfadens.

4. Bemessung der Anode auf Kurzschluß im Verbraucher. Durch entsprechende Bemessung der Blechstärke kann die Wärmekapazität der Anode so bestimmt werden, daß sie die bei Kurzschlüssen im Verbraucher auftretende Energie wenigstens so lange aufnimmt, bis der Selbstschalter vor dem Haupttransformator der Gleichrichteranlage ausgelöst hat. Versuche, die in dieser Richtung angestellt wurden, haben außerdem gezeigt, daß bei Überhitzung der Anode infolge lange andauernden Kurzschlusses keine Zerstörung des Gleichrichterrohres eintrat, da bei den hohen Anodentemperaturen, wie sie während der Versuche auftraten, auf der Anode und teilweise auch auf dem Glaskolben soviel Gas frei wurde, daß der Stromübergang zwischen Anode und Heizfaden in Form einer Gasentladung vor sich ging. Das freigewordene Gas wurde von den Glaswänden und der Anode nach dem Abschalten des Kurzschlusses so rasch ab- bzw. adsorbiert, daß sofort anschließend ein zweiter Kurzschlußversuch vorgenommen werden konnte. Die Röhren verlieren also — wenigstens bei Betriebspannungen bis zu 60 kV — bei einem etwaigen Versagen des Selbstauslösers im Kurzschlußfalle nur ihre Ventileigenschaft, wodurch dann der Hochspannungstransformator in vollem Kurzschluß arbeitet.

Es werden dann Angaben über ein ausgeführtes Glühkathodenrohr der Typenbezeichnung VA 130/600—12 ge-

[1] Elektrizitätswirtsch. Bd. 25, S. 297; Bd. 26, S. 2. (ETZ 1926, S. 854.)

[1] Tekn. Tidskr. 1927, H. 44, Elektrik 11.
[2] Bull. Schweiz. E. V. Bd. 20, S. 321.

Digitized by Google

macht. Das Rohr wird mit 200 kV effektiver Wechselspannung geprüft, besitzt einen Sättigungsstrom von 600 mA, man kann also mit ihm einen pulsierenden Gleichstrom von 200 mA Mittelwert erhalten. Die Heizleistung des Rohres beträgt 240 W einschließlich der Verluste in einem Eisenwiderstand, der dem Heizfaden vorgeschaltet ist. Der normale Heizstrom ist 16,8 A, die Heizspannung 12 V. Das Ventil hat eine mittlere Lebensdauer von 3500 h.

Im zweiten Teil des Aufsatzes wird die Verwendung des angegebenen Glühkathoden-Gleichrichters in einer Versuchs-Elektrofilteranlage beschrieben. Gegenüber der Doppelwellen-Gleichrichtung mittels synchron umlaufenden mechanischen Gleichrichters ergeben sich mit Glühkathodenröhren folgende Vorteile:

1. Die mittelfrequenten Schwingungen im Filterstrom, die durch den Funkenübergang des rotierenden Gleichrichters angestoßen werden, und damit die Radiostörungen fallen fort.
2. Ein Vergleich des Kurvenverlaufes in der Nähe der Maximalamplitude der Filterspannung zeigt, daß die hohen Spannungswerte beim Röhrenbetrieb ungefähr die doppelte Zeit gehalten werden wie beim mechanischen Gleichrichter; es kann hierbei also eine viel kräftigere Ionisierung der Gase bewirkt werden.
3. Das Einsetzen des Ladestromes erfolgt beim mechanischen Gleichrichter fast als Rechteckwelle, während es beim Röhrengleichrichter ungefähr nach der Funktion $\sin \frac{2}{3} \omega t$ erfolgt. Die Anlage ist in letzterem Falle daher viel weniger Überspanungen ausgesetzt.
4. Es ist möglich, die Spannung am Filter bei Röhrenbetrieb etwas höher zu halten. Bei gleicher Filterspannung ist der Stromdurchgang durch die Gase bei Anwendung von Röhren ungefähr um 10 ... 20 % höher, auch die Reinigung ist etwas verbessert.

(R. Strigel, Siemens-Z. Bd. 9, S. 448.) *Sb.*

Chemie.

Neuere elektrolytische Wasserzersetzer. — Der große Bedarf der künstlichen Ammoniakherstellung an möglichst reinem Wasserstoff wird bei billigem Strom am besten durch die Elektrolyse befriedigt. Als Elektrolyt dienen Natronlauge, Kalilauge oder Kaliumkarbonatlösung; am besten leitet Kalilauge, am schlechtesten die Karbonatlösung, welche aber den Vorteil bietet, daß sie sich in Berührung mit der Luft nicht verändert, während Kali- und Natronlauge aus ihr begierig Kohlensäure aufnehmen. Die Elektroden bestehen aus Eisen; die Anoden werden zweckmäßig vernickelt. Der große Bedarf hat die Erfinder zu mannigfachen neuen Gestaltungen angeregt, von denen ich im folgenden einige näher besprechen will.

Die englische International Electrolytic Plant Co. stellt die Zellen von Knowles her, mit denen z. B. 1926 eine große Anlage in Pierrefitte (Frankreich) für die Société des Engrais azotés et composés ausgerüstet wurde[1]. Die Knowles-Zelle (Abb. 2) ist kräftig gebaut und gut durchgebildet. In der abgebildeten Zelle hängen 14 Glocken *BB* zum Auffangen der Gase, welche sich nach unten in die Scheidewände *LL* aus Asbest fortsetzen; diese verhindern, daß der an der Kathode entwickelte Wasserstoff sich mit dem an der Anode gebildeten Sauerstoff zu dem höchst gefährlichen Knallgas verbindet, setzen aber dem Stromdurchgang keinen bedeutenden Widerstand entgegen. Die Elektroden *AA* werden von Bolzen *CC* getragen, welche durch Stahlrohre *DD* hindurchgehen; diese Rohre sind oben an die Glocken angeschweißt und innen durch Isolierrohre *EE* von den Bolzen getrennt. Jeder Elektrodenbolzen wird am Ende von zwei Muttern getragen, welche durch zwei Kappen *FF* von den Stahlrohren isoliert sind. *G* und *H* sind die Stromschienen. Die waagerechten Rohre *JJ* sammeln den Sauerstoff und den Wasserstoff, welche durch die gekrümmten Rohre *KK* abgesogen werden. Der ganze Glockensatz ist von einer Einfassung *MM* umgeben, auf welche er sich nach dem Herausnehmen stützt.

Die kleinste Zelle von Knowles liefert mit 166 A bei 2,25 V stündlich 75 l Wasserstoff, die größte Zelle mit 8333 A stündlich 3,8 m³. Die größte Zelle ist 2½ m lang, 1¼ m breit und 1¼ m hoch. Die Belastung darf um 50 % gesteigert werden, wodurch die gelieferte Gasmenge um die Hälfte erhöht wird, aber auch der Energieaufwand wegen der höheren Spannung von 2,5 V um 12 % größer ist. Bei der normalen Klemmenspannung von 2,25 V werden für 1 m³ feuchten Wasserstoffes bei 20 ° und 760 mm Druck 4,9 kWh gebraucht; rechnet man auf trockenen Wasserstoff von 0 ° um, so bedarf man 5,4 kWh/m³. Für den Wasserstoff wird eine Reinheit von 99,5 %, für den Sauerstoff von 99,0 % verbürgt.

In Pierrefitte sind vier Stromkreise zu je 200 Zellen aufgestellt, die stündlich etwa 2200 m³ Wasserstoff für die Ammoniakherstellung liefern. Damit sich nicht bei Eintreten einer Störung Wasserstoff mit Sauerstoff vermischt, ist jede Glocke mit einer selbsttätigen Sicherheitsvorrichtung versehen. Zwischen den Bolzen, den Isolierrohren und den Stahlrohren ist nämlich ein schmaler Ringraum frei, welcher für gewöhnlich durch die Lauge gegen das Gas in der Zelle abgesperrt ist; sobald aber der Flüssigkeitspiegel zu tief sinkt, weil etwa versehentlich das durch die Elektrolyse verbrauchte Wasser nicht genügend ergänzt wurde, oder sobald in den Gasleitungsrohren ein Überdruck auftritt, dann gibt die fallende Flüssigkeit diesen Notausgang frei, bevor sich Knallgas bilden kann. Die Wasserzufuhr zu den Zellen wird durch ein Gefäß geregelt, in welchem ein Schwimmer das Ventil betätigt. In den zu beiden Seiten dieses Gefäßes angeordneten Wäschern wird das Gas von mitgerissenen Laugentröpfchen befreit, soweit sie nicht schon in den schräg ansteigenden Zuführungsrohren zurückgeflossen sind. Von den geringen Mengen des anderen Gases werden der Wasserstoff und der Sauerstoff, wenn nötig, durch besondere Reiniger befreit, in welchen sie über erhitzten Palladiumbimsstein geleitet werden.

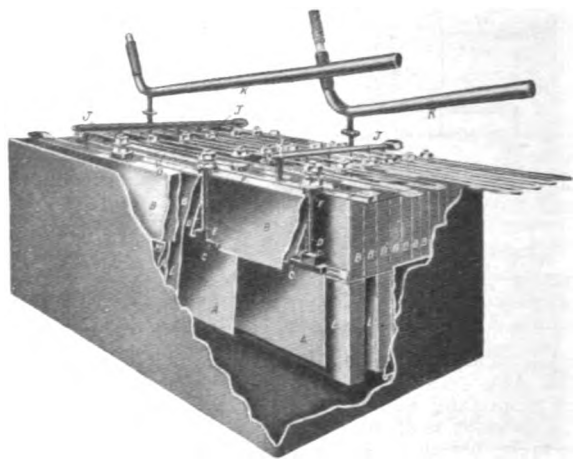


Abb. 2. Wasserzersetzungszelle von Knowles.

Wenn der verfügbare Bodenraum knapp ist, so können mehrere Knowles-Zellen übereinander gebaut werden, u. zw. bis zu zehn Zellen. Der Strom tritt dabei unmittelbar von der oberen zur unteren Zelle über.

Auf den geringsten Raum werden die elektrolytischen Zellen zusammengedrängt, wenn sie nach dem Vorbilde der Filterpresse gebaut sind. Zuerst hat Schmidt in der Maschinenfabrik Oerlikon (Schweiz) diese Zellen ersonnen, bei denen die Elektroden bipolar sind. Es wechseln nämlich Gußeisenplatten mit Asbesttüchern ab und vom ganzen Satz werden die erste und die letzte Platte mit der Stromquelle verbunden. Durch Aussparungen in den Platten sind Kanäle zum Ableiten der Gase und zum Zuleiten des Wassers gewonnen. Die Maschinenfabrik Sürth baut nach diesem altbewährten Vorbilde von Oerlikon Elektrolyseure, bei denen nach den Patenten von Pechkranz das Asbestdiaphragma durch ein sehr dünnes feingelochtes Nickelblech ersetzt ist, das auf galvanischem Wege hergestellt wird. Die Bamag-Méguin A. G. verwendet ebenfalls metallische Diaphragmen, aber solche, welche aus nichtrostendem Stahldraht sehr eng gewebt sind. Solange die Spannung zwischen dem Diaphragma und den Elektroden unter 1½ V bleibt, beteiligt sich das Diaphragma an der Elektrolyse nicht, weil die Zersetzungsspannung des Wassers etwa 1,68 V beträgt. Je nach der Belastung ist die zur Erzeugung von 1 m³ Wasserstoff nötige Energiemenge verschieden; je höher man belastet, um so mehr holt man aus den Zellen heraus, muß aber um so mehr Strom aufwenden. Der starke durch die Zelle geschickte Strom erwärmt die Flüssigkeit, wodurch ihr elektrischer Widerstand wesentlich verringert und die Zellenspannung vermindert wird. Bei einer Laugentemperatur von 80 ° und einer Stromdichte von 1000 A/m² maß ich an Bamag-Zellen eine Zellenspannung von 2,2 V und stellte einen Stromaufwand von 4,86 kWh für 1 m³ Wasserstoff (feucht) von Zimmertemperatur und Atmosphärendruck fest.

[1] L. Vallard, Rev. Gén. de l'El. Bd. 23, S. 173.

Digitized by Google

J. E. Noeggerath[1] liefert durch seinen Druckzersetzer den Wasserstoff gleich unter hohem Druck bis zu 200 at, welcher für die Ammoniaksynthese gebraucht wird, während man sonst den unter geringem Überdruck von den Zellen gelieferten Wasserstoff erst durch Kompressoren stufenweise zusammenpressen muß. Zugleich spart Noeggerath an Raum. Bei seinem Zersetzer (Abb. 3) sind in dem Druckrohr *a* konzentrisch die Anode, das Diaphragma und die Nickelkathode ineinander gesetzt; der Elektrolyt ist Kalilauge. Der Anode wird der Strom bei *d* vom Druckgefäß her zugeführt; mit dem vom Gefäß isolierten Deckel ist die Kathode leitend verbunden. Der von der Anode aufsteigende Sauerstoff sammelt sich in einem durch Ausbohren gewonnenen Raume des schmiedeeisernen Blockes *b*, aus dem er durch das Ventil *f* in den Behälter *g* übertritt, um durch das Rohr *l* in die zu füllende Flasche einzudringen. Der Wasserstoff steigt innerhalb des Diaphragmas auf, sammelt sich in anderen Bohrungen des Schmiedeblockes und strömt durch das Ventil *e* zu den Behältern *h* und *i* und schließlich durch das Rohr *k* in die Flasche für Wasserstoff. Damit bei Druckunterschieden die Lauge nicht aus dem einen Elektrodenraum in den anderen hinübergedrängt wird und sich die Gase vermischen, ist der Anodenraum mit dem Kathodenraum durch eine Ausgleichleitung *m* verbunden, welcher bei *n* frisches Wasser als Ersatz für das durch die Elektrolyse verbrauchte Wasser zugeführt wird. Diese geräumige Ausgleichleitung ist in ihrem wichtigsten Teil auf eine große Länge so eng, daß die Gase von der Ausgleichleitung durch das rascher einströmende Speisewasser ferngehalten werden. Eine besondere Anordnung bewirkt, daß sich der Druckunterschied allmählich wieder ausgleicht. Bei plötzlichen Druckänderungen, z. B. wenn eine Leitung bricht, schalten Rückschlagventile *o* und *p* den Wasserzersetzer ab. Mit steigendem Druck sinkt die Klemmenspannung, die bei 1 at 2,8 V, bei 100 at 2,58 V und bei 200 at 2,53 V beträgt. Noeggerath gibt an, daß bei hoher Stromdichte (1500 A) und 200 at etwa 3 ... 3,5 kWh/m³ gebraucht werden. Aus den von ihm gegebenen Kurven geht aber hervor, daß diese Zahl sich nicht wie üblich auf 1 m³ Wasserstoff sondern auf Wasserstoff und Sauerstoff zusammen bezieht. Auf 1 m³ Wasserstoff wären also vielmehr 4,5 bis 5,75 kWh aufzuwenden. Auch mit dieser Zahl bin ich nicht ganz einverstanden. Theoretisch geben nämlich 1000 Ah 443 l trockenen Wasserstoff von 0° und 760 mm[*2]; bei 2,53 V würden also 2,53 kWh 443 l ergeben können und 1 m³ würde demgemäß 5,7 kWh erfordern; auf feuchten Wasserstoff umgerechnet ergibt dies einen Mindestwert von 5,2 kWh/m³. Bei dem Vergleich mit dem gewöhnlichen Verfahren, bei welchem das Gas nachträglich zusammengepreßt wird, setzt Noeggerath für das Zusammenpressen von 1 m³ auf 200 at 0,6 kWh in Rechnung. Zieht man diesen Betrag von jenen 5,2 kWh ab, so ergeben sich 4,6 kWh als Aufwand für die Elektrolyse allein, ohne die durch das Zusammenpressen geleistete Arbeit, ein Wert, der günstig ist. Es muß sich nun bei der praktischen Durchführung in größerem Maßstabe zeigen, wie sich diese Hochdruckelektrolyse technisch und wirtschaftlich bewährt.

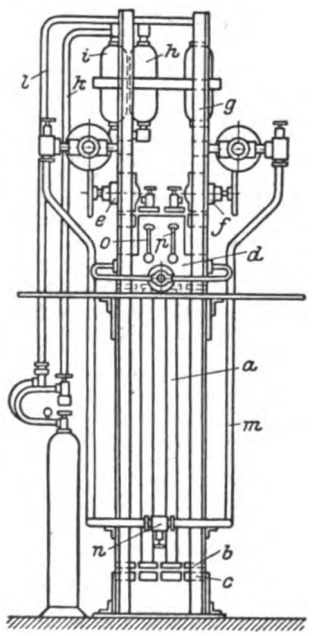


Abb. 3. Hochdruck-Wasserzersetzer von Noeggerath.

Auf ganz einfache Weise will W. Voigt[3] in einem Hochdruckzersetzer Wasserstoff und Sauerstoff getrennt gewinnen, indem er mit so hohem Druck arbeitet, daß der zusammengepreßte Sauerstoff schwerer als die Lauge ist und untersinkt. Auch wenn er nur verdünnte Lauge benutzt, welche schlechter leitet, kommt er zu Drücken von mehr als 1000 at; für die übliche gut leitende Lauge dürfte die Ausführung dieses kühnen Planes erst recht erhebliche Schwierigkeiten schon wegen der Riesendrücke finden. (L. Vellard, Rev. Gén. de l'El. Bd. 23, S. 173. — J. E. Noeggerath, Z. VDI Bd. 72, S. 373.) K. Arndt.

[1] Z. VDI Bd. 72, S. 373.

[*2] 1 Grammäquivalent jedes Stoffes wird nach dem Faradayschen Gesetz durch 96 500 As = 26,8 Ah abgeschieden. Anderseits nimmt 1 Mol jedes Gases bei 0° und 760 mm Druck den Raum von 22,4 l ein. Weil das Wasserstoffmolekül H_2 aus 2 Atomen des einwertigen Wasserstoffes besteht, so sind zur Abscheidung von 22,4 l mindestens 2 . 26,8 Ah erforderlich.

[3] DRP. 453 275.

Beleuchtung.

Das Licht im Dienste der Verkehrsregelung[1]. — Mit dem Anwachsen des Verkehrs steigen die Gefahren, die er verursacht, und damit die Ansprüche an eine sichere und zuverlässige Regelung. Besonders groß sind die Schwierigkeiten einer sicheren Verkehrsregelung bei Nacht, da es gilt, in dem Gewirr der Lichter, das sich aus Reklame-, Schaufenster- und vielen anderen Beleuchtungsanlagen zusammensetzt, nicht zu übersehende und deutlich sichtbare Signale und Vorschriften anzubringen.

Die Verkehrszeichen kann man in bezug auf ihre Beleuchtung nach folgenden Gesichtspunkten zusammenstellen. Für beschriftete Zeichen unterscheidet man grundsätzlich durchleuchtete und beleuchtete Schilder. Durchleuchtete Schilder werden als vollständige Transparente oder ausgeschnittene Zeichen verwendet. Sie müssen gleichmäßig ausgeleuchtet und die Leuchtdichte darf nicht zu hoch sein, damit sie nicht unleserlich werden und blenden. So kann ein Fußgänger, der an einer zu hell beleuchteten Straßenbahnhaltestelle (Hastrag-Säule) steht, durch Blendung die Übersicht über die Straße verlieren. Auch Hausnummern und Straßennamen werden neuerdings beleuchtet und erleichtern damit die Abwicklung des Verkehrs, da jedes Suchen einen Aufenthalt und damit eine Störung verursachen würde. Die verschiedenartige Anstrahlung von Schildern und Zeichen unterscheidet sich lediglich in der Art der Anbringung der Lichtquelle. Vor allem muß diese gegen den Beobachter abgeblendet sein. Als sehr zweckmäßig hat sich die Aufhängung von Verkehrszeichen unter den schon vorhandenen Straßenbeleuchtungsanlagen erwiesen. Als Material für Schilder sollen möglichst diffus streuende, d. h. matte Flächen verwendet werden, damit durch spiegelnde Reflexion keine Blendung hervorgerufen werden kann. Die Verkehrsinseln, die der Verkehrsteilung und zugleich als Zuflucht für den die Straße kreuzenden Fußgänger dienen, können in ihrer Gesamtheit beleuchtet werden. Dabei muß aber auf den Lichteinfall geachtet werden, damit keine schattenlose Beleuchtung entsteht, die wegen zu geringer Kontrastwirkung die Inseln von der Straßenfläche nicht genügend abheben und sie zu Verkehrsklippen machen würde. Meistens verwendet man daher für ihre Beleuchtung und Markierung Pfosten. Sie werden entweder nur hell gestrichen oder mit Spiegelkappe versehen oder der mit farbigen Glasfenstern versehene Kopf wird von innen durchleuchtet. Die letztgenannten Pfosten haben sich besonders gut bewährt. Sie werden zugleich so stabil ausgebildet, daß sie den Anprall eines auffahrenden Fahrzeuges aufnehmen können und damit die Insel beschützen. Sind die Straßen für Verkehrsinseln zu eng, so verwendet man „Schildkröten"; dies sind eiserne, mit farbigen Glasfenstern versehene und von innen beleuchtete Halbkugeln, die so fest sind, daß Fahrzeuge gegebenenfalls über sie hinwegfahren können. Auch die in manchen Städten für den Verkehrschutzmann errichteten Kanzeln werden oft zur besseren Kennzeichnung an ihrem Fuße von innen beleuchtet.

Weiterhin verwendet man zur Verkehrsregelung Blinklichter, selbsttätig schaltende Signale[2] (Verkehrsampeln), phosphoreszierende und rückstrahlende Schilder und solche mit Spiegeleinsatz, die das einfallende Tageslicht durch ein Transparent werfen. Besonders haben sich die rückstrahlenden Schilder (Triple-Spiegel) bewährt, die aus kleinen, in verschiedenen Ebenen geschliffenen Spiegelsystemen (Katzenaugen) zusammengesetzt sind und nur bei Anstrahlung sichtbar werden. (M. Krüger, Vortrag d. D. Beleuchtungstechn. Gesellsch. 1930.) *Ple.*

[1] Vortrag, gehalten in der Mitgliederversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft, Berlin, am 9. I. 1930.

[2] Vgl. ETZ 1928, S. 1573, 1687.

Fernmeldetechnik.

Griechische Fernsprechkonzession der Siemens & Halske AG. — Auf Grund von Verhandlungen zwischen der griechischen Regierung, dem griechischen Parlament und der Siemens & Halske AG. ist mit letzterer ein Fernsprechabkommen zustande gekommen. Ein entsprechendes Gesetz, das soeben in Griechenland veröffentlicht wurde, hat die der deutschen Firma verliehene

Digitized by Google

Konzession in Kraft gesetzt. Nach dem Abkommen steht S. &. H. das ausschließliche Recht auf den Bau und den Betrieb von Ortsfernsprechnetzen in ganz Griechenland zu. Damit kontrolliert der deutsche Konzern praktisch den gesamten Telephonbetrieb des Landes und schafft sich im Gegensatz zu anderen Staaten, wo die Konzessionäre meist nur das Betriebsrecht für einzelne Städte oder Provinzen erhielten, ein umfangreiches Absatzgebiet. Das Bauprogramm sieht einmal die Modernisierung bzw. den Ausbau der wichtigsten Fernsprechverbindungen vor, deren Durchführung in möglichst kurzer Zeit erfolgen soll. So ist zunächst der Ausbau der Anschlüsse in Athen und der Hafenstadt Piräus beabsichtigt, wo innerhalb des ersten Jahres bereits 3000 automatische Anschlüsse fertiggestellt werden sollen. Nach dem sogen. Normalprogramm will man innerhalb von zwei Jahren Athen einschl. Piräus vollständig mit rd. 7000, ferner in ungefähr dem gleichen Zeitraum Saloniki mit 3000 und Patras mit 1000 Anschlüssen versehen. Zur Durchführung des beschleunigten Programms hat die Regierung der Konzessionärin grundsätzlich das Enteignungsrecht für bebaute und unbebaute Grundstücke zugesprochen, damit in den bereits vorhandenen oder erst zu errichtenden Gebäuden die Fernsprechämter in möglichst kurzer Zeit untergebracht werden können.

Nach dem Konzessionsvertrag überträgt die Konzessionärin innerhalb von sechs Monaten nach der Ratifikation ihre Rechte aus dem Vertrag auf eine griechische Gesellschaft, die zunächst mit einem Kapital von 0,5 Mill £ arbeiten soll. Bei der zu erwartenden Entwicklung des griechischen Fernsprechbetriebs dürfte allmählich das Vielfache dieses Betrags für den Ausbau des Ortstelephonnetzes notwendig sein. Die Finanzierung wird aller Voraussicht nach teils durch Kapitalserhöhung, teils durch Ausgabe von Anleihen erfolgen. Den Aktionären der Gesellschaft ist nach den Statuten eine Mindestdividende von 8 % garantiert. Hauptaktionär ist die Siemens & Halske AG. Daneben wird aber auch griechisches und schwedisches Kapital herangezogen werden, u. zw. letzteres durch die dem Großindustriellen Kreuger nahestehende Telefonaktiebolaget L. M. Ericsson, die von S. & H. auch an den Lieferungen für die Ortsfernsprechnetze beteiligt wird.

Ein besonderes Abkommen mit dem griechischen Staat überträgt der Siemens & Halske AG. ferner die Modernisierung der Anlagen sowie des Betriebs der Fernleitungen und der Fernämter in Griechenland. Sie wird unter weitestgehender Verwendung des bestehenden Netzes die notwendigen Ergänzungsmaterialien liefern und die Arbeiten sofort in Angriff nehmen. Die Beendigung dieser soll in etwa zwei Jahren erfolgen, und nachdem alle geplanten Verbesserungen für dieses Fernleitungsnetz durchgeführt sind, wird seine Instandhaltung und der Betrieb neben dem der Ortsleitungsnetze von einer griechischen Gesellschaft übernommen werden. Die Finanzierung der Fernleitungen und der Fernämter erfolgt entweder durch S. & H. selbst mittels Zurverfügungstellung einer Anleihe oder durch den griechischen Staat. *Bll.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Über Dreh- und Wechselfelder. — Im Anschluß an einen Aufsatz von G. Rasch[1] wird gezeigt, wie die Frage der Entstehung eines kreisförmigen Drehfeldes aus mehreren Wechselfeldern in anschaulicher Weise und allgemeiner Form mit Hilfe der von Ferraris angegebenen Darstellung behandelt werden kann. Ein System von beliebigen Dreh- und Wechselfeldern von gleicher Frequenz in einer Ebene kann immer durch Zerlegung der Wechselfelder und Zusammenfassung aller Rechtsdrehfelder einerseits und aller Linksdrehfelder anderseits auf ein Rechtsdrehfeld $\mathfrak{R} = R e^{-j(\omega t + \beta)}$ und ein Linksdrehfeld $\mathfrak{L} = L e^{j(\omega t + \lambda)}$ zurückgeführt werden. Die Bedingung, damit das gegebene System ein kreisförmiges Drehfeld ergibt, ist offenbar $R = 0$ oder $L = 0$. Ist keine dieser Bedingungen erfüllt, so kann man immer durch Hinzufügung eines passenden Dreh- oder Wechselfeldes zu einem reinen Drehfeld gelangen. Eventuell freie Variabeln der Gleichung $R = 0$ oder $L = 0$ können so gewählt werden, daß das resultierende Drehfeld am größten wird. Die Bedingung, damit das System ein reines Wechselfeld ergibt, ist $R = L$; ist diese nicht erfüllt, so kann man auch hier durch Hinzufügung eines passenden Dreh- oder Wechselfeldes ein reines Wechselfeld erzielen. In dem allgemeinen Fall, daß weder die Bedingung $R = 0$ oder $L = 0$ noch die Bedingung $R = L$ erfüllt ist, entsteht aus der weiteren Zusammenfassung der Felder $\mathfrak{R}$ und $\mathfrak{L}$ ein Feld mit zeitlich veränderlicher Größe und Richtung. Der vom Endpunkt des Vektors beschriebene Ort ist eine Ellipse, die mit konstanter Flächengeschwindigkeit überstrichen wird. (L. A. Finzi, Arch. El. Bd. 22, H. 6, S. 573.)

[1] G. Rasch, Arch. El. Bd. 21, S. 315.

Durchschlag von festen Isolatoren. — Es ist eine bedeutende Anzahl von Arbeiten vorhanden, in denen u. a. der Einfluß untersucht wurde, den die Beanspruchungsdauer auf die dielektrische Festigkeit der festen Isolatoren ausübt. Erwähnt seien die Untersuchungen von Rochow[1], Mündel[2] sowie insbesondere diejenige von Jost[3]. Die Resultate dieser Untersuchungen stimmen bei weitem nicht in allen Punkten überein. So findet z. B. Jost, daß im Fall von Glas die Durchschlagspannung bei Zeiten, die zwischen 10^{-4} und 10^{3} s liegen, von der Beanspruchungsdauer gar nicht abhängt. Nach Rochow und Mündel ist dagegen in demselben Zeitintervall eine bedeutende Abhängigkeit vorhanden. Diese Diskrepanz muß mit der Verschiedenheit der Versuchsbedingungen in Zusammenhang gebracht werden. Während bei Rochow das elektrische Feld als homogen gelten konnte, war es bei Jost entschieden nicht homogen. Die Aufgabe der vorliegenden Untersuchung bestand darin, erstens die Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Beanspruchungsdauer für einen homogenen Isolator bei möglichst reinen Bedingungen zu bestimmen, zweitens den Einfluß herauszustellen, den die Versuchsbedingungen auf diese Abhängigkeit ausüben könnten. Als Isolatoren wurden Glas und Glimmer gewählt.

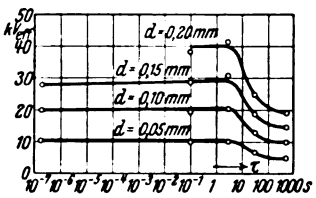


Abb. 4. Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Beanspruchungsdauer für verschiedene Schichtdicken. Russisches Geräteglas. Homogenes elektrisches Feld. Zimmertemperatur.

Es war wichtig, die Messungen sowohl in möglichst homogenen als auch in scharf ausgeprägt nichthomogenen Feldern auszuführen. Ein homogenes elektrisches Feld wurde durch eine günstige Form des Prüflings erreicht oder, wenn es sich um plattenförmige Prüflinge handelte, durch eine Einbettung der Platte und der Elektroden in ein halbleitendes Medium. Um ein nichthomogenes elektrisches Feld zu bekommen, genügte es, den Prüfling plattenförmig zu gestalten und den Durchschlag in einem schlecht leitenden Medium auszuführen.

1. Glas. — Die Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Beanspruchungsdauer, die sich für Glas im homogenen elektrischen Felde ergibt, ist in Abb. 4 dargestellt. Die Beanspruchungsdauer τ in Sekunden ist in einem logarithmischen Maßstab abgetragen. Bei Zeiten, die zwischen 10^{-7} und 1 s liegen, ändern sich die Durchschlagspannungen so gut wie gar nicht. Von etwa 3 s an in der Richtung der längeren τ beginnen die Durchschlagsspannungen steil abzufallen. Es kann gezeigt werden, daß dieser Abfall durch Erscheinungen bedingt wird, die mit den sich im Isolator ausscheidenden Wärmeverlusten in Zusammenhang stehen. So steigen z. B. im Gebiet der längeren τ bei einer Begrenzung der Stromdichte die Durchschlagspannungen an. Eine intensive Kühlung des Prüflings erhöht ebenfalls die Durchschlagspannungen, bei einer schwachen Kühlung verkleinert sich dagegen die dielektrische Festigkeit des Materials. Während wir bei kurzen Zeiten, da, wo die Durchschlagspannung von der Beanspruchungsdauer nicht abhängt, entschieden mit einem rein elektrischen (Ionisations-) Durchschlage zu tun haben, kommen wir bei längeren Zeiten wahrscheinlich in das Gebiet des Wärmedurchschlags. Im Gebiet des rein elektrischen Durchschlags wachsen die Durchschlagspannungen im homogenen elektrischen Feld proportional der Schichtdicke an. Die Durchschlagfeldstärke ist folglich konstant und beträgt etwa $2 \cdot 10^{6}$ V_{eff}/cm. Im nichthomogenen elektrischen Felde, bei einem scharf ausgeprägten Randeffekt, läßt sich, wie aus Abb. 5 zu ersehen ist, selbst bei längeren Beanspruchungen keine einigermaßen bedeutende Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Beanspruchungsdauer merken. Der Durchschlag ist hier rein elektrischer Natur. Die Durchschlagspannungen sind gegenüber dem homogenen Felde mehrmals erniedrigt.

[1] Rochow, Arch. El. Bd. 14, S. 361.
[2] Mündel, Arch. El. Bd. 15, S. 320.
[3] Binder, Wanderwellenvorgänge auf experimenteller Grundlage, S. 186. Verlag Julius Springer, Berlin 1928.

Digitized by Google

Aus den Versuchen läßt sich folgern, daß bei einem homogenen Isolator im Falle, wo alle sekundären Erscheinungen ausgeschlossen sind, die dielektrische Festigkeit von der Beanspruchungsdauer überhaupt nicht abhängt. Es ließen sich dann auch keine Ermüdungs- und Alterungserscheinungen erwarten. Die Versuche zeigen, daß bei Glas auch tatsächlich nach einer dauernden Beanspruchung keine zeitliche oder dauernde Verkleinerung der dielektrischen Festigkeit zu merken ist.

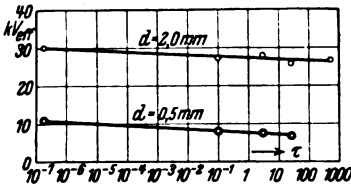
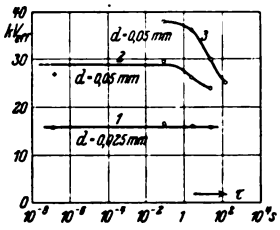


Abb. 5. Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Beanspruchungsdauer bei zwei Schichtdicken. Russisches Geräteglas. Nichthomogenes elektrisches Feld. Zimmertemperatur.



Kurve 1 u. 2 Wechselspannung
Kurve 3 Gleichspannung

Abb. 6. Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Beanspruchungsdauer. Glimmer. Homogenes elektrisches Feld.

2. Glimmer. — Aus Abb. 6 ist zu ersehen, daß bei Glimmer in ganz dünnen Schichten (etwa 0,025 mm, Kurve *1*) im homogenen elektrischen Felde keine Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Beanspruchungsdauer vorhanden ist. Bei größeren Schichtdicken dagegen läßt sich bei längeren Beanspruchungen eine solche Abhängigkeit sowohl bei Wechselspannung (Kurve *2*) als auch besonders bei Gleichspannung (Kurve *3*) merken. Die Durchschlagspannungen wachsen weniger schnell als die Schichtdicken, wobei die Abweichungen vom Proportionalitätsgesetz um so größer sind, je länger die Beanspruchung dauert. Bei kurzen Beanspruchungen läßt sich bei 0,05 mm Plattendicke eine Durchschlagfeldstärke von $5{,}8 \cdot 10^6\ V_{eff}$/cm oder etwa $8{,}2 \cdot 10^6$ Vm/cm erreichen.

Im nichthomogenen elektrischen Felde hängen die Durchschlagspannungen ebenso wie im Falle von Glas von der Beanspruchungsdauer nicht ab. Es läßt sich zeigen, daß die Abhängigkeit der Durchschlagspannungen von der Beanspruchungsdauer, die sich bei größeren Schichtdicken ergibt, nicht durch thermische Prozesse hervorgerufen werden kann. Sie muß wahrscheinlich mit dem Umstand in Zusammenhang gebracht werden, daß Glimmer in dicken Platten bedeutend weniger homogen ist als in dünnen Platten. Diese Vermutung wird dadurch bekräftigt, daß sich beim Glimmer gewisse Ermüdungserscheinungen merken lassen, die um so schärfer ausgeprägt sind, je größer die Schichtdicke ist.

Es wurden außerdem noch einige Messungen an nichthomogenen Isolatoren wie Ebonit und Gummi ausgeführt. In allen Fällen, sowohl im homogenen als auch im nichthomogenen elektrischen Felde, war eine Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Beanspruchungsdauer vorhanden, die nicht auf thermische Prozesse zurückgeführt werden konnte. Während folglich für einen homogenen Isolator die Unabhängigkeit der dielektrischen Festigkeit von der Beanspruchungsdauer charakteristisch ist, ist bei den nichthomogenen Isolatoren als Regel eine solche Abhängigkeit vorhanden. (L. Inge u. A. Walther, Arch. El. Bd. 22, H. 4/5, S. 410.)

Hochfrequente mechanische Schwingungen (Ultraschallwellen). — Ultraschallwellen sind bekanntlich mechanische Schwingungen, deren Frequenz höher liegt als die der normalen Schallwellen (die bis heute bekannten Schwingungszahlen liegen zwischen 40 000 und 100 000 Hz gegenüber dem Bereich hörbarer Töne zwischen 40 und 20 000 Hz). Man kann sie hervorbringen, indem man einen Körper, dessen Grundschwingungszahl möglichst hoch liegt, in dieser oder in einer seiner Oberschwingungen erregt. Das kann durch Reiben mit einem Tuch (Stahlsaite), Schlagen mit dem Hammer (z. B. auf kurze Stahlstäbe) oder am elegantesten durch elektrische Erregung auf piezoelektrischem Wege (z. B. einer parallel zur optischen Achse plangeschliffenen Quarzscheibe) geschehen.

Auf der 19. Jahresausstellung der Physikalischen und Optischen Gesellschaft in London Anfang 1929 gab Hopwood in einem zusammenfassenden Experimentalvortrag einen guten Überblick über den heutigen Stand des neuen Forschungsgebietes. Der Vortragende benutzte einen gewöhnlichen Hochfrequenzoszillator von 3 kW Leistung (Frequenz 100 000 ... 1 000 000 Hz; Spannung an den Quarzelektroden 20 kV). Zwecks Erzielung größter Amplituden wird die Senderfrequenz auf die mechanische Eigenschwingung des Quarzes abgestimmt. Der letztere liegt samt Elektroden in einem mit Öl gefüllten Glasgefäß, welches je nach der Lage der Quarzscheibe die Demonstration horizontaler oder vertikaler Strahlen gestattet. Horizontalstrahlen, deren Knotenpunkte durch Streifen an mit Koksstaub bestreuten parallelen Glasflächen sichtbar gemacht werden, dienen zur Demonstration stehender Wellen ($\lambda = 2$ mm) sowie verschiedener Interferenz-, Reflexions- und Beugungserscheinungen, welche durch besondere elektrolytische Verfahren auch fixiert werden können. Mittels eines an vertikaler verdrehbarer Achse aufgehängten Flügels kann dabei der Strahlungsdruck gemessen werden. In die Luft austretende Vertikalstrahlen bringen die Öloberfläche an der Austrittstelle zum Kochen. Taucht man ein Weinglas in die sich bildende Erhebung, so werden die schnellen Schwingungen auf dessen Wände übertragen, wo sie durch Lykopodiumstaub od. dgl. sichtbar gemacht werden können. Im Glase befindliches Wasser wird luftfrei gemacht (Aufsteigen von Blasen); flüchtige Flüssigkeiten (Benzol) verdampfen zu einer Wolke. Die auftretenden Wärmeeffekte sind intensiv (Verbrennungen der Haut bei Festhalten eines schwingenden Glasfadens zwischen Zeigefinger und Daumen, Anzünden von Streichhölzern). Von biologischen Wirkungen sind die Zerstörung von roten Blutkörperchen und die Tötung von Kaulquappen und Fischen nachgewiesen. Der Vortragende zeigte an einem Oszillogramm die verminderte Reaktionsfähigkeit des elektrisch gereizten Froschnerven, an Bildern den Einfluß der schnellen Schwingungen auf die Wasserpflanze Nitella (Aufhören der Zelltätigkeit, Zerstörung des Zellinnern) und berichtete von Beobachtungen über die Wirkung der Strahlung auf den ultramikroskopischen Erreger von Vaccinia. (F. L. Hopwood, J. Scient. Instr. Bd. 6, S. 34.) *Kn.*

Werkstatt und Baustoffe.

Untersuchung von Textilfaserisolation. — Wenn R. Williams und J. Murphy auf dem schon stark begangenen Gebiete der Untersuchung der Textilien auf ihre elektrischen Eigenschaften zu wesentlichen Erkenntnissen kommen, so haben sie dies ihrer Systematik zu danken, mit der sie dieses Gebiet in Arbeit nahmen. Sie weisen nach, daß nicht, wie allgemein angenommen wird, das Isolierungsvermögen einer Textilfaserisolierung durch den Feuchtigkeitsgehalt bestimmt wird, sondern daß hier noch weitere Momente auftreten, die, der Beeinflussung zugänglich, das Isolierungsvermögen über das durch Trocknen erzielbare Maß weit steigern lassen. — Die Untersuchung einzelner Textilfasern führte bei konstanter Luftfeuchtigkeit und gleichem Material zu einer überraschenden Gleichmäßigkeit der Widerstandswerte. Diese Gleichmäßigkeit bleibt erhalten, wenn Fäden untersucht werden, und selbst dann noch, wenn die Messung senkrecht zur Faserrichtung erfolgt: Diese Feststellung macht unabhängig von der Form der Prüflinge und zeigt, daß in der Praxis nicht die Form, in der die Isolation aufgebracht ist, sondern nur das Material zur Bewertung heranzuziehen ist. Alle Textilien haben infolge ihrer Faserstruktur die Eigenschaft, Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen, jedoch in unterschiedlichem Maße. Nach dem steigenden Prozentsatz der aufgenommenen Feuchtigkeit geordnet, ergibt sich die Reihenfolge: Azetylzellulose, Baumwolle, Seide, Wolle. Hiernach wäre anzunehmen, daß Azetylzellulose das höchste, Wolle das geringste Isoliervermögen besitzen würde. Nach fallendem Isoliervermögen geordnet, ergibt sich aber die Reihe: Azetylzellulose, Wolle, Seide, Baumwolle. Jedes Material verringert dabei sein Isoliervermögen mit steigender Luftfeuchtigkeit, aber auch hier sind wieder Eigenheiten festzustellen. Der Abfall findet um so schneller statt, je höher der Anfangswert bei niedriger relativer Luftfeuchtigkeit war, so daß bei sehr hohen Feuchtigkeitswerten Baumwolle, Seide und Wolle gleich schlechte Isolationswerte zeigen; Azetylzellulose bleibt hier in ihrem Verhalten günstiger und kommt auf keinen gleich niedrigen Wert.

Die vorgenannten Ergebnisse wurden an handelsüblichen Qualitäten der aufgeführten Textilien erzielt. Wurden diese nun einer gründlichen Reinigung durch Auswaschen unterzogen, so änderten sie zwar ihre Reaktion auf die Luftfeuchtigkeit nicht, steigerten jedoch ihr Isoliervermögen bei niedrigen Feuchtigkeitsgraden in ganz erstaunlichem Maße. Da sich durch die Reinigung Ver-

Digitized by Google

minderungen im Aschengehalt ergaben — bei Baumwolle z. B. von 1 % auf 0,15 ... 0,25 % —, so war der Anstieg des Isoliervermögens einer Auswaschung von Mineralstoffen zuzuschreiben. Tatsächlich ergaben Analysen eine Verminderung des Gehaltes an Pottasche, dagegen unveränderten Calcium- und Magnesiumgehalt. Da eine künstliche Erhöhung des Gehaltes an alkalischen Erden gleichfalls eine Verbesserung der elektrischen Eigenschaften erkennen ließ, so eignet sich zum Auswaschen der Textilien hartes Wasser besser als weiches, sofern letzteres nicht in unwirtschaftlich großen Mengen zur Anwendung gelangt. Die sich ergebende Möglichkeit der Behandlung der Garne mit Elektrolytlösungen, u. zw. auch solchen ohne Salzcharakter, ist noch im Stadium der Untersuchung.

Eine Zusammenstellung der gewonnenen Kurven zeigt, daß die Textilien, die ursprungsverwandt sind, in ihrem elektrischen Verhalten sich nahekommen. Es ergibt sich, daß die tierische Faser der pflanzlichen in der Höhe der erreichbaren Isolationswerte durchaus überlegen ist; dagegen ist die erstere empfindlicher gegen Feuchtigkeitsschwankungen. Es liegt nahe, für dieses Verhalten den chemischen Charakter — das Protein der tierischen und die Zellulose der pflanzlichen Faser — verantwortlich zu machen, was auf Grund der chemischen Struktur der Stoffe durchaus möglich erscheint. Die technische Auswertung dieser Erkenntnisse ist mit beachtlichem wirtschaftlichen Erfolg bereits von der Bell Co.[1] vorgenommen worden. (R. R. Williams u. E. J. Murphy, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 289.) *Wn.*

Neuzeitliche Riemenprüfung. — Festigkeitsversuche, wie sie bisher bei der Riemenprüfung angewandt wurden, sind allein nicht geeignet, ein zuverlässiges Bild über die Brauchbarkeit eines Riemens im Betriebe zu geben, da hier auch die Kraftverluste durch Steifigkeit eine große Rolle spielen. Im Versuchsfeld für Maschinenelemente der

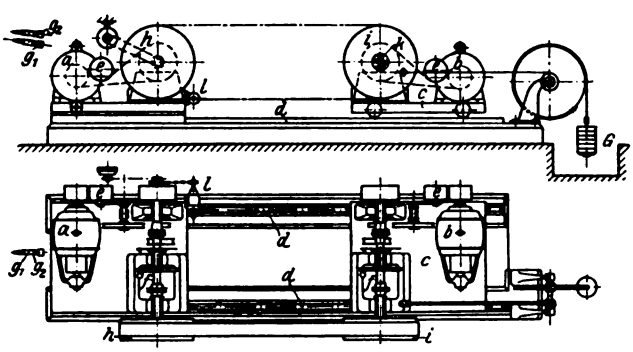


Abb. 1. Riemenprüfanlage.

T. H. Berlin wurde daher schon vor langen Jahren ein besonderer kleiner Betriebstand gebaut, um ein dynamisches Prüfverfahren zu ermöglichen. Dieser Anlage verdankt die Versuchseinrichtung des Materialprüfungsamtes und des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Metallforschung, Berlin-Dahlem, ihren Ursprung. Wie Abb. 1 zeigt, treibt der Motor *a* einen Stromerzeuger *b* an; beide sind über Vorgelegewellen mit Spannrollen durch den Versuchsriemen gekuppelt. Die Belastung erfolgt durch Stromentnahme aus der Dynamo, während man dem Riemen die gewünschte Vorspannung dadurch gibt, daß die auf einen Wagen montierte Dynamo durch das Gewicht *G* vom Motor weggezogen wird. Mittels der Fernrohre g_1 und g_2 werden je ein Drehkraftmesser *f* beobachtet, die in den Vorgelegewellen eingebaut sind. Ein Hilfstromerzeuger *l* mit Fremderregung und Kettenantrieb liefert die mit den Drehzahlen

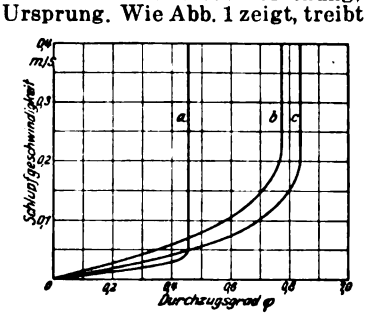


Abb. 2. Riemenschlupf und Durchzugsgrad für 3 verschiedene Riemenerzeugnisse *a*, *b*, *c*.

der Riemenscheibe *h* synchrone Spannung zum Betrieb einer Glimmlampe, welche die stroboskopische Scheibe *k* beleuchtet und das durch den Riemenschlupf verursachte Nacheilen der Riemenscheibe *i* erkennen läßt. Es kommt im wesentlichen auf die Ermittlung des Verhältnisses der Trummkräfte S_1 und S_2 (S_1 im ziehenden und S_2 im gezogenen Trumm) an. Die Summe beider (S_a) ist durch Einstellung des Gewichtes *G* bekannt. Die Nutzkraft $S_1 - S_2$ wird durch Messung mit dem Drehkraftmesser gewonnen, so daß dann der Durchzugsgrad nach Kutzbach ermittelt werden kann:

$$\varphi = \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} = \frac{S_n}{S_a}.$$

Die Schlupfgeschwindigkeit wird in Abhängigkeit vom Durchzugsgrad aufgestellt und ergibt eine Grundlage für die Erkenntnis der Laufeigenschaften (Abb. 2). Prüft man einen Riemen auch bei verschiedenen Geschwindigkeiten, so erhält man durchaus ein Ergebnis über seine Eignung, während der Zerreißversuch nur Aufschluß über den im Riemen verarbeiteten Rohstoff gibt. (E. Pelckmann, Z. VDI, Bd. 73, S. 1425.) *Ka.*

Verschiedenes.

Auszug aus dem Ingenieur-Bericht 1929 des Sächsischen Dampfkesselüberwachungs-Vereins. — Im Jahresbericht des Sächsischen Dampfkesselüberwachungs-Vereins, Chemnitz, wird bei der Ausführung elektrischer Anlagen sorgfältige und weitgehende Erdung empfohlen; in den letzten Jahren seien viele Unfälle und Todesfälle zurückzuführen auf zu hohe Erdungswiderstände, wo solche nicht vermutet wurden. Der Schutz gegen Berührung spannungführender Teile sei auch an Schaltanlagen in elektrischen Betriebsräumen anzubringen. Leider würden oft ausführende Firmen nur aus Konkurrenzgründen veranlaßt, an Schalttafeln ungeschützte Schalter zu installieren, während sie sonst auf beste Ausführung sähen. Ferner wird empfohlen, die Schutzrahmen von Verteilungstafeln auf der oberen Seite mit einem schrägstehenden Abschlußbrett zu versehen, da die Unsitte, die Tafeln als Ablegestelle für alle möglichen Gegenstände zu benutzen, sich nicht ausrotten ließe. Über die zur Phasenkompensation eingebauten Kondensatoren, die gegenüber den kompensierten Motoren den Vorteil geringerer Verluste haben, lägen bisher in der Hauptsache günstige Betriebsergebnisse vor. *Ka.*

Energiewirtschaft.

Die 9. Technische Tagung des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins[1]. — In der Eröffnungsansprache (11. IV.) bezeichnete der Vorsitzende, Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Piatscheck, 1929 als ein Jahr der Höchstleistung für den mitteldeutschen Braunkohlenbergbau. Es wurden 117 Mill t Rohkohle gefördert und 30 Mill t Briketts erzeugt. Eine im Herbst 1929 vorgenommene Arbeitszeitverkürzung um ½ Stunde täglich erhöhte gegenüber 1928 das Lohneinkommen um 3 %, während die Kopfleistung nur um knapp 1 % stieg. Der milde Winter hat den Braunkohlenbergbau in eine z. Z. mißliche Lage gebracht. Die Stapelbestände sind auf etwa 1,5 Mill t Briketts angewachsen. Der März allein brachte einen Produktionsrückgang an Briketts von 40 %.

Nach Ausführungen von Dr. Haardt, Berlin, über Massen-Förderungsmittel machte Dipl.-Berging. Härtig, Welzow, Mitteilung von umfangreichen Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Rohkohlenförderarten aus Braunkohlentagebauen. Die Großraumförderung für Flach- wie Hochförderung hat die Kettenbahnen, die in den Anlagekosten wohl niedrig, aber in den Betriebskosten hoch sind, schon weitgehend verdrängt. Bei den Betriebskosten der Großraumförderung stellt sich der elektrische Betrieb der Adhäsionsbahnen am günstigsten. Bei einer Förderung von 2,1 Mill t/Jahr und einem Förderweg von 4 km betragen die reinen Betriebskosten 9,5 Pf/Nutztkm und die gesamten Kosten, einschl. Kapitaldienst, 21 Pf. Beim Dampfbetrieb sind die entsprechenden Werte 15 und 28 Pf, bei der neuzeitlichen Kettenbahn 12 und 22 Pf. Starke Steigungen in der Großraumförderung werden durch Einschaltung von Zahnrad- und Bandstrecken sowie von Schrägaufzügen überwunden. Zum Betrieb der Zahnradstrecken wurde auf die elektrischen Zahnradlokomotiven von Borsig-SSW im Gewicht von 31 t, 400 kW Leistung, 22 t Schubkraft.

[1] Vgl. Glenn u. Wood, ETZ 1929, S. 1349.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 763.

Digitized by Google

6 ... 7 km/h Fahrgeschwindigkeit, mit 2 Lauf- und 2 Triebachsen hingewiesen. Die Zahnradlokomotive wird nur für die Hubarbeit verwendet, während auf der Flachstrecke feuerlose Lokomotiven verkehren. Die Zahnradlokomotive schiebt den Zug mit der feuerlosen Lokomotive über die Steigung hinweg. Die Jahresleistung wurde zu 5 Mill t mit 2 Zahnradlokomotiven angegeben.

Am 12. IV. wurde in zwei Vorträgen das Problem „Überschußenergie" behandelt. Dr.-Ing. Schöne, Grube Ilse, sprach über „Erzeugung von Überschußenergie in Braunkohlenbrikettfabriken bei Anwendung von Hochdruckdampf" und Prof. Schneider, Darmstadt, über „Die Verwendung der beim Trockenprozeß der Braunkohle gewinnbaren Überschußenergie in der Energiewirtschaft". Der erste Vortrag lehnte sich an die Erfahrungen an, die im Kraftwerk der Grube Renate mit der nunmehr seit zwei Monaten in regelrechtem Betrieb befindlichen Hochdruckanlage gemacht worden sind und erwiesen haben, daß derartige Anlagen wirtschaftlich und betriebsicher arbeiten. Störungen mit den Hochdruckteilen waren nicht erheblich und im Vergleich mit denen an der 35 atü-Anlage sogar geringer. Der Betrieb geht an der 100 atü-Anlage ebenso einfach vor sich wie an letzterer. Da das technische Problem der Hochdruckdampfanlagen, auf deren Kesselanlagen, wie Schmidt-Hanomag, Loeffler, Atmos, Benson usw. der Vortragende kurz einging, somit als gelöst erachtet werden kann, lag es nahe, zu untersuchen, welche wirtschaftlichen Erfolge zu erwarten sind, insbesondere wenn Gruben ihre Kraftanlagen zu erweitern oder zu erneuern haben und dabei auch an die Erzeugung von Überschußenergie über den eigenen Wärme- und Kraftbedarf denken. In diesem Fall wird die Frage des zu wählenden Dampfdrucks akut. Schöne hat in halbjähriger mühevoller Arbeit die Frage auf das sorgfältigste studiert und hierbei auch die Unterstützung der Firmen mit Tatsachenmaterial für die in die Rechnungen einzusetzenden Anlagekostenbeträge gefunden. Seine auf diesen Studien fußenden Ausführungen faßte er wie folgt zusammen: Die Höhe des wirtschaftlichen Dampfdrucks für Brikettfabriken hängt von der stündlichen Dampfmenge im eigenen Betrieb und zur Erzeugung der Energiemengen für den voraussichtlichen Absatz ab. Vorhanden ist bereits eine 100 atü-Anlage, die wirtschaftlich arbeitet und dabei betriebsicher ist. Bei geringerem Unterschied zwischen Erzeugungskosten und Energieverkaufspreis kann ein niedrigerer Dampfdruck wirtschaftlich sein. Die Erzeugungskosten werden im Gegendruckbetrieb immer geringer sein als in einem besonderen Werk. Man würde bedauern müssen, wenn die Braunkohlenindustrie von hohen Dampfdrücken keinen Gebrauch machte. Wenn der Dampfdruck jetzt zu gering gewählt wird, kommt dies später einer Rückständigkeit um mindestens zehn Jahre gleich. Den Trockendruck unter 3,5 atü zu senken, dürfte nur in Frage kommen, wenn der erzielte Preis für die mehr erzeugte Kilowattstunde günstig ist. Die Berechnungen des Vortragenden werden demnächst in einem im Verlag von Julius Springer erscheinenden Buch „Grundlagen für den Entwurf von Brikettfabriken zur Verbesserung der Wärmewirtschaft" veröffentlicht.

Prof. Schneider stellte an die Spitze seiner Ausführungen die Fragen: Wie kann die elektrische Überschußleistung aus Braunkohlen-Brikettfabriken im deutschen Stromversorgungsnetz nutzbringend verwendet werden, und wie hält ihre Lieferung dauernd an? Redner ging von dem Wärmeverbrauch in WE bezogen auf 1 kg Trockendampf aus, der in einem 3,5 atü-Wärmeprozeß auftritt, wenn mit dieser Dampfspannung am Trockner gearbeitet wird, und berechnete danach die in einem 14 atü- und 40 atü-Prozeß mit 3,5 atü Gegendruck ersparten und freiwerdenden WE zur Energieerzeugung bei gleicher Dampfmenge. Es stellt sich hierbei das bekannte Ergebnis ein, daß die Kilowattstunde bereits mit 1250 WE aus der auf dem Rost verbrannten Kohle gewonnen werden kann. Mit steigendem Dampfdruck wächst die erzeugte Energiemenge, und die ersparte Kohlenmenge nimmt ab. Bei 40 atü Kesseldruck würde diese Brennstoffersparnis für Mitteldeutschland 1,35 Mill RM/Jahr, für das Rheinland 1,5 Mill RM betragen. Zur Berechnung der Betriebskosten wurden die Neubaukosten der Kraftwerke bei 40 atü Kesseldruck als wirtschaftlichem Betriebsdruck, bezogen auf 1 kW Überschußenergie, im Rheinland zu 400 ... 800 RM, in Mitteldeutschland zu 500 ... 1100 RM, die Kohlenpreise zu 1,5 und 3 RM/t und der Preis für eine kWh Überschußenergie zu 0,7 ... 1,5 Pf angenommen. Ferner sind eventuelle Kapitaldienste für die alten Anlagen zu berücksichtigen. Sonstige Betriebskosten scheiden aus. Nach diesen Annahmen liegen die Ersparnisse bei den Gruben zwischen 15 und 34%, die aber im Einzelfall zur Verzinsung und Abschreibung des Neukapitals nicht hinreichen können. Jedenfalls ergibt sich daraus, daß Kohlenpreis, Verkaufspreis der Überschußenergie und die Höhe des Buchwertes der alten Anlage bestimmend für die Errichtung einer neuen Anlage sind. Im besten Fall — bei 3 RM/t Kohlenpreis, 1,5 Pf/kWh und völlig abgeschriebener alter Anlage — kann die neue Anlage durch den Erlös aus dem Energieverkauf in etwa 5 Jahren abgeschrieben sein. Dies ist auch annähernd bei einem Kohlenpreis von 1,5 RM/t der Fall. Je nach den drei Werten, die hier maßgebend sind, schwankt die Abschreibungszeit für die neue Anlage zwischen 8 und 32 Jahren. Dabei ist das Ausschlaggebende der für die Überschußenergie erzielbare Preis; der Kohlenpreis spielt eine untergeordnete Rolle, eine größere dagegen die Tilgung eines Restkapitals bei der alten Anlage.

Bezüglich Lieferung von Überschußenergie aus bestehenden Anlagen wurde auf die Gestehungskosten eingegangen. Bei einem stündlichen Dampfdurchsatz von 120 ... 150 t betragen diese 0,1 ... 0,2 Pf/kWh, in kleinen Anlagen mit 30 t Dampfdurchsatz bereits 0,5 Pf/kWh bei getilgtem Anlagekapital und 0,8 ... 1,8 Pf/kWh, wenn noch das gesamte Kapital zu tilgen ist. In den mitteldeutschen Werken ist der Eigenbedarf an Energie hoch. Im Rheinland stellen sich die Gestehungskosten bei großen Betrieben auf 0,8 Pf/kWh. Als günstigster Dampfdruck für die Betriebe in Mitteldeutschland wurden 35 ... 40 atü bis zu 120 t stündlichem Dampfdurchsatz gefunden. Bei höheren Durchsätzen und hohen Energiepreisen ist der Dampfdruck so hoch als möglich zu wählen.

Die gesamte in den drei Gebieten: Niederlausitz, Mitteldeutschland und Rheinland erhältliche Überschußenergie wurde zu 465 000 kW norm. und 643 000 kW max. ermittelt, in denen der Eigenbedarf mit enthalten ist. Zur Verwirklichung dieser Leistung wären 327 Mill RM erforderlich. Die Verwertbarkeit der Überschußenergie ist beschränkt, wobei die Gleichmäßigkeit ihres Anfallens ein gewisser Nachteil ist. Industrien, die bisher auf Wasserkraft abgestellt waren, wie elektrochemische und -metallurgische Werke u. ä., sowie die Erzeugung von Wasserstoff durch Druckelektrolyse kämen in Frage, doch darf der Strom nicht mehr als 1 ... 1,5 Pf/kWh kosten. Auch die öffentliche Elektrizitätswirtschaft könnte den Strom aufnehmen, wenn der Preis nicht höher ist als ihre eigenen Gestehungskosten. Der Überschußstrom ließe sich mit Vorteil zur Deckung der Grundlast in das Belastungsdiagramm des v. Millerschen Gutachtens dort aufnehmen, wo für den Grundlaststrom 1,2 Pf/kWh eingesetzt sind. Die Einfügung der Strommengen aus den drei Gebieten in das allgemeine Stromversorgungsnetz ist ohne große Transportkosten möglich, wenn sich die Braunkohlenindustrie zu einer entsprechenden Organisation entschließt; ihr Bedarf an Wärme und Kraft muß von einer Zentralstelle aus gedeckt werden. Die Verwirklichung dieses Gedankens ist bereits für das Kölner Becken studiert: Ein großes Gegendruckkraftwerk wird errichtet, in dem 2160 t/h Dampf für Trocknungszwecke mit 130 atü und 490 ° erzeugt werden. Es können dabei normal 360 000 kW ohne und 400 000 kW mit Zwischenüberhitzung in Turbinen mit 300 t Schluckfähigkeit und 3000 U/min gewonnen werden. Die Anlage kostet 280 RM/kW. Der Eigenbedarf der Werke erfordert 62 000 kW, so daß 300 000 kW als Überschuß verbleiben, gegen 148 000 kW bei einem Kesseldruck von 40 atü. Die Dampfabgabe zu Trocknungszwecken erfolgt durch eine Rohrleitung von 1800 mm Dmr., wobei nur 1,25 % Verlust auf die abgegebene Wärmemenge entstehen. Durch die zentrale Dampfabgabe werden 20 Mill und durch den Fortfall der eigenen Energiegewinnung 3 Mill RM/Jahr von den Werken gespart. Bei einem Überschußstrompreis von 0,7 ... 1,5 Pf/kWh und Kohlenpreisen von 1,5 und 3 RM/t können diese Ersparnisse 14 ... 27 % bzw. 16 ... 32 % betragen. Hiermit läßt sich noch eine Wärmeversorgung der Stadt Köln verbinden.

In der Aussprache wurde die Grenze für lohnende Überschußenergiegewinnung bei 150 D. W. tägliche Briketterzeugung gesehen und zur Verbilligung des Strompreises die Wahl großer Kesseleinheiten bei Hochdruck empfohlen. Bei steigendem Enrgiebedarf dürfe zunächst die Auswechslung alter Turbinen vor einer Erhöhung des Dampfdrucks angezeigt sein. Der Stromabsatz biete an sich Schwierigkeiten, und die Verpflichtung zur Stromlieferung könne die Werke während schlechter Zeiten in Verlegenheit bringen. Przygode.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Besichtigung.

Am Freitag, dem 30. V. 1930, findet eine Besichtigung der Anlagen der Flughafen-Ges. m. b. H. Tempelhofer Feld statt. Die Teilnehmer — auch Damen — treffen sich von 4 h nachm. ab im Flughafen-Restaurant an den für den Elektrotechnischen Verein reservierten Tischen, bei günstigem Wetter auf der schönen Terrasse, zu einer gemeinsamen Kaffeetafel. Hierauf finden in der Zeit von 5 ... 7 h nachmittags die Führungen durch die Anlagen halbstündlich in Gruppen von je 25 Personen statt.

Während des Aufenthalts auf dem Fluggelände erfolgen auf Wunsch Rundflüge von 10 ... 15 min Dauer zum Preise von 8 RM pro Person.

Von 8½ h abends ab findet die interessante Nachtbefeuerung der Flugzeuge statt.

Beim Betreten des Flughafens wird eine Eintrittsgebühr von 0,25 RM erhoben.

Verkehrsverbindungen:

a) Straßenbahnlinien: 25, 35, 73, 96, 99 und 199.
b) Stadtringbahn bis Bahnhof Tempelhof.
c) U-Bahn bis Bahnhof Flughafen.

Anmeldungen — auch für die Rundflüge — in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II bis spätestens Mittwoch, den 28. V., mittags, erbeten.

Außerordentliche Sitzung

des Elektrotechnischen Vereins am 6. Mai 1930, abends 7½ Uhr, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend.

Vorsitzender: Ich eröffne die außerordentliche Sitzung und begrüße Sie herzlich.

Auf der Tagesordnung stehen nur die drei angemeldeten Vorträge. Ich erteile zunächst das Wort Herrn Ministerialrat Höpfner zu seinem Vortrag über „Neuere Entwicklung von Betrieb und Technik im amerikanischen Fernsprech-Weitverkehr."

(Vortrag folgt.)

Meine Herren, da die drei Vorträge des heutigen Abends inhaltlich zusammenhängen, halte ich es für zweckmäßig, daß wir die Diskussion an das Ende der Vorträge legen. Indem ich Ihre Zustimmung voraussetze, bitte ich nunmehr Herrn Oberpostrat Mentz das Wort zu nehmen zu seinem Vortrag über: „Der Fernsprechbau in den Vereinigten Staaten von Amerika."

(Vortrag folgt.)

Ich bitte Herrn Direktor Storch von der Firma Siemens & Halske, seinen Vortrag über: „Der Fernschreiber als modernes Verkehrsmittel" zu halten.

(Vortrag folgt.)

Vorsitzender: Es ist mir eine besondere Freude, daß im Rahmen unserer allgemeinen Vorträge im Verein auch die Fernmeldetechnik heute wieder einmal gebührend zu Worte gekommen ist. Die Fernmeldetechnik ist ja das Gebiet, das ich amtlich zu betreuen habe; es ist daher verständlich, wenn ich die Fernmeldetechnik hier im Verein auch besonders begünstigt haben möchte. Zum anderen aber gebührt der Fernmeldetechnik auch der Anspruch, daß ihre Belange nicht hinter diejenigen des stärkeren Bruders, der Starkstromtechnik, allzu sehr zurückgestellt werden. Denn in der Fülle der Anwendungsmöglichkeiten, in der Reichhaltigkeit der täglich neu entstehenden Gedanken und Erfindungen und in der Erstaunlichkeit der Erfolge kann kaum ein Zweig der allgemeinen Technik sich mit der Fernmeldetechnik in Wettbewerb stellen. Wenn wir das nicht schon aus den Erfahrungen des täglichen Lebens wüßten, so würden es uns die Herren aus dem Patentamt zahlenmäßig beweisen können.

Die Vereinigten Staaten von Amerika haben nun den Vorzug, daß in ihrem Gebiete die Fernmeldetechnik nicht nur die weiteste Verbreitung und Anwendung gefunden hat, sondern auch am glücklichsten entwickelt worden ist. Das ist kein Zufall; denn in einem Lande von so riesenhaftem Ausmaße, in einem Lande, das nicht mit Unrecht als das Land der unbeschränkten Möglichkeiten bezeichnet wird, in dem die Menschen sich an wenigen Punkten mächtig zusammenballen, mußten die großen Probleme des Verkehrs früher in die Erscheinung treten als im alten Europa. Auch die Fernmeldetechnik ist nur ein Zweig des großen Verkehrswesens und nicht einer von den unwichtigsten. Es muß auch ohne weiteres zugegeben werden, daß es den Amerikanern gelungen ist, die aus der Schwierigkeit der Probleme sich ergebenden großen Aufgaben gut zu meistern. Freilich haben ihnen dabei, wie das heute auch schon zum Ausdruck gekommen ist, mancherlei Umstände und vor allem der Reichtum ihrer Mittel hilfreich zur Seite gestanden.

Aber wenn man das große Gebiet der Fernmeldetechnik in der ganzen Welt von einem etwas höheren Standpunkt betrachtet, so muß man doch wohl zugeben und das bestätigen, was Herr Mentz heute abend betont hat: daß die Ingenieure in Europa sich nicht nur darauf beschränkt haben, dem Vorbilde der Amerikaner zu folgen, sondern daß sie auch eigene Gedanken entwickelt und sie in die Praxis eingeführt haben. Insbesondere kann ich das für die deutsche Fernmeldetechnik in Anspruch nehmen, deren Ingenieure nicht selten besondere Wege beschritten und es verstanden haben, die Fernmeldetechnik den Bedürfnissen unseres Landes mit Geschicklichkeit anzupassen.

Meine Herren, ich eröffne nun die Diskussion zu den Vorträgen. Bei der vorgeschrittenen Zeit muß ich aber, so leid es mir tut, darum bitten, sich auf das unbedingt Notwendige zu beschränken. Ich bitte um Wortmeldungen. — Meine Herren, das Ausbleiben von Wortmeldungen beweist mir, daß Sie mit den ausgezeichneten Ausführungen der Vortragenden restlos einverstanden gewesen sind. (Lebhafte Zustimmung.)

Dann bleibt mir nur übrig, den Herren Vortragenden auch förmlich noch den herzlichen Dank des Vereins auszusprechen. Daß ihre Ausführungen allseitig Anklang gefunden haben, beweist die sehr große Zahl der Hörer, die sich auch durch den wunderschönen Mai von dem wissenschaftlichen Interesse an dem, was hier geboten worden ist, nicht haben abhalten lassen. (Lebhafter Beifall.)

Ich schließe damit die Sitzung.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

**Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.**

Ausschuß für Normalspannungen.

Auf Grund der Arbeiten der Kommission für Hochspannungsschaltgeräte und des Ausschusses für den elektrischen Sicherheitsgrad hat es sich als notwendig ergeben, die verschiedenartigen Spannungen, die den Leitungsnetzen, den Maschinen und Transformatoren und den Apparaten wie Schaltern usw. entsprechen, stärker zu unterscheiden als bisher.

Während man Maschinen und Transformatoren und andere mit Wicklungen und Widerständen behaftete elektrische Geräte nur für die Spannung verwenden kann, für die die Wicklung oder die Widerstände bemessen sind, kann man viele Apparate und Geräte, wie z. B. Ölschalter oder Durchführungen, die für eine bestimmte Spannung isoliert sind, auch für tiefer liegende Spannungen benutzen.

Dies erfordert eine unterschiedliche Benennung. Es hat sich auf Grund der obengenannten Kommissionsarbeiten eingebürgert, Hochspannungsapparaten eine ihrer Isolationsreihe entsprechende „Reihenspannung" zuzuordnen. Besitzen diese Apparate außerdem noch Wicklungen.

Digitized by Google

Bekanntmachungen.

Kommission für Betriebsvorschriften.

Die Kommission hat die seit dem 1. Januar 1926 in Kraft befindlichen

„Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe"

einer Neubearbeitung unterzogen.

Die Kommission hat in dieser Neufassung die früheren Begriffe „Niederspannungsanlage" und „Hochspannungsanlage" beibehalten, da sie der Ansicht ist, daß diese Begriffe in weitesten Kreisen derart eingebürgert sind, daß ihre Beibehaltung in einer nicht auf die Errichtung bzw. den Betrieb elektrischer Anlagen, sondern lediglich auf die Brandbekämpfung bezüglichen Bestimmung keine mißverständlichen Auslegungen hervorrufen kann. Weiter war für die Kommission die Erwägung maßgebend, daß in Feuerwehrkreisen die Begriffe „Niederspannungsanlage" und „Hochspannungsanlage" bedeutend besser verstanden werden, als wenn man auch für diese Kreise die für die Teillinie von 1000 V erforderlichen Umschreibungen der Anlagen nach der Höhe der herrschenden Betriebspannung verwenden würde.

Der neue Entwurf kann als Sonderdruck von der Geschäftstelle des VDE kostenlos bezogen werden.

Einsprüche gegen diesen Entwurf sind in doppelter Ausfertigung bis zum 31. Juli 1930 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Ausschuß für Normalspannungen.

Nachstehend wird der neue Entwurf zu Spannungen für elektrische Starkstromanlagen bekanntgegeben.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. September 1930 an die Geschäftstelle zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

z. B. bei Auslösern, so muß außerdem die Nennspannung dieser Wicklung angegeben werden, die unter Umständen erheblich unter der Reihenspannung liegen kann. Beispielsweise kann ein Ölschalter für eine Reihenspannung von 3 kV mit einem Auslöser der Nennspannung von 1500 V versehen sein.

Bei allen Maschinen, Apparaten oder Leitungen jedoch, bei denen eine Unterscheidung der Spannungen für die Isolierfestigkeit und für die Wicklung nicht notwendig ist, wird die für ihren Betrieb maßgebende Spannung nach wie vor mit „Nennspannung" bezeichnet.

Um eine Unterscheidung zu ermöglichen zwischen der Nennspannung dieser Maschinen und Apparate, die auf ihr Leistungsschild gestempelt ist, und der mittleren Spannung, mit der das Netz betrieben wird, soll die letztere „Betriebspannung" genannt werden. Die Nennspannung eines Generators liegt im allgemeinen 5 % über der Betriebspannung des Netzes. Die letzte stellt lediglich einen mittleren Nominalwert dar, während die wirkliche Spannung des Netzes naturgemäß mit der Zeit und von Netzstelle zu Netzstelle entsprechend den Spannungsabfällen in den Leitungen erheblich schwanken kann.

An sich kann man Maschinen, Apparate und Netze mit beliebigen Spannungen betreiben. Diejenigen bestimmten Spannungen, die vorzugsweise verwendet werden sollen, werden „genormte Nennspannungen" genannt. Die gleichen Zahlenwerte gelten natürlich auch für die „genormten Betriebspannungen" von Netzen.

Alle diese Begriffe sind in dem § 1 des neuen Entwurfs „Spannungen für elektrische Starkstromanlagen" definiert.

Für die hauptsächlich wichtigen Drehstromnetze ist im § 2 eine Definition der Spannung zwischen den drei Leitern und zwischen Leiter und Sternpunkt gegeben, die aus den „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten für Schaltanlagen, R.E.H.", § 25, im wesentlichen übernommen ist, da ihr eine ganz allgemeine Geltung zukommt.

Die §§ 3 und 4 mit den genormten Zahlenwerten sind unverändert aus den früheren Normen entnommen. In § 5 ist eine Bestimmung für die Sekundärspannung von Spannungswandlern aufgenommen worden, um einen neueren Beschluß der Kommission für Meßwandler in Übereinstimmung mit diesen allgemeinen Spannungsvorschriften zu bringen.

Entwurf.

Spannungen für elektrische Starkstromanlagen.

(Gültig ab 1. Juli 1931.)

§ 1.

Die Spannung irgendeines Teiles der elektrischen Anlage kann sich sowohl zeitlich als auch örtlich ändern. Im allgemeinen wird sie um bestimmte Mittelwerte herum schwanken.

Als Betriebspannung wird die Spannung bezeichnet, die in leitend zusammenhängenden Netzteilen an den Klemmen der Stromverbraucher im Mittel zeitlich und örtlich vorhanden ist. Als Stromverbraucher gelten außer Lampen, Motoren usw. auch Primärwicklungen von Transformatoren.

Als Nennspannung wird die Spannung von Maschinen, Transformatoren, Apparaten, Leitungen, Geräten usw. bezeichnet, für die sie bemessen, gebaut und benannt sind.

Die den Zahlenwerten von § 3 entsprechenden Nennspannungen von Maschinen, Apparaten, Leitungen usw. heißen: Genormte Nennspannungen.

Wird bei Maschinen, Transformatoren, Apparaten und Geräten, die Wicklungen oder Widerstände enthalten, deren Windungszahl oder Widerstandswert einerseits, die Isolation andererseits nach verschiedenen Spannungen bemessen, so wird als Nennspannung die Spannung bezeichnet, nach der die Spannung führende Wicklung oder der Spannung führende Widerstand bemessen ist, als Reihenspannung die genormte Spannung, nach der die Isolation bemessen ist.

§ 2.

In Drehstromnetzen wird der Mittelwert der Spannungen zwischen den drei Leitern (Außenleitern) Spannung des Drehstromnetzes genannt. (Hierfür wurden früher auch die Ausdrücke „Netzspannung" oder „verkettete Spannung" oder „Dreieckspannung" benutzt.) Der Mittelwert der Spannungen zwischen je einem Leiter und dem Sternpunkt des Drehstromnetzes wird Sternspannung genannt. (Hierfür wurden früher auch die Ausdrücke „Phasenspannung" oder „Spannung je Pol" benutzt.)

§ 3.

Als genormte Betriebspannungen gelten folgende Werte:

A. Gleichstrom:

24 42 110 220 440 550 750 1100 1500 2200 3000 V.

Die Spannungen von 550 ... 3000 V beziehen sich auf Bahnanlagen mit einpoliger Erdung.

B. Drehstrom von 50 Hz:

24 42 125 **220** **380** 500 1000 3000 **6000** 10 000 **15 000**
20 000 **30 000** 45 000 **60 000** 80 000 **100 000** 150 000
200 000 300 000 V.

Die fettgedruckten Zahlen bedeuten Vorzugsspannungen, die in erster Linie sowohl für Neuanlagen als auch für umfangreiche Erweiterungen empfohlen werden. Auch für Isolatoren und Apparate sollen sie vorzugsweise benutzt werden, um deren Typenzahl gering zu halten.

C. Einphasenstrom von $16^2/_3$ Hz:

Es gelten die fettgedruckten Spannungswerte aus der Drehstromtafel. Bei Fahrleitungen von Bahnen beziehen sie sich auf einpolig geerdete Anlagen.

§ 4.

Wenn die Abweichungen von den Spannungswerten nach § 3 nicht mehr betragen als + 10 % auf der Erzeugerseite, ± 5 % auf der Verbraucherseite der Leitungsanlage, so kann normal gefertigtes elektrisches Material ohne weiteres verwendet werden. Maschinen und Transformatoren vertragen entweder die Spannungsschwankung von 0 ... 10 % als Erzeuger oder von − 5 % ... + 5 % als Verbraucher (vgl. R.E.M. und R.E.T.). Glühlampen vertragen die Abweichung um ± 5 % nur vorübergehend.

§ 5.

Die Klemmenspannung bei Sekundärwicklung von Spannungswandlern ist bei Leerlauf des Wandlers 100 V, wenn die Primärwicklung einen der unter § 3 B oder C stehenden Werte besitzt.

Digitized by Google

Lieferung des „Jahrbuch der Elektrotechnik 1927" von Präsident a. D. Geheimrat Professor Dr. Karl Strecker.

Wir sind in der Lage, den vor kurzem erschienenen Abschlußband 1927 von Streckers „Jahrbuch der Elektrotechnik" zu einem wesentlich ermäßigten Preise abzugeben.

Bestellungen erbitten wir unter Einzahlung von 8,90 RM auf unser Postscheckkonto Berlin 21 312.

Wir machen darauf aufmerksam, daß zum gleichen Preise auch noch einige Exemplare der Jahrbücher 1925 und 1926 bei uns erhältlich sind. Wir empfehlen baldige Bestellung, da der Vorrat nur noch gering ist.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

Betr.: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

Auf Antrag des Verbandes Deutscher Elektrotechniker ist der Firma Elektrizitäts-Gesellschaft Schneider & Schnittker in Hannover, Oberstraße 9, laut Urteil des Oberlandesgerichts Celle, welches am 7. IV. 1930 verkündet wurde (Aktenzeichen 3 II U 305/29), im Wege der einstweiligen Verfügung untersagt worden, Sicherungspatronen mit dem dem Verband Deutscher Elektrotechniker gesetzlich geschützten Verbandszeichen und den Ursprungszeichen und zum Kauf anzubieten und in den Verkehr zu bringen.

Betrifft: Firmenkennfäden für isolierte Leitungen.

Die seinerzeit der Firma Isola-Werke AG., Birkesdorf bei Düren (Rhld.), erteilte Genehmigung zur Benutzung des dem Verband Deutscher Elektrotechniker gesetzlich geschützten schwarz-roten Verbandskennfadens für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen ist zurückgezogen worden, da die Firma die Fabrikation eingestellt hat.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst 9697.

Der AEF hat die folgenden Druckschriften und Tafeln herausgegeben, auf die er hiermit hinweist:

1. Die „Verhandlungen des AEF in den Jahren 1907 bis 1927" sind im Verlage von Julius Springer erschienen und durch den Buchhandel zu beziehen. 49 S. im Format A4, Preis 5 RM.

2. 3 Wandtafeln Formelzeichen und 2 Wandtafeln Einheitszeichen auf Steifpapier im Format A1: 59,4 × 84,1 cm² und mit Ösen zum Aufhängen. Sie sind zu beziehen von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, zum Preise von je 35 Pf. Für Verpackung und Versand sind für 1 bis 5 Tafeln 55 Pf beizufügen.

3. Taschenheftchen, 15 S. im Format A 6. Es enthält allgemeine Angaben über den AEF, alle Zeichenlisten und 4 Sätze (ohne Erläuterungen). Es ist ebenfalls von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins zu beziehen. Preis (Versand inbegriffen) 1 Stück 25 Pf, 2 Stück 40 Pf, 3 Stück 50 Pf, 4 und mehr Stück 15 Pf das Stück.

4. Die meisten Listen und Sätze des AEF sind auch in Form von Normblättern erschienen. Diese sind zu beziehen vom Beuth-Verlag G. m. b. H. in Berlin SW 19.

Strecker.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein des rhein.-westf. Industriebezirks, Essen. 31. V. 1930, nachm. 4 h, Besichtigung des Speicherkraftwerks Herdecke. Anschließend Sommerfest in den Wirtschaftsbetrieben Ulmer, Hohensyburg.

Elektrotechn. Gesellschaft zu Köln. 31. V. 1930, nachm. 3 h, Haupteingang der 36. Wanderausstellung der DLG: Besichtigung der Wanderausstellung und des „Elektrorings". Anschließend geselliges Beisammensein mit Damen im Rheinrestaurant im Rheinpark.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Jubiläum. — Am 1. Juni feiert der Betriebsdirektor der AEG-Transformatorenfabrik zu Berlin-Oberschöneweide, Herr Rudolf Bigenwald, sein 25jähriges Dienstjubiläum. Herr Bigenwald trat als Betriebsingenieur in die AEG-Fabriken Brunnenstraße ein und war dort von 1905 bis 1921 Betriebsleiter der Hochspannungsfabrik. Als 1921 dieser Fabrikationszweig in die neu gegründete Transformatorenfabrik nach Oberschöneweide übersiedelte, übernahm Herr Bigenwald dort die Betriebsleitung und wurde 1923 zum Betriebsdirektor ernannt. Unter seiner Leitung wurden die großen Transformatoren- und Hochspannungs-Anlagen für das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk und die Großkraftwerke Zschornewitz, Walchenseewerk, Borken, Klingenberg und Schulau hergestellt.

LITERATUR.

Besprechungen.

Das Bürstenproblem im Elektromaschinenbau. Ein Beitrag z. Studium d. Stromabnahme von Kommutatoren u. Schleifringen bei elektr. Maschinen. Von Obering. Dr.-Ing. W. Heinrich. Mit 114 Textabb. u. 189 S. in gr. 8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1930. Preis geh. 10 RM, geb. 12 RM.

Der heutige hohe Stand des Elektromaschinenbaues und die darauf basierende Kohlenbürstenindustrie machten eine zusammenfassende Behandlung der sich ergebenden Probleme dringend erforderlich. Das vorliegende Buch behandelt in zwei Hauptteilen die mechanischen und elektrischen Fragen des Bürstenproblems. Die Behandlung der Materialfragen für Kommutator und Schleifringe sowie des mechanischen Kräftespiels im Kommutator und seine Erwärmung sind entsprechend dem Aufbau des Buches als Einführung in das Gesamtproblem an wichtigen Beispielen erläutert. Viel Sorgfalt wurde auf die Behandlung des Bürstenhalterproblems verwendet; trotzdem wäre bei einer zweiten Auflage zu wünschen, daß auch der Bürstenhalter für Vollbahn- und Straßenfahrzeuge ausführlich besprochen wird. Im zweiten Hauptteil „Elektrische Fragen des Bürstenproblems" sind ebenfalls an wichtigen Beispielen alle Gesichtspunkte für die Beurteilung der Stromabnahme behandelt. In einer zweiten Auflage wird man folgende Probleme, welche sonst den Büchern des Elektromaschinenbaues vorbehalten sind, in den Kreis der Betrachtungen ziehen müssen: Sättigung und Kommutierung, die Überlastbarkeit, die Hilfsmittel zur Kommutierungsverbesserung durch transf. Verkettung der Nuten, die Störung der Kommutierung durch Parallel-Stromkreise bei Wechselstrom, Selbsterregungserscheinungen, die Niederspannungsmaschine und einiges andere.

Die knappe und sehr einfach gehaltene Behandlung der wichtigen Fragen des Bürstenproblems im Elektromaschinenbau wird nicht nur bei den Ingenieuren Anklang finden, denen Entwurf, Fabrikation und Prüfung elektrischer Maschinen obliegt, sondern auch den im praktischen Betrieb stehenden Ingenieuren manche Anregung geben. Die vielen Beispiele und guten Abbildungen, mit denen das Buch ausgestattet ist, ermöglichen es leicht, sich mit den einzelnen Problemen vertraut zu machen. Das Literaturverzeichnis am Schluß des Buches wird sicher an vielen Orten zur besonders ausführlichen Behandlung einzelner Spezialprobleme anregen, was dringend zu wünschen ist.

Robert Müller.

Messung mechanischer Schwingungen. Von Dr.-Ing. H. Steuding unter Mitwirk. von Ing. H. Steuding. Herausg. i. Auftr. des Schwingungsausschusses des VDI von Prof. Dr. W. Hort. Mit 450 Abb., XII u. 500 S. in 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis geb. 28 RM, f. VDI-Mitgl. 25,20 RM.

Im Jahre 1925 erließ der Verein deutscher Ingenieure auf Befürwortung des Ausschusses für mechanische

Digitized by Google

Schwingungen ein Preisausschreiben für eine kritische Untersuchung der bekannt gewordenen Verfahren zur Messung mechanischer Schwingungen. Der Inhalt dieses Buches stellt die von Dr. Steuding eingereichte und vom Preisgericht mit dem ersten Preis bedachte Arbeit dar. Bereits in der Stellung der Aufgabe war der Kreis der zu behandelnden Schwingungsverfahren sehr weit gezogen worden. Außer den in der Maschinentechnik verwandten Apparaten, die namentlich seismometrische Verfahren benutzen, sollten akustische Verfahren, in der Physiologie und Biologie verwandte Meßmethoden behandelt werden.

Die gestellte Aufgabe war eine sehr schwierige. Der Verfasser hat es aber fertiggebracht, die Schwingungsmeßverfahren, die den verschiedensten Anwendungsgebieten entstammen, nach gemeinsamen Gesichtspunkten zusammenzufassen und auf ihre theoretische und praktische Brauchbarkeit zu prüfen. Die physikalischen Verfahren (seismometrische, akustische und elektrische), die technischen Apparate (Erschütterungsmesser, Telephone, Oszillographen, Torsions- und Dehnungsmesser, Indikatoren usw.) sowie die Verfahren und Apparate der Physiologie und Biologie sind in gleich gründlicher Weise bearbeitet. Der Behandlung zusammengehöriger Verfahren ist, soweit erforderlich, die Theorie vorangestellt, doch sind weitläufige Ableitungen vermieden. Bei der Beschreibung der Apparate ist möglichst strenge Objektivität angestrebt worden. Klar und deutlich wird auf die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren hingewiesen. Ganz besonders hervorzuheben ist das ausführliche Literaturverzeichnis. Es enthält über 1400 Quellenangaben, wobei auch die ausländische Literatur ausgiebigst benutzt wird.

Das Buch stellt eine außerordentlich wertvolle Zusammenfassung aller Verfahren und Apparate zur Messung mechanischer Schwingungen dar. Insbesondere wird jeder, der auf einem bestimmten Schwingungsgebiet tätig ist, gerade durch die Schwingungsverfahren anderer Fachgebiete viele Anregungen für sein eigenes Schaffen finden.

E. Oehler.

Die neuere Entwicklung der Hochfrequenztelephonie und -telegraphie auf Leitungen. (Die Wissenschaft, herausg. v. Prof. Dr. W. Westphal, Bd. 81.) Von Dr. E. Habann. Mit 143 Abb. u. 167 S. in 8°. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn AG., Braunschweig 1929. Preis geh. 17,50 RM, geb. 19,50 RM.

Mit diesem Buch erscheint zum erstenmal in der Literatur eine zusammenfassende Darstellung der Hochfrequenz-Telephonie auf Leitungen. Dabei ist bemerkenswerterweise nicht nur die Hochfrequenz-Telephonie auf gewöhnlichen Telephon- bzw. Schwachstromleitungen (sog. HF-Mehrfach-Telephonie), sondern auch die Hochfrequenz-Telephonie auf Starkstromleitungen (sog. HF-Elektrizitätswerks- (EW-) Telephonie) berücksichtigt, die bekanntlich seit einiger Zeit stark in den Vordergrund getreten ist.

Der Verfasser hat sich in der Einleitung die Aufgabe gestellt, sowohl den Stand der Entwicklung als auch ihren Gang zu schildern. Der erste Teil dieser Aufgabe wird besonders ausführlich und gründlich behandelt. Die Sachkenntnis des Verfassers, der die Entwicklung der Mehrfach-Telephonie von ihren ersten Anfängen an und die der EW-Telephonie in fortgeschrittenerem Stadium mitgemacht und wesentlich gefördert hat, gibt seinen Ausführungen besonderes Gewicht. Die natürlicherweise etwas stärkere Berücksichtigung eigener Arbeiten ändert nichts an dieser Feststellung. Was den zweiten Teil der Aufgabe anbetrifft, so wäre für eine Neuausgabe größere Ausführlichkeit der Schilderung des Entwicklungsganges, insbesondere für die EW-Telephonie, in technischer und historischer Hinsicht zu wünschen. Denn gerade diese Entwicklung bietet manche interessanten Einzelheiten, begegnete besonderen Schwierigkeiten und führte zu charakteristischen Einrichtungen, deren Beschreibung allein ihre Bedeutung nicht erkennen läßt.

Das Buch beginnt mit einer kurzen Schilderung der Elemente von Hochfrequenzgeräten, behandelt dann ausführlicher die Vierpoltheorie und ihre Anwendung auf die Kopplungs- und Abstimmittel und schildert schließlich die praktischen Ausführungen neuzeitlicher HF-Geräte.

Im einzelnen verdienen folgende Abschnitte Erwähnung: Die Beschreibung der Wirkungsweise der vom Verfasser stammenden, mit 2 Anoden ausgerüsteten „Ventilröhre“ als Modulator und Demodulator, die Unterlagen über die Hochfrequenzkonstanten von Schwachstrom- und Starkstromleitungen, die Beschreibung amerikanischer HF-Mehrfachtelephonie-Geräte und Zwischenverstärker, die Ausführungen über Selbstanschluß von HF-Geräten mit gewöhnlichen Telephonzentralen und über die Anwendung der HF-Technik zur Fernmessung und Fernsteuerung in Elektrizitätswerken, die Beschreibung eines akustischen HF-Erzeugers und schließlich die im Anhang stehenden ausführlichen Literaturangaben.

Das Buch erweitert wesentlich die Literatur auf diesem Spezialgebiet der Technik, ist mit großer Sorgfalt geschrieben worden und kann allen Interessenten empfohlen werden. Herabsetzung des Preises bei einer Neuauflage wäre sehr zu begrüßen.

P. Tätz.

Gewöhnliche Differentialgleichungen. Von Dr. K. Fladt. (Mathem.-Physik. Bibl. Bd. 72. Herausg. v. W. Lietzmann u. A. Witting.) Mit 8 Textabb. u. 67 S. in 16°. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1927. Preis kart. 1,20 RM.

An der Hand einer Reihe typischer Beispiele wird die Lehre von den gewöhnlichen Differentialgleichungen in sehr ansprechender und brauchbarer Form auseinandergesetzt, ohne daß an den Leser höhere Anforderungen gestellt werden als eine genaue Kenntnis der Differential- und Integralrechnung. In einem einleitenden Abschnitt wird der Begriff der gewöhnlichen Differentialgleichung auseinandergesetzt und die Grundaufgabe genau formuliert. Abschnitt II gibt die Existenzbeweise der Lösungen gewöhnlicher Differentialgleichungen erster Ordnung, das Verfahren aufeinander folgender Näherungen durch Quadraturen (nicht Picard, sondern H. A. Schwarz hat es zuerst entdeckt), die Methode der Potenzreihen, elementare Integrationsmethoden. Abschnitt III handelt von Differentialgleichungen erster Ordnung höheren Grades, insbesondere von den singulären Integralen. Im Abschnitt IV werden Differentialgleichungen zweiter Ordnung, besonders lineare Differentialgleichungen zweiter Ordnung (Schwingungsproblem) behandelt. Abschnitt V bringt einiges über Systeme von zwei Differentialgleichungen, über den integrierenden Faktor. Der Anhang enthält geschichtliche Notizen.

R. Rothe.

Wissenschaftliches Eigentum. Von Dr. jur. W. Erman mit Vorrede von Prof. Dr. E. Heymann. (Arbeit. z. Handels-, Gewerbe- u. Landwirtschaftsrecht, herausg. von E. Heymann, H. 52.) Mit XVIII u. 124 S. in gr. 8°. N. G. Elwertsche Verlagsbuchhandlung, G. Braun, Marburg 1929. Preis geh. 6 RM.

Das sehr interessante Problem des wissenschaftlichen Eigentums, das bekanntlich von der Kommission für geistige Zusammenarbeit des Völkerbundes bearbeitet wird, wird mit großer Gründlichkeit und juristischem Scharfsinn auf rein theoretisch-juristischer Basis behandelt. Der Verfasser macht auch positive Vorschläge für eine Gestaltung des Schutzes. Die Arbeit ist, streng juristisch genommen, von großem Interesse und wird als wissenschaftliche Unterlage für das Problem einen dauernden Wert behalten, nimmt jedoch auf die praktischen und wirtschaftlichen Konsequenzen wenig Rücksicht.

H. Herzfeld I.

Eingegangene Doktordissertationen.

F. A. Schäfer, Über das dielektrische Verhalten von Niederspannungskondensatoren mit geschichteter Papierisolation. T. H. Darmstadt 1927. (Sonderdruck aus Arch. El. 1929, Bd. 23, H. 3.)

Wilhelm Wiß, Über dynamische Verfestigung und Überlastungsfähigkeit von Stählen. T. H. Darmstadt 1929.

Paul Becker, Über die Kräftewirkungen zwischen Rad und Schiene beim Bogenlauf eines Fahrzeugs mit mehreren in einem starren Rahmen gelagerten Achsen. T. H. Berlin 1928. (Sonderabdruck aus „Organ Fortschr. Eisenbahnwes.“ 1929, H. 10.)

Hermann Gehle, Die elektrisch betriebene Schüttelrutsche mit Federantriebsgestänge als Abbaufördermittel. T. H. Hannover 1929. (Ganze Fassung ist in „El. i. Bergb.“, Nov.- u. Dez.-Heft 1929 erschienen.)

Hans-Erich Linckh, Ein Beitrag zur Bestimmung der Zusatzverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren. T. H. Berlin 1928. (Sonderdruck aus „Arch. El.“, Bd. 23, H. 1, 1929.)

Hans Marzahl, Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit von Kupferpanzerstahl in Mittelspannungsnetzen. T. H. Hannover 1929.

Hans Münter, Das Lichtbogenschweißen in Schutzgas. T. H. Berlin 1928. (Sonderdruck aus „Die Schmelzschweißung“, Okt. 1928 bis Juni 1929.)

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Geschäftswelt. — Nach dem Geschäftsbericht der Hartmann & Braun AG., Frankfurt a. M., war die Beschäftigung 1929 befriedigend. Der Vorstand bemerkt dazu: „Den umfassenden organisatorischen und technischen Maßnahmen der vergangenen Jahre, die nur mit erheblichen Opfern für die Firma durchgeführt werden konnten, verdanken wir es, daß wir im Berichtsjahr einen fast noch größeren Umsatz bewältigen und dabei doch in fortschreitender Weise den Aufgaben und zunehmenden Anforderungen auf elektrischem und wärmewirtschaftlichem Meßgebiet gerecht werden konnten. Der anwachsende Wettbewerb auf unseren Arbeitsgebieten, der sich nicht nur im Inland, sondern auch in denjenigen fremden Ländern, die noch vor nicht allzu ferner Zeit überwiegend deutsche Erzeugnisse aufnahmen, immer erheblicher geltend macht, bewirkte es, daß die Verdienstmöglichkeiten verringert wurden, und die immer wieder vergeblich beklagte unpflegliche Behandlung der Wirtschaft in Deutschland drückt das erzielbare Erträgnis derartig herunter, daß es in keinem befriedigenden Verhältnis zu der starken Arbeitsleistung steht. Die Tatsache, daß die öffentliche Hand als risikoloser stiller Teilhaber im Berichtsjahre wiederum mehr erhalten hat als die Aktionäre, die doch das ganze Wagnis des Erfolges auf sich nehmen, und daß sie dabei dem Werk Beträge entzieht, die ungefähr ein Viertel des Aktienkapitals darstellen, weist deutlich genug auf die widernatürlichen, innerlich ungesunden wirtschaftlichen Anschauungen hin, welche die Gesetzgebung beeinflussen. Selbst auf dem Gebiete der Elektrotechnik, dem immer noch gewisse Entwicklungsmöglichkeiten vorbehalten zu sein scheinen, mehren sich in erschreckender Weise die Folgen dieser wirtschaftlichen Fehlgriffe bei den Firmen, denen es nicht gelungen war, aus eigener Kraft das erforderliche Kapital zu bilden. Wenn bei den öffentlichen Gewalten die Einsicht in diese Notwendigkeiten noch fehlt oder sich, trotz aller schlimmen Erfahrungen, nicht in aufbauende Tätigkeit umzusetzen vermag, müssen die privaten Unternehmungen es als ihre dringlichste Aufgabe ansehen, im Rahmen des ihnen Möglichen Vorsorge zu treffen, ihre finanziellen Fähigkeiten zu stärken. Ein Unterlassen solcher Maßnahmen müßte bei schweren wirtschaftlichen Krisen zu starken Einschränkungen oder gar Stillegungen führen, sehr zum Nachteil sämtlicher Werksangehöriger." Betriebsüberschuß nach Abzug aller Unkosten: 596 987 RM (499 278 i. V.), Reingewinn: 245 392 RM (252 525 i. V.), Dividende: wieder 10 % auf 1,920 Mill RM Stammkapital. — Trotz der ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse konnte die Felten & Guilleaume Carlswerk AG., Köln-Mülheim a. Rh., 1929 mengenmäßig Auftragseingang und Umschlag auf ungefähr der gleichen Höhe wie 1928 halten. Der Gesamtumsatz des Konzerns ist auf rd. 245 Mill RM gestiegen (225 i. V.). Die Gesellschaft hat in dem Bestreben, die Qualität des Leitungsmaterials auf dem Stark- und Schwachstromgebiet zu steigern, u. a. einen Fernkabeltyp (Doppelsternkabel) eingeführt, der unter besonderen Umständen einen wesentlich wirtschaftlicheren Aufbau der Fernkabel ermöglicht. Gleiche Wege geht sie im Bau von Schaltanlagen sowie bei der Pupinspulenfabrikation. Auf dem Starkstromkabelgebiet werden die Durchquerung des Sundes mit einem weiteren 50 kV-Kabel, ferner Fortschritte und neue Erkenntnisse in der Herstellung von Kabeln über 100 kV angeführt. Die im Oktober dem Verkehr übergebene Köln-Mülheimer Kabelbrücke findet ungeteilten Beifall und wird im In- und Ausland schon zum Vorbild genommen. Die Tochtergesellschaften haben mit befriedigendem Ergebnis gearbeitet. Von den Norddeutschen Seekabelwerken, Nordenham, wurde die Verbindung Emden-Vigo wiederhergestellt. Die Auslandunternehmungen der Berichterstatterin befinden sich in fortschreitender, aussichtsreicher Entwicklung. Der Betrieb der Kabelfabrik in Ozarow bei Warschau, deren Errichtung sich die AEG und der Siemens-Konzern angeschlossen haben, soll noch vor Jahresschluß eröffnet werden. Die Anteile der Süddeutschen Apparate-Fabrik G. m. b. H. hat zu Beginn des laufenden Jahres die Standard Elektrizitäts-Gesellschaft AG., an der die Berichterstatterin beteiligt ist, übernommen. Zur Zeit bearbeitet das Carlswerk ein Telephonseekabel für Schweden (nach der Insel Gotland) von 160 km Länge mit 7 · 4 Adern und ein anderes von Deutschland nach Schweden in Länge von 161 km mit 42 Fernsprech-Vierern und einer Rundfunkdoppelleitung, womit gegenüber den bis jetzt ausgeführten derartigen Telephonseekabeln eine Verdoppelung der Sprechkreise unternommen worden ist. Als besonderen Erfolg konnten die Norddeutschen Seekabelwerke den Auftrag auf ein Telephonseekabel von Key West (Florida) nach Havanna buchen. Der Vorstand erwähnt den Abschluß der Kartellverhandlungen über elektrische Kabel für Stark- und Schwachstrom sowie über isolierte Leitungen und gibt der Hoffnung Ausdruck, daß im laufenden Jahr eine Verständigung bezüglich der Neugründung eines internationalen Drahtverbandes dem „sinnlosen und verlustbringenden Preiskampf am Weltmarkt ein Ende bereiten werde". Fabrikationsgewinn sowie Gewinne aus Beteiligungen usw.: 19 001 706 RM (18 636 885 i. V.), Reingewinn mit Vortrag: 5 589 821 RM (5 575 092 i. V.), Dividende: wieder 7,5 % auf 64,5 Mill RM Aktienkapital (ohne 1,5 Mill RM Verfügungsaktien). — Trotz der 1929 wegen des Kapitalmangels besonders fühlbar gewordenen Zurückhaltung der staatlichen und kommunalen Verbraucher mit Aufträgen ist es der Dr. Paul Meyer AG., Berlin, gelungen, ihren Umsatz in angemessener Höhe zu halten und durch Verringerung der Unkosten einen Ausgleich für die infolge des scharfen Konkurrenzkampfes z. T. gedrückten Verkaufspreise herbeizuführen. Sie hat einige neue Arbeitsgebiete aufgenommen und besonderen Wert auf den weiteren Ausbau der Abteilungen Relais und Quecksilberschalter gelegt. Bruttoüberschuß: 1 802 832 RM (2 027 974 i. V.), Reingewinn: 358 049 RM (361 190 i. V.), Dividende: wieder 8 % auf 3,5 Mill RM Aktienkapital. — Der infolge des Daniederliegens der Bautätigkeit — der Wohnungsbau ist, wenn auch noch umfangreich, so doch um etwa 15 % hinter dem des Vorjahres zurückgeblieben — geringere Umsatz und die schlechteren Preise haben der Faradit-Isolierrohrwerke Max Haas AG. 1929 bei 940 712 RM Einnahmen auf Warenkonto (1 124 405 i. V.) einen Verlust nach Abzug des Vortrags von 74 746 RM gebracht, der vom gesetzlichen Rücklagekonto abgesetzt werden soll (i. V. Reingewinn 20 666 RM). Das Aktienkapital beträgt unverändert 1.960 Mill RM. Eine Wiederbelebung der Bautätigkeit, mit der das Gedeihen der Berichterstatterin eng verbunden ist, hält der Vorstand für dringendste Notwendigkeit.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Ziegler Elektromotorenbau G. m. b. H., Frankfurt a. M.-Rödelheim (50 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Elektromotoren, Elektroapparaten usw.; Kommanditgesellschaft Elektromotoren-Herstellung und Vertrieb Ch. Gröblehner & Co., Dresden; Elektro-Maschinenbau G. m. b. H., Vöhrenbach i. Baden (0,2 Mill RM): Bau elektrischer Maschinen, besonders Herstellung von Motoren, elektrischen Spezialmaschinen und Apparaten, sowie deren Vertrieb.

Vorgänge im Ausland. — Die Niederösterreichische Escompte-Gesellschaft, Wien, hat schon seit längerer Zeit ihr Hauptinteresse der Wasserkraftverwertung zugewendet und sich nun, um eine rationelle Organisation zur wirksamen Erfassung aller Möglichkeiten auf dem Gebiet der Energiewirtschaft, besonders der einheimischen, auszubauen, die Vereinigte Elektrizitäts-AG. (VEAG), Wien, angegliedert. Diese, aus den ehemals Egger'schen Elektrounternehmungen hervorgegangen und in engen Beziehungen zu den Österreichischen Brown, Boveri-Werken stehend, ist eine Trustgesellschaft, die es nach dem Zusammenbruch verstand, nicht nur ihre Beteiligungen in den Nachfolgestaaten auszudehnen, sondern auch unter Mitwirkung ausländischer Finanzgruppen einen internationalen Charakter zu gewinnen. Besonders hat sie in Verbindung mit belgischen Finanzinstituten sich an großen dortigen Geschäften beteiligt, u. a. der Société d' Electricité et de Transports de L'Europe Centrale in Brüssel. Als „Abteilung für Energiewirtschaft" der Niederösterreichischen Escompte-Gesellschaft wird sie weiterhin die bedeutsamen vorliegenden Wasserkraftprojekte studieren und bearbeiten. Sie hat nach der Bilanz von Ende 1928 ein Aktienkapital von 15,750 Mill S und über 15 Mill S offene, vermutlich auch bedeutende stille Reserven. Die Fusion erfolgt mit Rückwirkung ab 1. I. 1930 durch Austausch je dreier Aktien der VEAG gegen eine der N.OE.E.G., deren Kapital nach Durchführung der Transaktion 54 Mill S bei 43,313 Mill S offenen Reserven betragen wird. — Der Ind. Handelszg. zufolge hat das russische Volkskommissariat für Post und Telegraph einen Fünfjahrplan ausgearbeitet, nach dem am Ende dieser Periode auf je 100 Einwohner drei Telephone kommen sollen; außerdem sieht der Plan den Bau von 62 Radiosendestationen vor.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 24: Wer baut elektrische Ätzmaschinen zum Gravieren von Metallen?

Abschluß des Heftes: 24. Mai 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

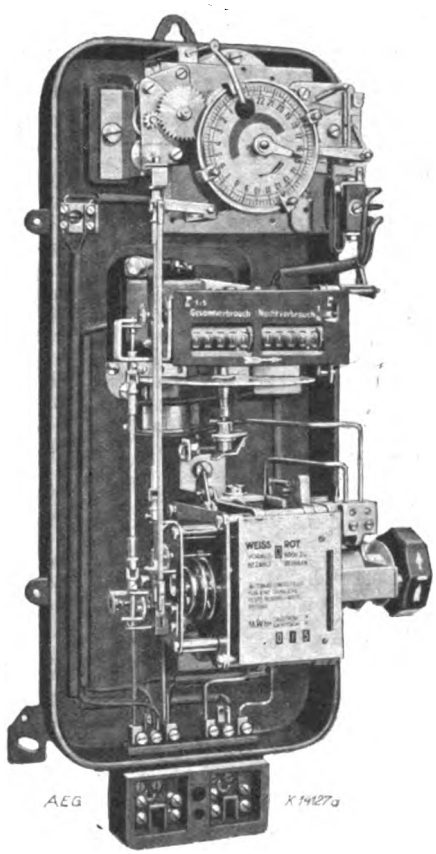
Digitized by Google

Doppeltarif-Münzzähler mit Grundgebühreneinziehung und Nachtstromschalter.

Mitteilung der AEG.

Die großen Vorteile, die man durch die Verwendung des Münzzählers mit ratenweiser Grundgebühreneinziehung erreicht, lassen sich bei Anwendung des Doppeltarif-Münzzählers mit Grundgebühreneinziehung und Nachtstromschalter noch dadurch erhöhen, daß die zu zahlende Arbeitsgebühr dem Doppeltarif entsprechend zur Zeit der geringen Nachfrage niedrig, und bei starker Nachfrage höher sein kann; außerdem ist die Möglichkeit gegeben, den Anschluß von Nachtstromgeräten durch den eingebauten Sperrschalter auf die Nachtzeit zu beschränken. Der Stromverbraucher genießt durch diese Zählerbauart die Bequemlichkeit, die Grundgebühr und ebenso auch die Arbeitsgebühr ratenweise entrichten zu können; ferner hat er den Vorteil, daß er den Strom zu bestimmten Tagesstunden und vor allem während der Nacht zu einem niedrigen Preis beziehen kann.

Die Vereinigung des Grundgebührentarifes mit dem Doppeltarif paßt sich einerseits dem Aufbau der Gestehungskosten bei der Stromerzeugung an und trägt anderseits dem Gesetz von Angebot und Nachfrage Rechnung, das in der Elektrizitätswirtschaft infolge der stark wechselnden Nachfrage eine besondere Rolle spielt. Die starke Werbekraft, die diese Tarifgestaltung besonders auf den großen Kreis der Kleinverbraucher ausübt, dürfte zu einem erheblichen Anwachsen der Energieabgabe und zum günstigen Belastungsausgleich der Elektrizitätswerke beitragen. Die Vereinigung der diesem gemischten Tarif zugehörigen Einrichtungen zu einem einzigen Apparat ist zum erstenmal von der AEG durch den Bau des vollautomatischen Fixumzählers Form WnFSJ6 verwirklicht worden, der wegen der Selbstkassierung besonders für Kleinverbraucher geeignet ist.



Vollautomatischer Fixumzähler Form WnFSJ6.

Der neue Zähler wird bezüglich Zuverlässigkeit und Genauigkeit allen Ansprüchen gerecht. Trotz der vielseitigen Wirkungsweise ist sein Aufbau verhältnismäßig einfach und übersichtlich (Abb.). Der Kassiermechanismus, der kWh-Zähler mit dem Doppeltarif-Zählwerk und das Zeitlaufwerk, das aus einem Synchronmotor besteht, sind auf einer Grundplatte angeordnet. Der Synchronmotor liegt dauernd an der Netzspannung, so daß sein Anker mit gleichbleibender Geschwindigkeit umläuft. Er wirkt zusammen mit dem Zähler über je eine Kupplungstange auf den Ablauf des Guthabenelementes des Kassierers ein, das bei jedem Münzeneinwurf um ein bestimmtes Stück vorgedreht wird. Während der durch den Zähler bewirkte Ablauf von der Höhe der jeweils auftretenden Belastung abhängig ist und die zu zahlende Arbeitsgebühr bestimmt, entspricht der durch den Synchronmotor hervorgerufene Ablauf der Höhe der Grundgebühr, da er wegen der gleichbleibenden Drehzahl ebenso wie die Grundgebühr rein zeitabhängig ist. Der Motor wirkt ununterbrochen auf das Vorgabewerk des Kassiermechanismus ein; die Übersetzung seiner Umdrehungen wird entsprechend der Höhe der zu zahlenden Grundgebühr eingestellt. Bei einer Änderung der Leistungsgebühr brauchen nur die Übersetzungsräder ausgewechselt zu werden. Bei Stromentnahme addieren sich die beiden Drehbewegungen der Zählerachse und des Synchronmotors über ein Differentialgetriebe und wirken gemeinsam auf den Ablauf des Vorgabewerkes ein. Das eine Sonnenrad des Differentialgetriebes wird vom Zähler und das andere vom Synchronmotor angetrieben, das Planetenrad dreht sich entsprechend der Summe der beiden Geschwindigkeiten und bewirkt über ein Übersetzungsgetriebe die Rückwärtsdrehung der Vorgabewelle.

Der Synchronmotor wirkt nicht nur auf den Guthabenablauf ein, sondern er treibt auch über eine andere Übersetzung eine Ziffernscheibe an, die innerhalb 24 Stunden eine Umdrehung macht. Die auf dem Rand der Ziffernscheibe befestigten Schaltreiter schalten über eine Klinkvorrichtung und ein Hebelgestänge zu den festgesetzten Tarifschaltzeiten den Antrieb der Zählertriebachse von einem Zählwerk auf das andere um. Beginnt z. B. um 21 h die Zeit des niedrigen Tarifes, so wird die vom Zähleranker angetriebene schwenkbare Triebwelle vom Zählwerk für hohen Tarif auf das andere umgeschaltet, das den Verbrauch nach dem niedrigen Tarif angibt.

Da der Strom von diesem Augenblick an zu einem geringeren Preis abgegeben wird, muß naturgemäß auch der dem Strompreis angepaßte Guthabenablauf bei gleicher Verbrauchshöhe verlangsamt werden. Deshalb bewirkt die vom Sychronmotor angetriebene Ziffernscheibe im Augenblick der Tarifumschaltung nicht nur die Umschaltung der Zählwerke, sondern sie schaltet auch gleichzeitig über ein anderes Schaltgestänge das Übersetzungsgetriebe zwischen dem Anker des kWh-Zählers und dem Vorgabewerk des Kassierers so um, daß ein entsprechend langsamerer Guthabenablauf erfolgt.

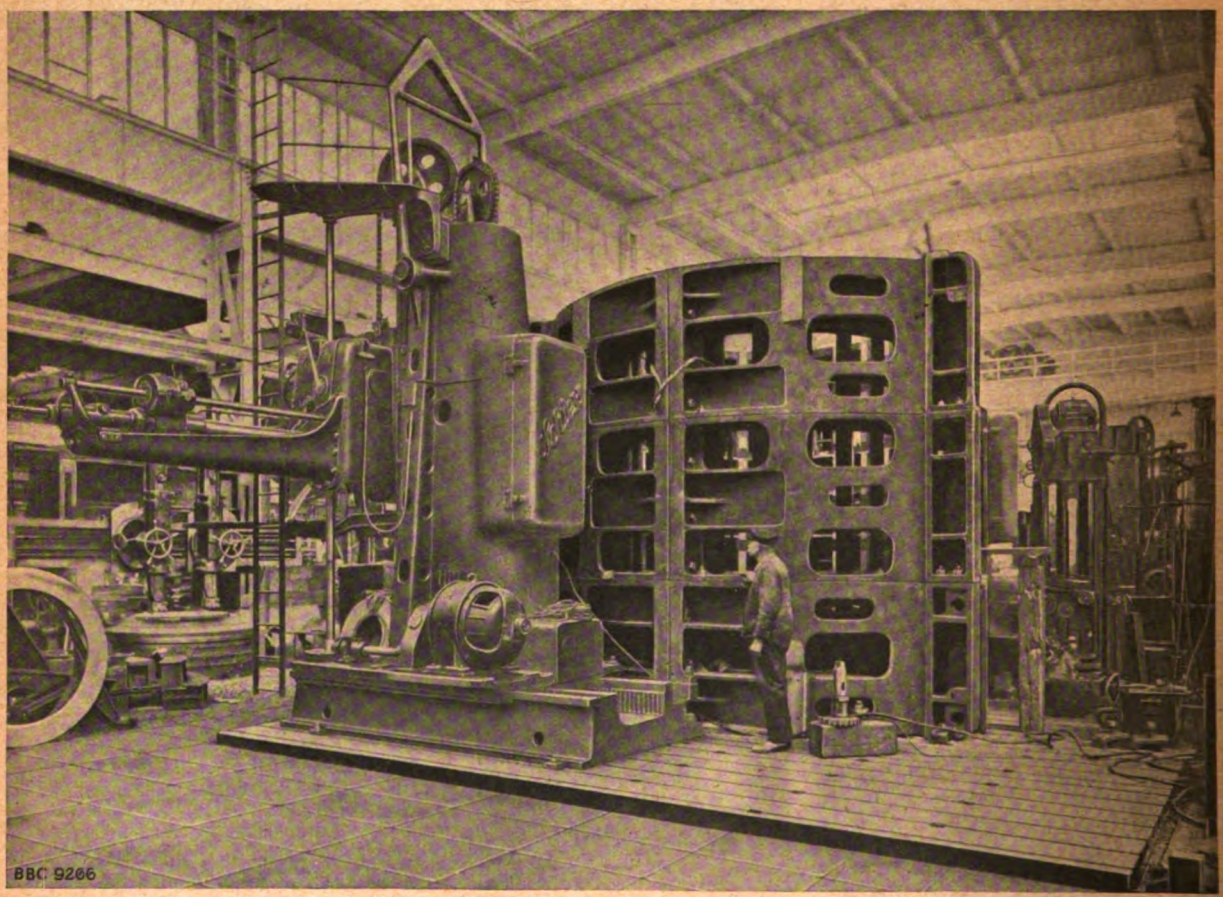
Die beiden erwähnten Schaltvorgänge treten im entgegengesetzten Sinne ein, wenn die Zeit des niedrigen Tarifes zu Ende ist und wieder nach dem hohen Tarif angezeigt und kassiert werden soll. Diese Umschaltung vom hohen auf den niedrigen Tarif und umgekehrt kann auf Wunsch mehrmals am Tage und zu den gewünschten Zeitpunkten erreicht werden.

Schließlich wird von den auf die Ziffernscheibe aufgesetzten Schaltreitern auch noch ein Sperrschalter betätigt, der den Anschluß der Nachtstromgeräte (Heißwasserspeicher, Futterkocher, Waschkessel usw.) nur in der dem Werk genehmen Zeit freigibt, d. h. wenn Überschußenergie vorhanden ist. Die Schalteinrichtung kann entweder so getroffen werden, daß die Freigabe des Nachtstromkreises mit der Zeit des niedrigen Tarifes beginnt und endet, oder auch so, daß die Stromkreissperrung bzw. Freigabe zeitlich unabhängig von der Tarifumschaltung erfolgt.

Digitized by Google

BROWN BOVERI

Elektrische Großmaschinen



Stator eines 100000 kVA Turbo-Generators bei der Bearbeitung in den Brown Boveri Werkstätten in Mannheim. Dieser Generator kam im E.W. Zschornewitz der Elektro-Werke zur Aufstellung und wird von einer 85000 kW Brown Boveri-Dampfturbine angetrieben.

Brown, Boveri & Cie., Aktiengesellschaft, Mannheim

Digitized by Google

Syracuse University Library

JUN 23 1930

E T Z

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

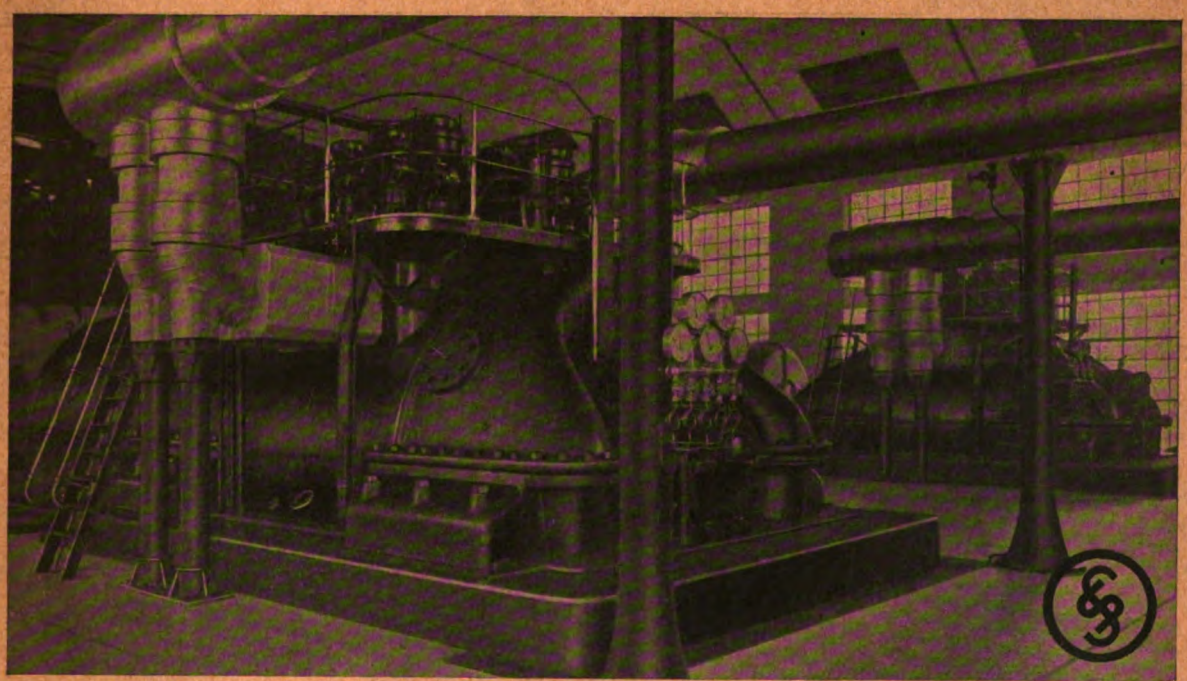
Über die Herstellung von DM-Vierern. Von O. Haugwitz. 797
Neuzeitliche Ausbildung von elektr. Kraftwerken an Bord von Schiffen (Schluß). Von E. Bohn. 800
Internationale Ingenieur-Tagungen in Japan 1929. Von A. Przygode. 804
Ruthsspeicher als Wasserkraftreserve. Von Th. Stein. 807
Die neuere Entwicklung der technischen Elektrochemie unter Bezugnahme auf große Anlagen für wässerige und schmelzflüssige Elektrolyse (Schluß). Von G. Eger. 809

Rundschau:

Neue elektrolyt. Meßbrücke mit Wechselstrom-Zeigergalvanometer als Nullinstr. 815 — Der Werdegang d. elektr. Lichtbogen. 816 — Funkenstreckenform u. Öl-Durchschlagspannung. 817 — Über das stroboskop. Nonlusverfahren. 817 — Flußverdräng. und Flußverlag. im verzweigten magnet. Kreis und ihre Bedeut. für den Induktionszähler. 818 — Berechn. d. Stromwärme in Ankerleitern. 818 — Bestimm. d. Zusatzverluste in Drehstrom-Asynchronmot. 818 — Flugwegbezeichn. in Amerika. 819 — Fortschr. im amerik. Beleuchtungswesen im Jahre 1928. 819 — Elektrisierungsarbeiten d. ungar. Staatsbahnen. 819 — Energieverluste an Lichtbogen-Elektrostahlöfen. 820 — Raumladenetz-Rohr als rückgekoppelter Widerstandsverstärker. 820 — Trägerstrom-Telephonie für Elektrizitätswerke mit einem Seitenband. 821 — Dielektr. Flüssigk. b. hohen Temperat. u. hohen Spann. 821 — Erzwungene Schwing. in Elektronenröhrenkreisen. 822 — Antr. el. Generat. durch d. Fahrwind. 822 — Vereinig. v. Freunden d. T. H. Darmstadt. 823 — Ges. z. Herausgabe d. Illustr. Techn. Wörterbücher E. V. 823 — Kein Patentschutz für das grundlegende Turbinenpatent der Ersten Brünner Maschinenfabriks-Gesellschaft. 823 — Zusammenarbeit weibl. Ingenieure. 823 — Jahresversamml., Kongresse, Ausstellungen. 824 — Energiewirtschaft. 824

Rechtspflege. 824
Vereinsnachrichten. 826 — **Bekanntmachungen des VDE.** 826
Sitzungskalender. 833
Persönliches. O. Feuerlein †. 833
Briefe a. d. Schriftleit.: H. Helberger. 833
Literatur: W. Gehlhoff, W. Wien u. F. Harms, O. Streck, H. Hederich, Meyers Lexikon. 834
Geschäftl. Mitteilungen. 835
Bezugsquellenverzeichnis. 836

DAMPFTURBINEN



Zwei SSW-Turbosätze für Speicherdampfbetrieb (13-0,4 atü), 20000/25000 kW, 3000 U/min, in der Ruthsspeicheranlage des Kraftwerks Charlottenburg der Berliner Städt. Elektr.-Werke AG. (Bewag)

SIEMENS-SCHUCKERT

23. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9
(797-836) 5. Juni 1930

Das Sonderheft der ETZ zur Weltkraftkonferenz erscheint am 12. Juni 1930

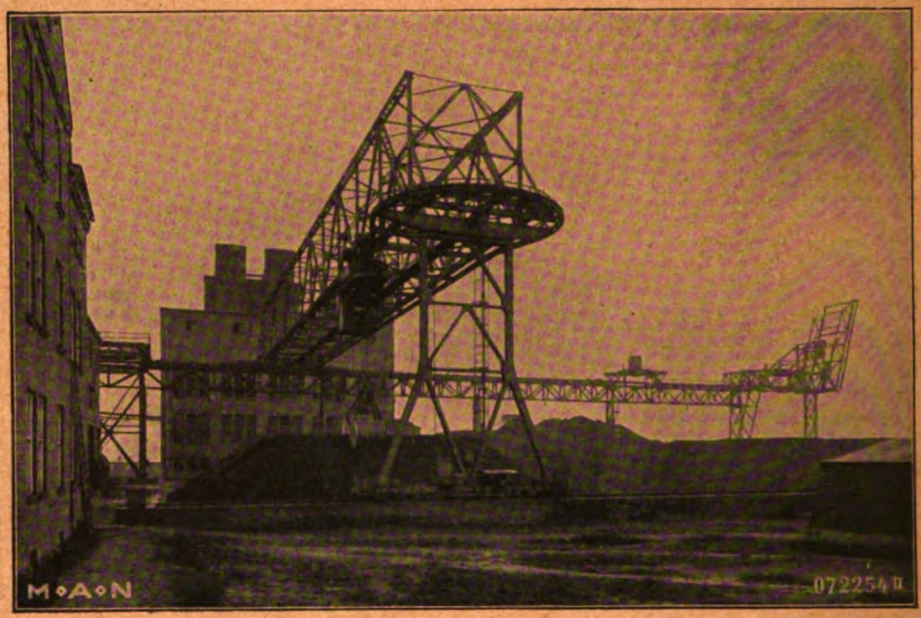
Digitized by Google

M A N
MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG A.G.

TRANSPORT-ANLAGEN

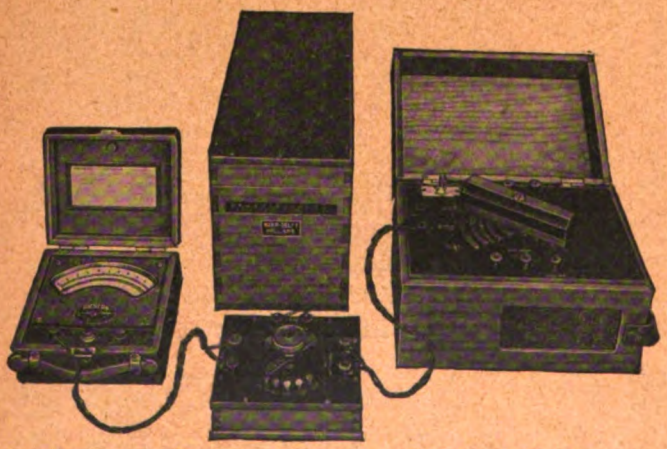
für Kohlen- und Aschenförderung, Verladebrücken, Drehkrane, Bandförderer, Becherwerke, Führerstandslaufkatzen, Wagenkipper, Aufzüge, Spille, Drehscheiben, Schiebebühnen, Maschinenhauskrane, Lastkraftwagen.

Näheres
Drucksache E. Z. 07



Verlustmessungen
an Kabeln und Kondensatoren

mit dem thermischen Wattmeter oder Watt-Ampere-Voltmeter nach H. W. L. Brückmann



Vereinigtes Watt-Ampere-Voltmeter mit Weston-Millivoltmeter, Modell 322 und tragbarem Spiegelgalvanometer

verwendbar für Leistungsmessungen
bei kleinstem Leistungsfaktor
bei beliebiger Frequenz

Verlangen Sie Druckschrift 46

db

Generalvertrieb:
Dipl. Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 5. Juni 1930 | Heft 23

Über die Herstellung von DM-Vierern.

Von Obering. Otto Haugwitz, Hannover.

Übersicht. Nach einem allgemeinen Überblick über die Entwicklung der Dieselhorst-Martin-Verseilung wird ein neues Verseilverfahren beschrieben.

Der Dieselhorst-Martin-Vierer ist die heute am häufigsten angewandte Verseilungsart für Fernsprechkabel, die zur Überbrückung großer Entfernung dienen. Andere Verseilungsarten wie Sternvierer und neuerdings der sog. Doppelsternvierer haben trotz mancher mit ihnen verbundenen Vorteile nicht das DM-System verdrängen können. Insbesondere wird von der Deutschen Reichspost für ihr Fernkabelnetz ausschließlich die DM-Verseilung angewandt.

Die Anforderungen, die in elektrischer Hinsicht an diese Fernkabel gestellt werden, sind seit dem Jahre 1921, dem Beginn des Ausbaus des deutschen Fernkabelnetzes, in dem Maße wie die Erfahrung der Herstellungsfirmen wuchs fast jährlich verschärft worden und haben heute einen Grad erlangt, der noch vor wenigen Jahren unerreichbar erschien. Diese Verschärfung der Bedingungen wurde durch den Verstärkerbetrieb im Zusammenhang mit der Ausdehnung des Fernsprechverkehrs auf immer größere Entfernungen erforderlich. Es wird vor allem eine große Gleichmäßigkeit der Betriebskapazitäten der einzelnen Sprechkreise und der einzelnen Kabelstücke untereinander gefordert, um möglichst günstige Scheinwiderstandswerte der Leitungen zu erreichen und damit die Nachbildungschwierigkeiten im Verstärker zu verringern. Die zweite große Aufgabe ist die Herabsetzung der gegenseitigen Kopplungen der einzelnen Sprechkreise des Kabels. Wenn auch von Anfang an ein Ausgleich der Kopplungen an den verlegten Kabeln durch Kondensatoren vorgesehen war und auch vorgenommen wurde, so geht doch das Bestreben dahin, die Kopplungswerte schon im Kabel so klein zu halten, daß die Anwendung der Ausgleichmittel auf ein Minimum beschränkt werden kann.

Die Herstellung der DM-Vierer hat sich im Laufe der Zeit mit steigenden Ansprüchen mehrfach geändert. Die Isolierung der Adern, die mit Rücksicht auf die Kapazität und die Ableitung unter Einschluß von möglichst viel Luftraum ausgeführt werden muß, bestand im Anfang des Fernkabelbaus entweder aus 2 Lagen Papier, die den Leiter schraubenförmig hohl umgaben, oder aus einem Papierlängsstreifen, der durch einen Nippel so geformt wurde, daß er den Leiter rohrförmig umgab; ein Faden, der fest um dieses Rohr herumgewickelt wurde, verhinderte in diesem Fall das Aufspringen. Durch die feste Einschnürung des Fadens, der das Papier auf den Stellen, wo er auflag, bis auf den Leiter zusammendrückte, während dazwischen das Papierrohr seinen alten Durchmesser behielt, entstanden die erwünschten luftgefüllten Hohlräume. Abb. 1 zeigt eine solche Ader im Schnitt. Diese Aderform ist unter dem Namen „Ballonader" bekannt geworden.

Da diese beiden Aderkonstruktionen den wachsenden Anforderungen an die Gleichmäßigkeit der Betriebskapazitäten nicht mehr genügten, ging man zu der heute wohl allgemein angewandten „Kordelader" über. Bei dieser wird der Leiter von einer Papierkordel, die ihrerseits wieder zur Erreichung möglichst großer Präzision aus mehreren Fäden gezwirnt sein kann, in ziemlich enger Steigung umwunden. Darüber wird ein Papierstreifen schraubenförmig mit Überlappung aufgelegt, so daß er ein zylindrisches Rohr bildet. Die Aderdurchmesser können bei dieser Bauart auf Hundertstel-Millimeter genau eingehalten werden. Eine solche Ader ist im Gegensatz zu den vorerwähnten Aderformen gegen den beim Verseilen auf sie wirkenden und nicht zu vermeidenden Druck sehr widerstandsfähig, daher erreicht man mit diesen Adern einen sehr hohen Grad von Gleichmäßigkeit der Betriebskapazitäten im Kabel, da Schwankungen der Kapazitäten, die durch Verschiedenheit der Aderdurchmesser hervorgerufen werden, fast ganz ausgeschaltet werden. In Abb. 2 ist eine Kordelader dargestellt.

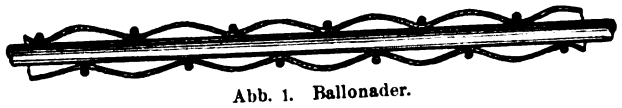


Abb. 1. Ballonader.

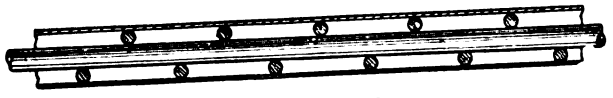


Abb. 2. Kordelader.

Die Verseilung der Adern zu Paaren und der Paare zum Vierer wurde zunächst nur getrennt vorgenommen. Auf eine Rückdrehung der Adern wurde, um diese nicht unnötig zu beanspruchen, in der Regel nicht verzichtet. Die beiden Paardralle und der Viererdrall müssen bei einem gewöhnlichen DM-Vierer untereinander verschieden sein, da sonst die Kopplungswerte unzulässige Beträge annehmen. Die Verseilung zum Vierer kann nun entweder in der gleichen Richtung wie die Verseilung der Paare oder in entgegengesetzter Richtung erfolgen. Ebenso kann die Drallänge des Vierers länger oder kürzer als die Drallängen der Paare sein. Während man früher meist den Viererdrall länger als die Paardralle wählte und Paare und Vierer in der gleichen Richtung verseilte, ist man heute mehr und mehr zu der Ausführung mit entgegengesetzter Richtung für Paare und Vierer und kürzerem Viererdrall übergegangen. Dies geschah mit Rücksicht auf die Kopplungswerte im Vierer, die bei dieser Verseilart wesentlich besser ausfallen als bei der anderen. Hierbei hat sich sogar ergeben, daß trotz entgegengesetzter Drallrichtung zwischen Paar und Vierer und trotz des kürzeren Viererdralles weniger Raum benötigt wird als bei gleichgerichteten Drallen.

Zur Verbesserung der Kopplungswerte wählt man verhältnismäßig große Drallunterschiede für die drei Teile des Vierers und nimmt für diesen Vorteil eine Verschlechterung der Betriebskapazitäten und Erdkapazitätsunterschiede in Kauf. Die Betriebskapazitäten sind nämlich von der Drallänge abhängig, einer kürzeren Drallänge entspricht eine höhere Betriebskapazität und umgekehrt. Somit müssen bei größeren Drallunterschieden in den Paaren die Kapazitäten für diese Paare verschiedene Höhe zeigen; der Unterschied kann mehrere Prozent betragen. Die Verschiedenheit der Paardralle wirkt sich ferner besonders in e_3 aus, d. h. im Erdkapazitätsunterschied des Vierers. Hat z. B. das erste Paar in allen Vierern immer den kürzerer Drall, so liegen alle e_3-Werte positiv, hat das zweite Paar den kürzeren, liegen sie negativ. Man vermeidet diese Einseitigkeit, wenn man z. B. abwechselnd in einem Vierer dem ersten, in dem nächsten Vierer dem zweiten Paar den kürzeren Drall gibt. Außer den verschiedenen Drallängen in den Paaren wirken sich die Drallängen in den Vierern, die man für benachbart liegende Vierer verschieden wählt, um Kopplungen der Sprechkreise fremder Vierer aufeinander zu verringern, ebenfalls auf die Höhe der Betriebskapazität aus. Dieser Nachteil ist nicht so schwerwiegend, wenn dafür gesorgt wird, daß in allen Kabeln einer Strecke

Digitized by Google

immer die gleichen Paare aneinandergeschaltet werden, da in diesem Falle die Gleichförmigkeit jeder Leitung gewährleistet ist.

Ein weiterer Punkt, der berücksichtigt werden muß, ist das Verhältnis der Paar- zur Vierer-kapazität. Nach internationalen Abmachungen ist dieses Verhältnis auf 1,62 festgesetzt worden. Es macht nun gewisse Schwierigkeiten, diesem Wert nahezukommen. Bei Verseilung der Paare und des Vierers in der gleichen Richtung liegt er etwa bei 1,7, bei entgegengesetzter Richtung etwa bei 1,55, je nach Länge der Dralle. Man kann in letzterem Falle sagen, je besser die Kopplungen, desto schlechter das Verhältnis. In den Außenlagen eines Kabels ist das Verhältnis durch die Nähe des Bleimantels durchweg etwas höher als in den inneren Lagen, auch durch besonderes Quetschen des Vierers im Nippel kann das Verhältnis etwas erhöht werden. Ein schlechtes Verhältnis hat für die Fabrikation einen großen Nachteil. Je größer nämlich die Abweichung von dem Wert 1,62 ist, desto geringer ist die zur Verfügung stehende Toleranz für die Lagenmittelwerte. Bei den deutschen Fernkabeln dürfen die Lagenmittelwerte für Paare und Vierer um ± 4 % schwanken. Liegt ein Paarwert eines 0,9 mm-Vierers z. B. auf dem idealen Mittelwert von 0,0335 µF/km und beträgt das Verhältnis dabei 1,55, so liegen die Vierer bei 0,0520 µF/km, d. h. an der unteren Grenze.

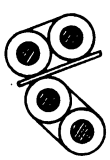


Abb. 3. Steg zwischen den Paaren bei zu hohem Paar-Vierer-Verhältnis.

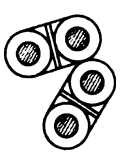


Abb. 4. Steg zwischen den Adern bei zu niedrigem Paar-Vierer-Verhältnis.

Für die Fabrikation ist demnach nur noch ein Spielraum von 4 % nach oben offen, da dann die Paare bereits die obere Grenze erreichen. Die Schwankungsbreite ist also von 8 auf 4 % herabgesetzt, was unter Umständen eine nicht unwesentliche Erschwerung für die Fabrikation bedeutet.

Um nun trotz der genannten Eigenschaften der Vierer den Wert 1,62 zu ereichen, legt man sog. „Stege" in die Vierer, das sind Papierstreifen, die zwischen die Paare bzw. Adern gelegt werden. Diese setzen entweder die Viererkapazität herunter ohne die Paarkapazität wesentlich zu beeinflussen oder umgekehrt, je nachdem das Verhältnis zu groß oder zu klein ist. Abb. 3 zeigt einen solchen Steg bei zu großem, Abb. 4 bei zu kleinem Verhältnis. Durch entsprechende Wahl der Stegdicke hat man es in der Hand, das Verhältnis ziemlich genau einzustellen. Allerdings bieten diese schmalen Papierstreifen, besonders wenn sie zwischen den Adern liegen, oft Anlaß zu Störungen, weil die Streifen in der Fabrikation reißen und dann unter Umständen stellenweise ganz fehlen oder weil sie sich an eine falsche Stelle legen können. In solchen Fällen sind Ungleichmäßigkeiten in den Kapazitätswerten oder größere Kopplungswerte die Folge.

Wie bereits oben erwähnt, wurden die einzelnen Verseiloperationen zunächst getrennt vorgenommen. Neuerdings ist man in einigen Werken zur kombinierten Verseilung übergegangen, die große technische Vorteile bietet. Das Verfahren erfordert allerdings für DM-Vierer noch ziemlich umfangreiche Maschinen.

Neben dem reinen DM-Vierer mit drallierten Paaren ist noch eine andere Konstruktion mit annähernd den gleichen elektrischen Eigenschaften bekannt geworden. Es sind dies Vierer, die nach DRP. 438 964 (Becker) hergestellt sind. Im Kabelwerk der AEG ist dieser Vierer vor der Veröffentlichung des angegebenen Patents unabhängig davon entwickelt und seinerzeit bei der Fernkabelfabrikation eingeführt worden[1]. Bei diesem Vierer werden vier Adern gleichzeitig wie ein Sternvierer verseilt. Die Adern bilden also im Querschnitt die Ecken eines Quadrates. In gesetzmäßigen Abständen werden nun die beiden Adern eines Paares, die nicht wie bei einem echten Sternvierer diagonal gegenüber, sondern nebeneinander liegen, gekreuzt, d. h. sie wechseln ihre Plätze. Genau in der Mitte eines solchen Abschnitts zwischen zwei Kreuzstellen liegen die Kreuzstellen des anderen Paares. Der Abstand der Kreuzstellen beträgt ein bis mehrere Meter, dazwischen liegen die Adern als Sternvierer. Das Paar-Vierer-Verhältnis ist bei diesem Vierer sehr hoch, etwa 1,8, so daß man zum Ausgleich einen sehr dicken Steg anwenden muß, wodurch der vorhandene geringe Vorteil im Durchmesser wieder verloren geht.

Die Anordnung als Sternvierer erscheint sehr verlockend, da man zunächst von dem geometrisch genauen Aufbau des Vierers große Vorteile in bezug auf die Kopplungswerte gegenüber dem normalen DM-Vierer erwartet, der für gewöhnlich ein sehr unregelmäßiges Aussehen zeigt. Diese Hoffnung hat sich jedoch nicht bestätigt. Ein Sternvierer, selbst wenn er noch so fest mit einem Faden umsponnen ist, wird stets bei Druck von außen, der bei der Verseilung zum Kabel bestimmt auf den Vierer wirkt, seine Form ändern, d. h. die Adern werden sich mehr oder weniger rhombisch verschieben, und diese Formänderung ruft sofort eine wesentliche Verschlechterung der Kopplungswerte hervor. Abb. 5 zeigt eine besonders gefährdete Stelle in einem solchen Vierer, bei dem kein Steg vorhanden ist, Abb. 6 dieselbe bei einem Vierer mit Steg. Ein

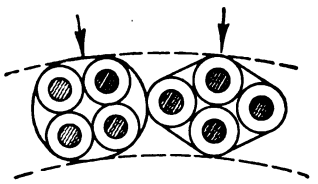


Abb. 5. Deformierung eines Sternvierers bei seitlichem Druck (ohne Steg).

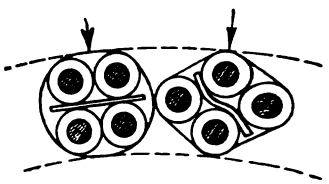
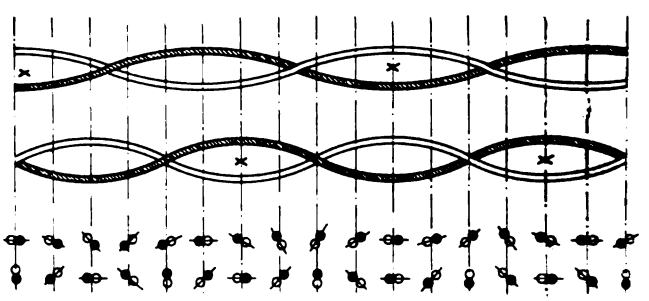


Abb. 6. Deformierung eines Sternvierers bei seitlichem Druck (mit Steg).

DM-Vierer ist gerade durch seine unregelmäßige Gestalt diesem Einfluß nicht so unterworfen, da die Reibung der Adern aneinander im Vierer so groß ist, daß Verlagerungen in dem Maße wie bei einem Sternvierer nicht eintreten können.

In den Hackethal-Draht- und Kabelwerken ist nun eine neue DM-Verseilart[2] entwickelt worden, welche die Nachteile der erwähnten Systeme vermeidet und darüber hinaus noch Vorteile bietet. Die Verseilung der vier Adern zu Paaren und zum Vierer geschieht hierbei ebenfalls in einem Arbeitsgang. Je zwei Adern werden miteinander zu Paaren verdrillt, jedoch wird dabei in jedem Paar die Drallrichtung nach 360 ° umgedreht. Die Verseilung zum Vierer erfolgt gleichzeitig. In Abb. 7



× Umkehrstellen

Abb. 7. Vierer mit Umkehrung der Paar-Drallrichtung nach 360°. Paare haben verschiedenen Drall.

ist ein solcher Vierer schematisch dargestellt. Der Viererdrall ist fortgelassen und die beiden Paare sind nebeneinander gezeichnet, der Vierer ist gewissermaßen aufgeklappt gedacht. Eine Reihe von Schnittbildern zeigt die wahre Lage der Adern zueinander ohne Berücksichtigung des Viererdralles. Beide Paare haben in diesem Fall verschiedenen Drall. Im Gegensatz zu den gekreuzten Vierern mit ungleichen Schlaglängen[3] ist hierbei aber eine sternförmige Lage der Adern absichtlich vermieden, sie tritt wie bei jedem DM-Vierer nur auf Strecken von wenigen Millimeter auf. Da die Drallierung in jeder Richtung nur 360 ° beträgt, braucht man die ablaufenden Spulen nicht umeinander zu schwenken und kann zur Verseilung eine Sternvierer-Maschine benutzen, der ein Verseilkopf vorgebaut ist, welcher die Drallierung der Adern vornimmt. Man kommt dadurch mit kleinen Maschinenabmessungen aus bzw. man kann vorhandene Sternvierer-Maschinen benutzen.

Es erschien zunächst fraglich, ob die Adern bei der Umkehrung der Drallrichtung liegen bleiben oder ob sie sich nicht durch den Zug beim Verseilen wieder aufziehen, d. h. zurückspringen. Die Praxis hat nun gezeigt, daß diese Befürchtung sich nicht bewahrheitet, sondern daß

[1] Haugwitz, ETZ 1926, S. 749.

[2] DRP. angem.

[3] Haugwitz, ETZ 1926, S. 750.

Digitized by Google

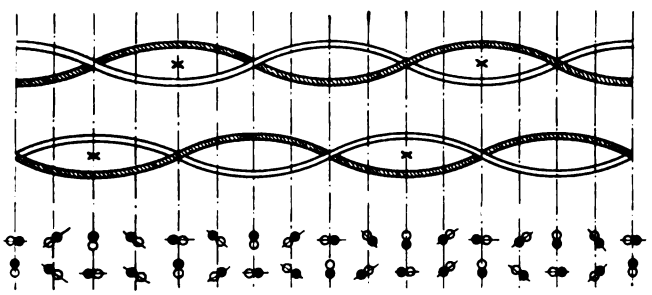
die Adern liegen bleiben, wenn man ihnen unmittelbar vor dem Verseilnippel ihre richtige Lage gibt. Bei Anwendung sehr kurzer Paardralle ist es jedoch zu empfehlen, die Verlegeeinrichtung vor der Umkehrung der Drallrichtung einen Augenblick liegen zu lassen, so daß für diese

Abb. 8. Umkehrstelle (×) in einem Paar.

Zeit keine Drallierung stattfindet, bis der Viererfaden die Adern gefaßt hat und ein Zurückspringen verhindert.

Es war zunächst für jedes Paar ein Faden vorgesehen, der die Adern zusammenschnüren und in ihrer Lage festhalten sollte. Es hat sich aber gezeigt, daß er ohne Einfluß auf die Festigkeit des Vierers ist und deshalb ohne weiteres weggelassen werden kann; der nur um den Vierer herumgelegte Faden oder das Papierband genügt für den Zusammenhalt. In Abb. 8 ist eine derartige Umkehrstelle sichtbar, das obere Paar kehrt bei × seine Drallrichtung um. Die Fäden sind hierbei zur besseren Sichtbarmachung entfernt. Wie aus dem Bilde weiter hervorgeht, ist der Viererdrall länger als die Paardralle, die Drallrichtung der Paare ist zur Hälfte mit und zur Hälfte gegen den Sinn des Viererdralles. Der Erfolg ist nun, wie aus dem vorhin über den Einfluß des Verseilsinns auf das Verhältnis Paar : Vierer gesagten zu erwarten war, daß der Vierer das ideale Verhältnis von 1,62 ohne Hilfsmittel von sich aus annähernd besitzt. Der Wert schwankt wieder etwas mit der verwendeten Drallänge, längerer Drall ergibt ein höheres Verhältnis. Durch Anwenden oder Fortlassen von Paarfäden und durch geeignete Wahl der Fadenstärke kann man das Verhältnis etwas beeinflussen, da die Paarfäden die gleiche Wirkung wie ein in Abb. 3 gezeigter Viersteg haben.

Die neue Verseilung wurde im Jahre 1929, nachdem das RPZ. die Genehmigung erteilt hatte, zum ersten Male für Fernkabel angewandt. Abb. 9 stellt den Verseilkopf an der ersten, behelfsmäßig zusammengebauten Versuchs-



× Umkehrstellen

Abb. 10. Vierer mit Umkehrung der Paar-Drallrichtung nach 360°. Paare haben gleichen Drall.

maschine dar. An dem Verseilkopf sind die beiden Doppelführungen erkennbar, durch welche die jeweils zusammengehörigen Adern der Paare laufen. Die Steuerung der Paarführungen erfolgt durch die hohle Welle des Verseilkorbes hindurch von einer hinter dem Verseilkorb angebrachten feststehenden Vorrichtung aus. Auf jeder Paarführung sitzt ein Fadenspinner, der von den rückdrehenden Jochen des Verseilkorbes aus angetrieben wird. Die Laufkreise der beiden Spinner überschneiden sich, die Spinner sind aber durch Zahnräder zwangsweise in Phase, so daß sie sich beim Laufen nicht berühren können. Die Adern und die Paarfäden laufen gleichzeitig in den Verseilnippel ein. Der Viererfaden wird erst hinter dem Nippel aufgebracht.

Es wurden mit der beschriebenen Maschine außer dem in Abb. 7 gezeigten Vierer, bei dem die Dralle der Paare verschieden sind, auch versuchsweise Vierer gefahren, bei denen die Dralle gleich sind. Der Zweck war, die durch die Ungleichheit der Paardralle hervorgerufenen Schwankungen der Betriebskapazität zu vermeiden und die e_3-Werte zu verbessern. Die Erreichung guter Kopplungswerte wurde dabei angestrebt, indem die Dralle der beiden Paare um eine Vierteldrallänge gegeneinander versetzt wurden. In Abb. 10 ist der Vierer in der gleichen Weise wie der zuerst beschriebene dargestellt. Die erhofften Vorteile zeigten sich, jedoch stellte sich heraus, daß die Einstellung der Drallverschiebung außerordentlich kritisch für den k_1-Wert ist, eine geringe Abweichung läßt den k_1-Wert sofort bedenklich ansteigen. Da die erforderliche Genauigkeit nicht immer einzuhalten ist, wurde diese Anordnung zunächst wieder verlassen.

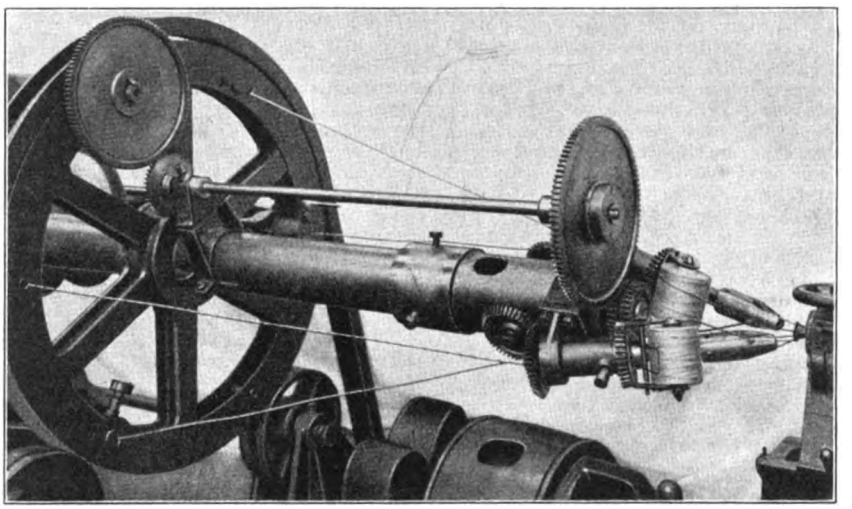


Abb. 9. Verseilkopf für Verseilung mit Umkehrung der Drallrichtung.

Ein neuer Maschinentyp für die Fabrikation nach dem oben beschriebenen System mit verschiedenen Paardrallen ist z. Z. im Bau. Es sind daran einige wichtige Verbesserungen angebracht, über die besonders berichtet werden wird. U. a. werden bei der neuen Maschine selbsttätig in gewissen Abständen die Dralle der beiden Paare eines Vierers ausgetauscht, so daß sich in jedem Paar annähernd gleich viel kurze und lange Dralle befinden, wodurch die durch die Verschiedenheit der Dralle bedingte Unsymmetrie der Vierer ausgeglichen wird. Die mit dieser Einrichtung gefahrenen Vierer haben die gleichen guten Eigenschaften wie Vierer mit gleichen Paardrallen,

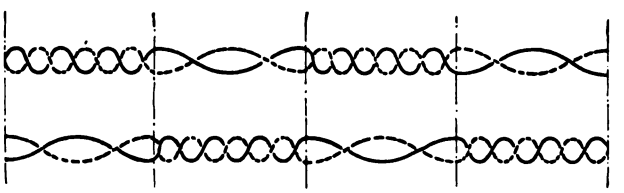


Abb. 11. Vierer mit Drallängenwechsel in den Paaren.

ohne deren Nachteile zu besitzen. Abb. 11 zeigt einen solchen Vierer, bei dem die Paardralle innerhalb einer Länge mehrmals gewechselt werden.

Die neue Verseilart mit Umkehrung der Drallrichtung kann natürlich bei entsprechender Ausbildung der Verseilmaschine auch für andere Adergruppen, z. B. für Doppelsternvierer angewandt werden. Ein solcher könnte in der Weise hergestellt werden, daß man 8 Adern in einer achtspuligen Verseilmaschine verseilt und je zwei nebeneinanderliegende Adern durch Doppelführungen laufen läßt, welche diese beiden Adern mit wechselnder Richtung zum Paar drallieren. Die Drallängen sind zweckmäßig für alle vier Paare verschieden und können ebenfalls selbst-

Digitized by Google

tätig untereinander ausgetauscht werden, so daß die Eigenschaften der vier Paare gleich werden. Die Steuerung der vier Doppelführungen kann in ähnlicher Weise erfolgen, wie sie für den Vierer beschrieben ist. — Zusammenfassend kann gesagt werden, daß durch die Einführung der erwähnten Neuerungen gegenüber der bisher üblichen Herstellungsart von DM-Vierern wesentliche Verbesserungen erzielt werden, die in der erhöhten Gleichmäßigkeit der Kabel und in der Vereinfachung der Herstellung bestehen.

Neuzeitliche Ausbildung von elektrischen Kraftwerken an Bord von Schiffen.

Von Ing. **Edmund Bohn**, Hamburg.

(Schluß von S. 765.)

Das Motorschiff „Magdeburg" der Hapag (9250 Ladetons) besitzt als Hauptantrieb eine doppeltwirkende Zweitakt-MAN-Maschine von 4000 PSe bei 75 U/min. Der Hauptverbraucher an elektrischer Energie während der Fahrt ist das elektromotorisch angetriebene Spülluftgebläse. Sonstige elektrische Verbraucher sind nicht viele vorhanden, da die meisten Pumpen für den Betrieb der Hauptmaschine angehängt sind und das Schiff ein reines Frachtschiff ist. Es fehlen also Lüfter, elektrische Wirtschaftsheizung und dgl., die sonst als abschaltbare Verbraucher für die Sicherheitschaltung herangezogen werden. Für den Seebetrieb laufen zwei Generatoren, die für eine maximale Belastung von je 650 A bemessen sind. Da der Gebläsemotor bei normaler Volleistung der Hauptmaschine 700 A beansprucht, die andern Verbraucher 200 A, so ist jeder Generator mit 450 A belastet. Die Energie des Gebläsemotors übersteigt also allein schon die Volleistung eines Generators. Für die betriebssichere Ausbildung der elektrischen Anlage in Verbindung mit der Sicherheitschaltung wurde deshalb als Ausgleich beim Ausfall eines Generators eine Verminderung der Gebläseleistung vorgesehen, u. zw. eine derartige Herabsetzung, daß der andere Generator imstande ist, die ganze restliche Last aufzunehmen und gleichzeitig die verminderte Gebläseleistung den Weiterbetrieb der Hauptmaschine fast mit Vollast (Herabsetzung der Drehzahl um höchstens 10 %) erlaubt.

Im Betrieb lief die Hauptmaschine mit der Normallast von 4000 PSe. Für die Stromerzeugungsanlage ergaben sich folgende Werte:

Vor Wirken der Sicherheitschaltung:

2 Generatoren mit je 450 A	900 A
Stromverbraucher:	
Spülluftgebläse $n = 2500$, 490 m³/min Luft bei 1230 mm Wassersäule	700 „
1 Frischwasserpumpe	145 „
Licht usw.	55 „
Gesamtverbrauch	900 A

Nach Wirken der Sicherheitschaltung:

1 Generator mit 650 A	650 A
Stromverbraucher:	
Spülluftgebläse $n = 2100$, 430 m³/min Luft bei 800 mm Wassersäule	450 „
1 Frischwasserpumpe	145 „
Licht usw.	55 „
Gesamtverbrauch	650 A.

Die geförderte Luftmenge bei der verminderten Gebläsedrehzahl (von 2500 auf 2100 U/min) genügte noch für das einwandfreie Arbeiten der Hauptmaschine mit Vollast oder Erniedrigung der Drehzahl um höchstens 10 %. Die durch die plötzliche Herabsetzung der Stromaufnahme des Gebläses eintretende starke Belastungsschwankung wurde von dem noch in Betrieb befindlichen Generator einwandfrei aufgenommen.

Das für diese Abschaltung benutzte Kontaktrelais hat noch eine besondere Ausbildung erfahren. Das Anziehen seines Ankers mit dem Kurzschließungskontakt für den Regler geschieht in dem Augenblick, wo die Übertragungsleitung der Sicherheitschaltung von *h* ausgehend vom Strom durchflossen wird. Die andere Seite der Magnetspule des Relais liegt an der Minusleitung. Dies geschieht, wie geschildert, entweder bei Ausfall eines Generators oder bei Vorauslösung. Bei Wiedereinlegen des ausgefallenen Hauptschalters oder Aufhören der Vorauslösung infolge Aufhörens der Überlastung wird der Stromkreis von *h* wieder ausgeschaltet. Hierdurch würde der Anker des Kontaktrelais abfallen. Durch die entstehende plötzliche Trennung der beiden vorher kurzgeschlossenen Kontakte am Regler würde der Motor mit einem Male ohne Stufenregelung auf seine Höchstdrehzahl schnellen, wodurch eine plötzliche und größere Stromentnahme im Netz auftritt. Die Nachteile dieses plötzlichen Stromstoßes könnten sich auf die Generatoren und ihre Antriebsmaschinen auswirken. Um dieses zu verhüten, schaltet sich das Relais nach dem Anziehen gleichzeitig vom Stromkreis der Sicherheitschaltung ab

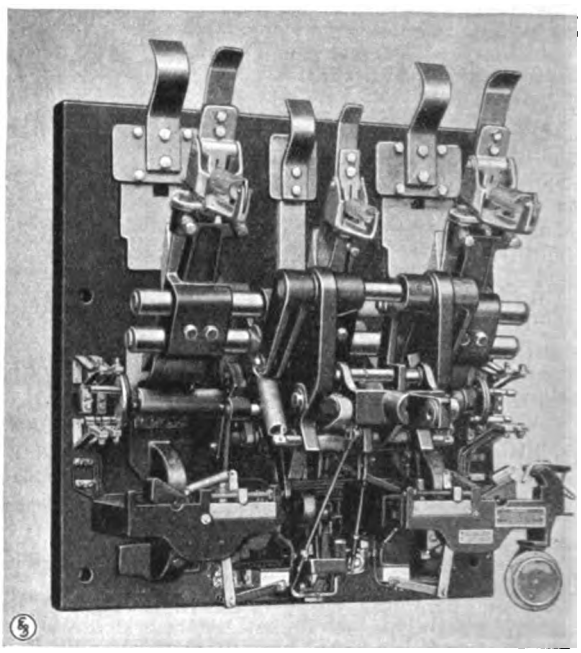


Abb. 8. Überstrom- und Rückstrom-Selbstschalter mit Kontakten für Sicherheitschaltung.

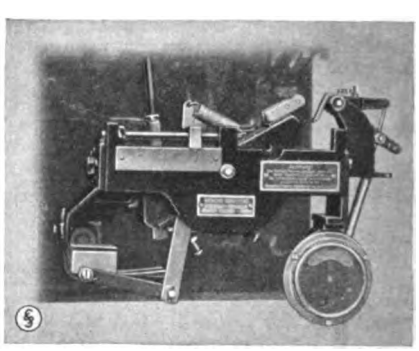


Abb. 9. Auslösemagnet des Überstrom- und Rückstrom-Selbstschalters mit Vorkontakten und Zeitrelais.

und erhält seine Speisung von der Anschlußleitung (positiver Pol) am Anlasser. Es verbleibt dann auch nach Ausschaltung des Stromkreises von der Sicherheitschaltung in seiner angezogenen Einschaltstellung. In dieser Zuleitung

Digitized by Google

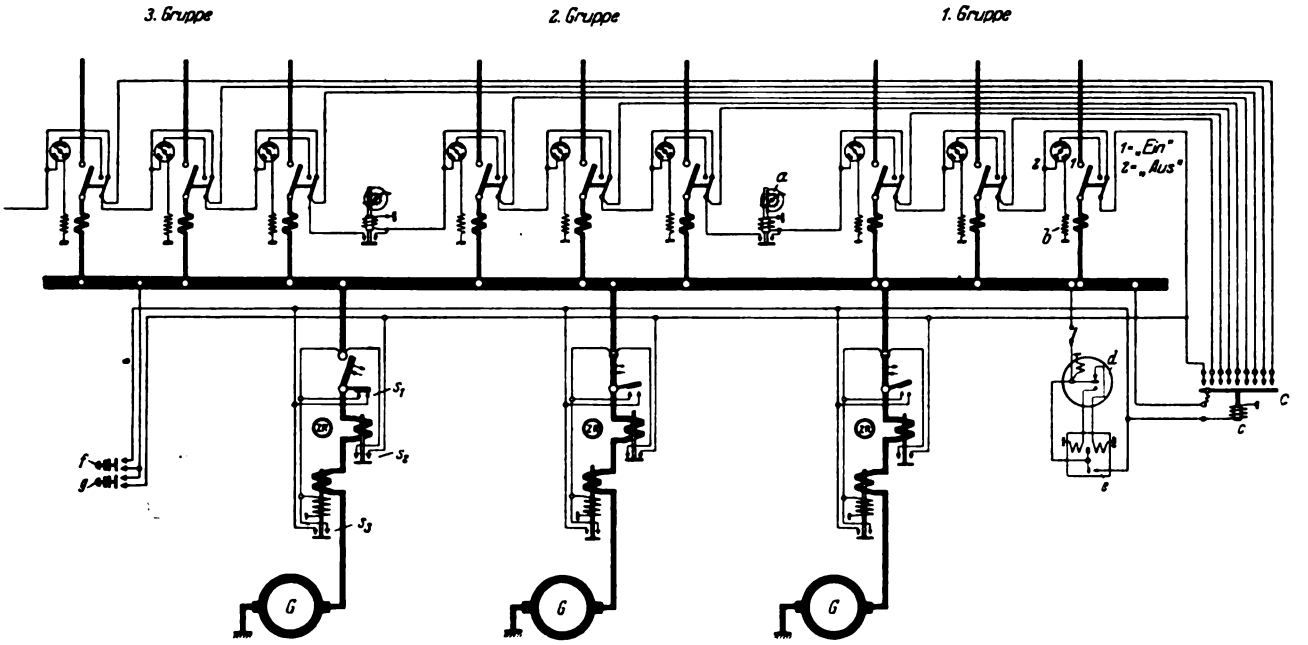
vom Anlasser her ist außerdem ein Unterbrechungskontakt vorgesehen. Um nach erfolgtem Herabsetzen der Stromaufnahme des Motors diesen wieder auf seine ursprüngliche Höchstdrehzahl zu bringen, wird der Reglerarm zunächst in die Anfangsstufe zurückgelegt, hierbei wird der Druckkontakt unterbrochen und der Anker mit dem Kurzschließungskontakt fällt in seine Ursprungstellung zurück. Der Reglerarm wird dann wieder über die Stufungskontakte geführt zur Einstellung der erforderlichen Motordrehungen.

Soll eine selbsttätige Wiedereinstellung der erhöhten Umdrehungszahl des Gebläses erfolgen, so wird anstatt des handbetriebenen Reglers ein solcher nach dem Selbstanlasserprinzip angeordnet, der von der Hauptschalttafel durch Druckknopfbetätigung zum Wirken gebracht wird.

In jedem Stromkreis nach den abschaltbaren Verbrauchern ist an der Belegungstafel für die Sicherheitsschaltung ein Hebelschalter vorgesehen, der gestattet, die bei Ausfallen eines Generators selbsttätig abzuschaltenden Verbraucherstromkreise wahlweise zu bestimmen.

Da nun beim Abschalten der Maschine G_1 die auf dieser vorhanden gewesene Last sofort von dem Generator G_2 übernommen wird, so muß verhindert werden, daß deren Hauptschalter eher anspricht, als die Verteilungstromkreise abgeschaltet sind. Es besitzen daher die Maschinenhauptschalter eine Zeitverzögerung, um den Abschaltverbrauchern Zeit zum Auslösen zu geben.

Da Störungen in der Anlage sehr plötzlich auftreten können und ein möglichst schnelles Ansprechen der Sicherheitschaltung von Bedeutung ist, so sind zu diesem Zwecke noch Hilfskontakte an dem am ersten ansprechenden Teile des Selbstschalters angeordnet, an dem Magnetanker, der die Auslösung der Hauptbürsten mechanisch oder elektrisch bewirken soll. Diese Hilfskontakte sind parallel zu den an den Hauptbürsten angeordneten Hilfskontakten geschaltet. Sobald also eine Maschine gestört wird und hierdurch die anderen Maschinen eine Überlast aufnehmen sollten, werden deren Auslösemagneten anziehen und die Hilfskontakte des Sicherheitstromkreises schon schließen, bevor der Selbstschalter der gestörten Maschine durch Überstrom ausgelöst hat. Abb. 5, 8 und 9 zeigen einen Selbstschalter mit den Hilfskontakten für die Sicherheitsschaltung. In fester Abhängigkeit von den Hauptbürsten A, die den Generator G mit der Sammelschiene verbinden, ist der Hilfskontakt S_1, der in Hintereinanderschaltung mit dem vom Einschaltgriff betätigten Walzenkontakt W die Sicherheitschaltung bei Ausfall des Selbstschalters unter Spannung setzt und zur Wirkung bringt. Parallel zu diesem Hilfskontakt S_1 liegt der vom Auslösemagneten B betätigte Hilfskontakt S_2. Sobald also durch irgendeine Störung die Maschine Rückstrom oder Überstrom erhält und der Auslösemagnet zu arbeiten beginnt, wird dieser Hilfskontakt S_2 geschlossen und läßt die Sicher-



S_1 Hilfskontakt für Sicherheitschaltung am Überstrom-Selbstschalter
S_2 Hilfskontakt für Sicherheitschaltung am Auslöseanker des Überstrom-Selbstschalters (Vorauslösung)
S_3 Hilfskontakt für Sicherheitschaltung am Rückstrom-Kontaktrelais
a Verzögerungsrelais
b Auslösespule des Stromkreis-Selbstschalters
c Auslöseschütz für Stromkreis-Selbstschalter
d Spannungsrelais
e Einschaltrelais
f Prüfdruckknopf für Parallelabschaltung
g Prüfdruckknopf für Hintereinander-Abschaltung

Abb. 10. D. „Europa", Schaltplan der Sicherheitschaltung, System C. Meyer, DRP.

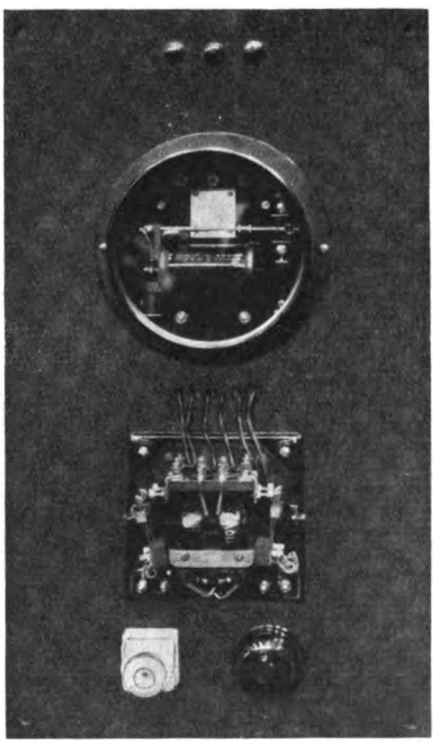


Abb. 11. D. „Europa", Spannungsrelais mit Einschaltrelais.

Digitized by Google

heitschaltung in Funktion treten, schon bevor ein Hauptschalter ausgefallen ist, da der Anker des Auslösemagneten einen gewissen Weg zurücklegen muß, bevor er den Sperrhebel anzieht, und ferner die Zeitverzögerung des Hauptschalters den Zeitpunkt der Auslösung verzögert. Der Auslösemagnet selbst kann auch verschieden eingestellt werden durch Verstellen des Ankerweges sowie durch eine besondere Zeitverzögerung, so daß es möglich ist, das Inkrafttreten der Sicherheitschaltung zeitlich beliebig zu regeln.

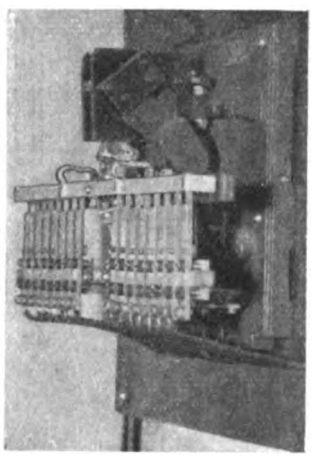


Abb. 12. D. „Europa", Auslöseschütz für 16 Stromkreis-Selbstschalter.

Schaltanlage des Schnelldampfers „Europa".

Das Stromerzeugungs- und Verteilungsnetz ist sowohl für Licht- als auch für Kraftzwecke den neuzeitlichen Gesichtspunkten entsprechend mit 220 V einpolig ausgeführt.

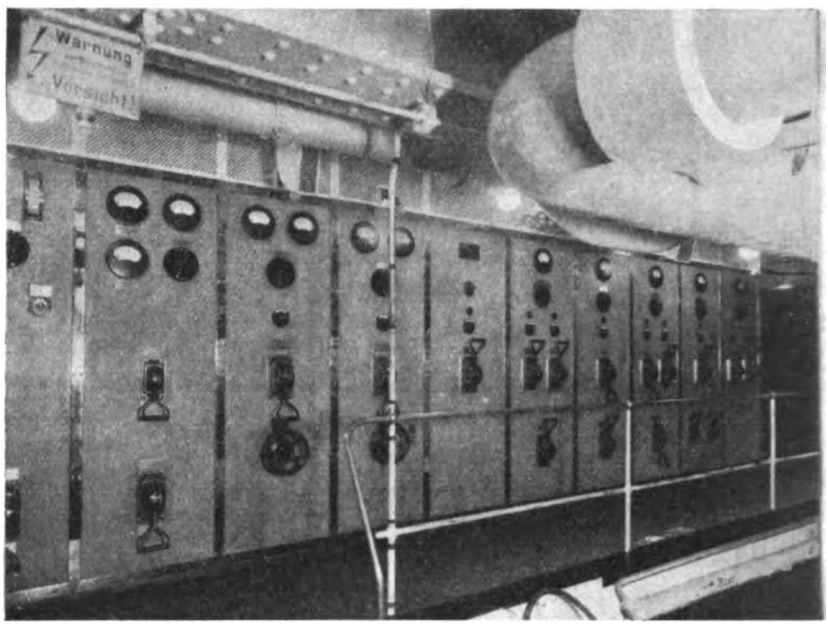


Abb. 13. D. „Europa", Hauptschalttafel (Teilansicht).

Die Wirkung dieser Hilfskontakte S_2 kann außerdem noch eine andere wesentliche sein. Ein Auslösen des Hauptschalters wird in den Fällen auftreten, wo der Ausfall einer Antriebsmaschine die Ursache der Überlastung ist. Die mechanische Zeitverzögerung hemmt die Auslösung der übrigen im Betrieb befindlichen Generatoren bis zu 20 s, damit diese nicht eher auslösen, als bis die Verbraucher durch Abschalten das Netz entlastet haben. Nähert sich bei Überlast die Belastungsstromstärke der eingestellten Höchstgrenze des Hauptschalters etwa infolge ansteigender Stromentnahme durch die Verbraucher, so bewirkt der Kontakt S_2 ein Abschalten der Verbraucher (Vorauslösung). Das Netz wird entlastet, der Hauptschalter gelangt hierbei nicht zur Auslösung und die Speisung des Generators bleibt erhalten. Die Wirkungsweise der Vorauslösung, wie aus Abb. 6 *c* ersichtlich, ist derart, daß der Anker beim Anwachsen des Überstromes bis an den Nocken des Zeitrelais gezogen wird und durch Verbindung der beiden Kontakte S_3 die Stromkreise zum Abfallen bringt, bevor er nach Ablauf der eingestellten Zeitverzögerung durch Erreichung seiner tiefsten Stellung den Hauptschalter zur Auslösung gebracht hat.

Durch eine geringe Leerlaufstrecke des Zuggestänges kann der Anker diese Bewegung ausführen, ohne daß er auf den Hauptschalter eine Zugwirkung ausübt.

Der Pluspol jedes Generators ist über einen Hauptschalter geführt, der einen Auslösemagneten für Überstrom besitzt, der eine Abschaltung bei Überstrom hervorruft. Zum Auslösen bei Rückstrom ist ein Rückstrom-Kontaktrelais

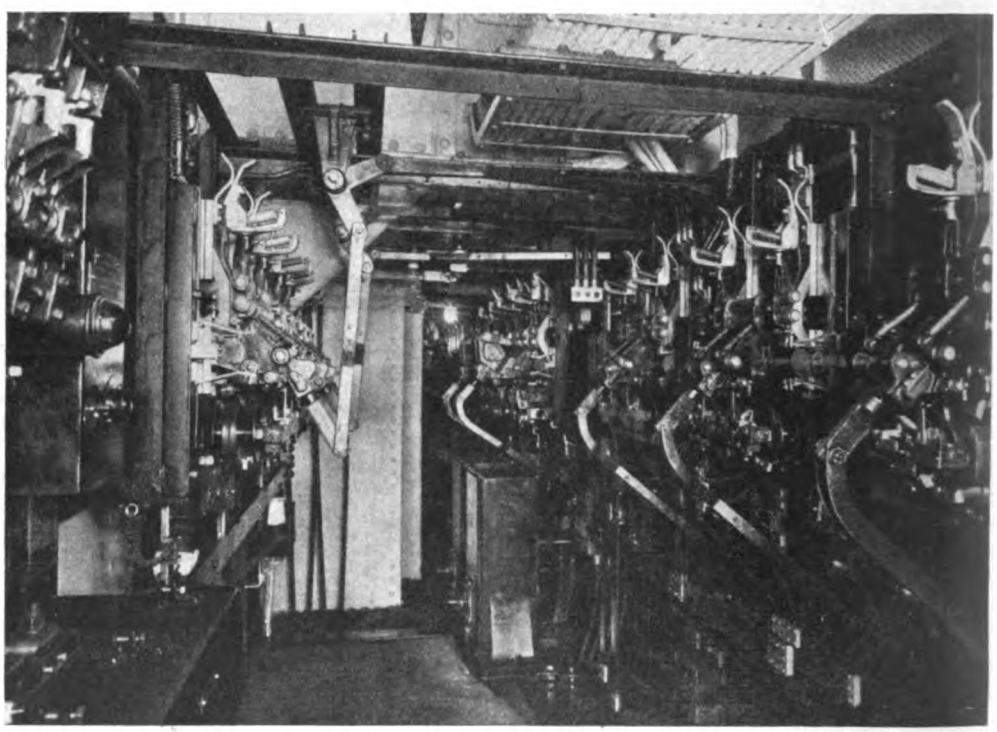


Abb. 14. D. „Europa", Hauptschalttafel (Rückseite).

vorgesehen, das aus vier Magnetpolen besteht, zwischen denen ein drehbarer Anker gelagert ist. Der Anker wird bei normaler Stromrichtung ins Netz dauernd gegen einen Anschlag gedrückt. Kehrt sich die Stromrichtung um (bei Rückstrom in den Generator), so macht der Anker eine Drehbewegung und schließt zwei Kontakte, durch

Digitized by Google

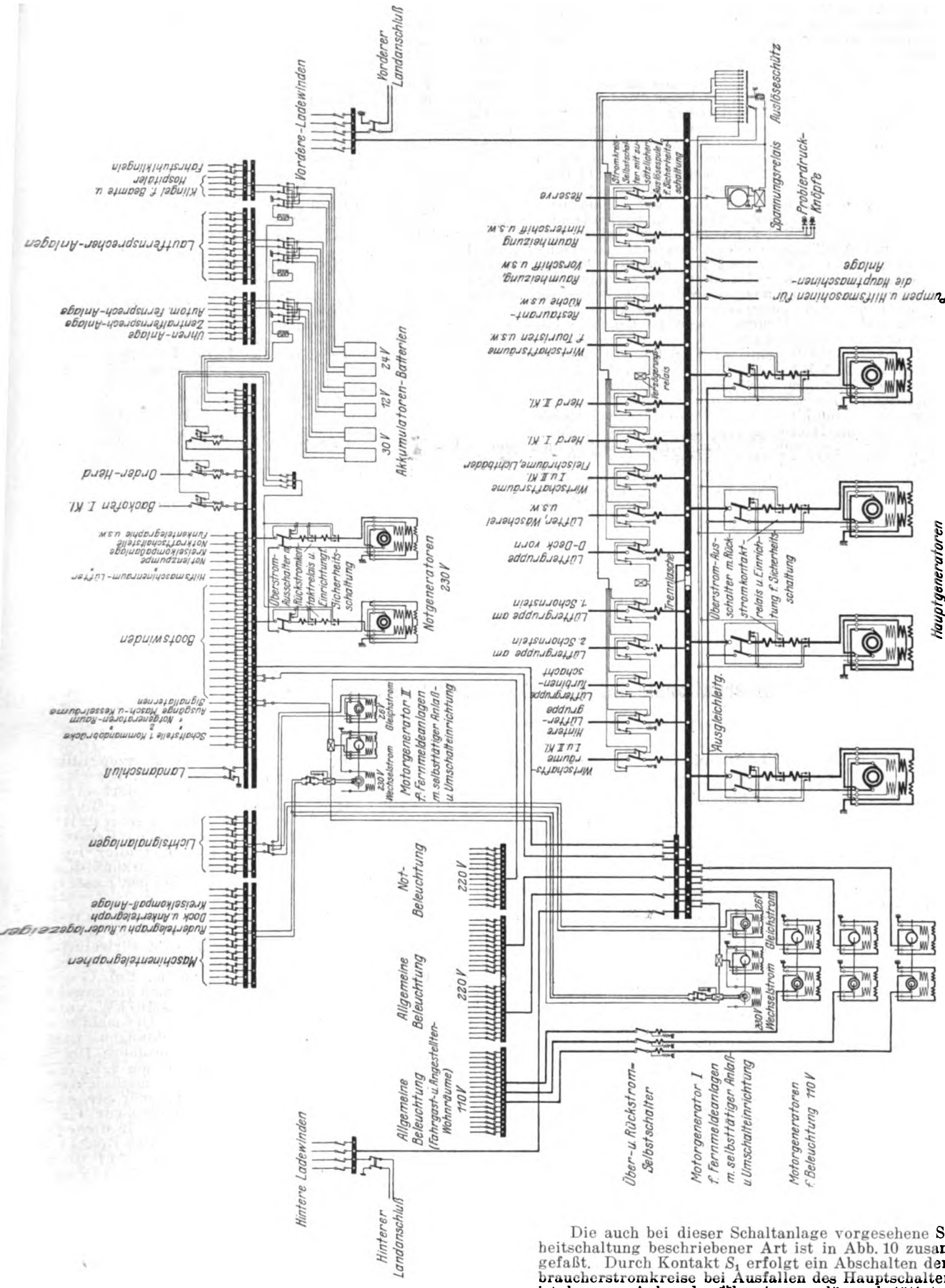


Abb. 15. D. „Europa", Prinzipschaltplan der elektrischen Anlage.

Welche zwei Spannungspulen des Auslösemagneten am Hauptschalter erregt werden, worauf dieser unmittelbar ausgelöst wird und den Generator vom Netz trennt.

Die auch bei dieser Schaltanlage vorgesehene Sicherheitschaltung beschriebener Art ist in Abb. 10 zusammengefaßt. Durch Kontakt S_1 erfolgt ein Abschalten der Verbraucherstromkreise bei Ausfallen des Hauptschalters. S_2 ist der vom Anker des Überstromauslösers betätigte Kontakt, der bei ansteigender Überlastung die Vorauslösung bewirkt. Kontakt S_3 ist am Anker der Rückstromauslösung, zur doppelten Sicherheit der Kontaktgebung bei Rückstrom, parallel zu S_1 vorgesehen. Die Schaltung hat

Digitized by Google

hier aus gegebenen Gründen noch zweckmäßige Verbesserungen erfahren. Dem ausgedehnten Umfang dieser Anlage entsprechend stehen eine große Anzahl abschaltbarer Verbraucher zur Verfügung, die bei jeweiligem Wirken der Schaltung in der Stromführung unterbrochen würden. Um die Höhe der Netzentlastung zu regeln, ist ein nacheinanderfolgendes Abschalten der Verbraucher vorgesehen. 16 Abschaltstromkreise sind in drei Gruppen eingeteilt. Bei ansteigender Überlastung eines Generators und dabei eintretendem Überschreiten der Auslösestromstärke des Hauptschalters schaltet durch Vorauslösung des Kontaktes S_2 zunächst nur eine Gruppe ab. Der Betrag dieser Entlastung wird meistens genügen, die Überlastung des Generators auf die normale Belastung zurückzubringen; der Auslöseanker des Hauptschalters kehrt in seine Ruhelage zurück und bringt denselben nicht zur Auslösung, so daß keine weiteren Stromkreise herangezogen werden brauchen und die vorübergehende Unterbrechung nur für diese Stromkreise der ersten Gruppe eintritt. Ist ausnahmsweise der Betrag der Abschaltung nicht groß genug, so erfolgt die Abschaltung der zweiten und dritten Gruppe, zwischen denen je ein Verzögerungsrelais eingeschaltet ist.

Bei beiden Abschaltarten, sowohl bei hintereinander erfolgendem als auch bei parallelem Auslösen der Stromkreise, können diejenigen Verbraucher bestimmt werden, die bei Wirkung der Sicherheitschaltung abschalten sollen. Zu diesem Zweck sind kleine Wahlschalter über den Handhebeln der Stromkreisschalter vorgesehen. Auf Stellung „Ein" wird der betreffende Stromkreis abgeschaltet, auf Stellung „Aus" bleibt er in Betrieb; auf dieser Stellung stellt er die Überleitung nach dem nächsten Stromkreisschalter für Hintereinander-Abschaltung her. Eine gleichfalls über dem Handhebel vorgesehene rote Signallampe meldet das jeweilige Abschalten der Stromkreise bei Wirken der Einrichtung.

Bei Auftreten eines umfangreichen Kurzschlusses oder bei Rückstrom, was die Entlastung in Höhe einer Generatorleistung bedingt, schalten alle Stromkreise durch Kontakt S_1 über ein besonderes Auslöseschütz parallel ab.

Weiterhin steht die Sicherheitschaltung noch unter Wirkung eines sogenannten Spannungsrelais, durch das ein paralleles Abschalten der Verbrauchergruppn hervorgerufen wird, wenn die Netzspannung unter 200 V sinkt, ein Zustand, der durch die zum Antrieb der Generatoren benutzten kompressorlosen Ölmaschinen entstehen kann. Bei dem ununterbrochenen Arbeiten dieser Maschinen kann es vorkommen, daß eine Antriebsmaschine durch Fressen eines Kolbens in ihrer Leistung nachläßt und somit auch eine Leistungsverminderung des Generators hervorruft. Die Rückstromauslösung des Hauptschalters schaltet nicht aus, da der Generator noch etwas Strom ins Netz abgibt. Die Überlastung der übrigen Maschinen erreicht nicht eine solche Höhe, daß ihre Hauptschalter ansprechen, während ihre Antriebsmaschinen schon in den Umdrehungen abfallen und hierdurch ein Sinken der Netzspannung verursachen. Bei einem derartigen Vorgang wirkt das Spannungsrelais; das Netz wird durch die Sicherheitschaltung entlastet und der betriebsmäßige Zustand mit voller Netzspannung wieder hergestellt.

Das Spannungsrelais, das Abb. 11 wiedergibt, eignet sich nur zum Schalten geringer Stromstärken, es ist daher mit einem Zwischenrelais verbunden, von dem das Auslöseschütz (Abb. 12) beeinflußt wird. Bei Erreichung der normalen Netzspannung schaltet das Zwischenrelais sich wieder selbsttätig in die Bereitschaftstellung zurück, so daß es keiner besonderen Bedienung bedarf.

In Abb. 13 ist ein Teil der Hauptschalttafel wiedergegeben, bei der alle Schaltorgane auf der Rückseite (Abb. 14) angeordnet sind, um das Schalten großer Stromstärken gefahrlos zu gestalten und die Übersicht und Wartung der bei Landanlagen vorteilhaft angewendeten Art anzupassen.

Abb. 15 veranschaulicht die Schaltung der Gesamtanlage in zusammenhängender Form.

Die geschilderten Einrichtungen für elektrische Kraftwerke an Bord der heutigen Ozeanriesen sollen dazu beitragen, die Forderungen an Sicherheit für Menschenleben und Werte in weitestem Maße zu erfüllen und für sie die höchst erreichbare Stufe zu erringen.

Internationale Ingenieur-Tagungen in Japan 1929.

Von Regierungsbaumeister a. D. **A. Przygode**, Berlin.

1. Teiltagung der Weltkraftkonferenz in Tokio[1].

Vom 29. X. bis 7. XI. 1929 fand in Tokio die 4. Teiltagung der Weltkraftkonferenz statt, die sich wieder lebhaftester internationaler Beteiligung erfreute. Die aus 30 Ländern eingegangenen 120 Berichte waren über 4 Gebiete verteilt: A. Nationale und internationale Entwicklung der Kraftquellen, B. Rationelle Vereinheitlichung und wirtschaftliche Verwaltung elektrischer Krafterzeugung, C. Die Zukunft der Energieverwertung im Transportwesen, D. Verbesserung des Wirkungsgrades bei der Krafterzeugung.

A. Nationale und internationale Entwicklung der Kraftquellen. Zum Abschnitt „Kohle und ihre Vorbereitung" hatten verschiedene japanische Autoren über die Kohlenlagerstätten ihres Landes, deren Mächtigkeit, jährliche Ausbeute und die wirtschaftlichen Möglichkeiten der Verschwelung der Braunkohle Koreas in Verbindung mit der Elektrizitätserzeugung Berichte eingereicht. Aus Angaben über die Ölquellen Japans war zu entnehmen, daß dort doppelt soviel Öl eingeführt wie gefördert wird. Nach einem Bericht von Dr. M. Fukuda betrug im Jahre 1925 die Einfuhr an Brennöl 17,5 Mill Yen bei 44 760 Kraftfahrzeugen, so daß Japan an elektrischen Fahrzeugen Interesse habe, die mit billigem Nachtstrom aufgeladen werden. W. Ellrich (Deutschland) behandelte die Entwicklung und Aufgaben der Fernheizung unter besonderer Berücksichtigung deutscher Fernheizwerke. In Schwerin werden die Abgase der 3800 PS-Dieselmotoren des Elektrizitätswerks zur weiteren Anwärmung des ablaufenden Zylinderkühlwassers für Heizzwecke benutzt. In jüngeren Anlagen, wie Leipzig, Berlin, Dresden, sind Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung verbunden. Viel Gebrauch wird vom Turbinenabdampf für Heizzwecke gemacht. Das Elektrizitätswerk Forst (Lausitz) liefert seit Oktober 1928 Dampf von 4,2 at an Webereien, Spinnereien usw. für Koch- und Heizzwecke. Über die weitere Entwicklung des Kraftwerks Dunston der Newcastle-upon-Tyne Elektrizitätslieferungsgesellschaft, in dem die Kupplung von Kohlenverschwelung und Elektrizitätserzeugung verwirklicht ist[2], hatten E. H. Smythe und E. G. Weeks (England) ein Referat eingereicht, nach dem dort eine neue Retorte mit rechteckigem statt bisher rundem Querschnitt für die doppelte Tagesleistung von 60 t aufgestellt ist. Der Halbkoks wird für eine nahe gelegene Kesselfeuerung vermahlen. Unter Berücksichtigung aller Betriebs- und Kapitalausgaben sei durch den Verkauf der Nebenprodukte eine Ersparnis von 16,5 % bei den Kosten der Rohkohle zu erwarten.

B. Rationelle Vereinheitlichung und wirtschaftliche Verwaltung elektrischer Krafterzeugung. Über die Elektrizitätswirtschaft in Japan enthalten viele Angaben die Berichte von S. Mayehara und H. Mori, Kuraji Ogura, Koji Goto. Nach neuesten Untersuchungen schätzt man die ganze nutzbare Wasserkraft des Landes auf etwa 14 Mill kW, von denen bereits etwa 32 % verwertet werden. Die meisten Wasserkraftanlagen besitzen Reguliereinrichtungen, um Spitzenanforderungen genügen zu können. Im Jahre 1928 gab es 1317 hydroelektrische Werke, von denen z. Z. 57 mit einer Gesamtleistung von 81 000 kW automatisch arbeiten. Die meisten Dampfkraftwerke dienen der Stromerzeugung während der Trockenperiode, einige zur Ergänzung der nicht hinreichenden Wasserkraft. In diesen 413 Werken werden 1,240 Mill kW erzeugt. Die Höchstspannung der Fernleitungen ist z. Z. 154 kV. Auf der Hauptinsel sind 7 Linien mit einer Gesamtlänge von 1930 km in Betrieb und zwei weitere im Bau. Die großen Netze mit Spannungen von 55 ... 77 kV hat man besonders entwickelt. Die normalen Frequenzen betragen 50 und 60 Hz. Die Elektrizität dient besonders der Beleuchtung; 88 % der 12 Mill Wohnungen sind mit elektrischen Lampen ausgerüstet, von denen 1927 etwa 32 Millionen im Betrieb waren. Der durchschnittliche jährliche Elektrizitätsbedarf je Haushalt betrug 69,7 kW, die Zahl der Elektromotoren 1927 rd. 343 000 mit einer Gesamtleistung von 1,811 Mill kW. In diesem Jahr stellte sich der Elektrizitätsverbrauch

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1341.

[2] Vgl. ETZ 1930, S. 399.

Digitized by Google

in ganz Japan auf 10.559 Mrd kWh oder 172 kWh je Kopf der Bevölkerung, u. zw. in Tokio und Yokohama auf 372 kWh, im Nagoyagebiet auf 424 kWh. Der Spitzenbedarf im Jahre 1928 war 2,953 Mill kW für das ganze Land. Die elektrischen Unternehmen befinden sich meist in Händen von Privatgesellschaften. Die größten städtischen Kraftwerke sind die von Tokio (10 000 kW), Osaka (36 000 kW) und Kobe (44 700 kW). In Tokio besteht außerdem die Tokio Electric Light Co. Eigene elektrische Straßenbahnen besitzen 11 Städte mit zusammen 912 km Gleis und 3911 Wagen, von denen auf Tokio 315 km und 1662 Wagen entfallen.

Zur neuesten Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft in den V. S. Amerika lag eine Arbeit von E. W. Rice vor. Ein Kesselwirkungsgrad von 85 %, angemessener Verbrauch für Hilfskraft, große, neuzeitliche Turbogeneratoreinheiten ermöglichen einen Wärmeverbrauch von 3060 WE/kWh. Im Emmet-Quecksilberdampfprozeß scheinen nach den letzten Erfahrungen mit einer 10 000 kW-Einheit der Hartford Electric Light Co. 2300 WE erreichbar. Für die East River Station der New York Edison Co. wird ein 160 000 kW-Turbogenerator mit Doppelwindung als Einzelmaschine geliefert. Man erzielt damit Wirtschaftlichkeit, Einfachheit des Betriebs und erhebliche Ersparnisse im Schalthaus. Die Verwendung von Wasserstoffgas als kühlendes Medium für elektrische Generatoren und synchrone Phasenschieber erhöht die Maschinenleistung um 30 % bei atmosphärischem Druck des Gases und um 50 % bei etwa 7 at. Die völlig geschlossene Maschine ist gegen Schmutz und Wasser gesichert und kann im Freien aufgestellt werden. Quecksilberdampfgleichrichter nehmen im elektrischen Straßenbahndienst bei 600 ... 1500 V zu. Die Fernleitungen mit 66 und 220 kV umfassen 80 000 km. Zur Entwicklung von Schutzmethoden für Transformatoren, Isolatoren und andere elektrische Apparate ist ein 5 Mill V-Funkengenerator in einem industriellen Laboratorium aufgestellt worden. Die Kupplung großer elektrischer Netze schreitet sehr schnell fort, da bessere Ausnutzung erzielt wird. Durch den Zusammenschluß dreier solcher Systeme in Pennsylvania konnten 170 Mill RM an neuen Installationen gespart werden. Hochvoltige Vakuumröhrengleichrichter sind zur Umwandlung hoher Wechselstromspannung in hohe Gleichstromspannung in Aussicht genommen, die über 800 ... 1600 km fortgeleitet und an der Empfangsstation durch das „Thyratron" herabgespannt wird[3]. Dadurch läßt sich in vielen Fällen in Städten die Leistung der Erdkabel um das 2 ... 3fache erhöhen. Zwei ölgefüllte Einleiterkabel von 132 kV arbeiten bereits; die Entwicklung von 220 kV-Kabeln ist im Gange, ebenso die von 75 kV-Dreileiterkabeln. Der wahrscheinlich bisher größte Transformator wurde in der Huntley Station der Buffalo General Electric Co. aufgestellt. Er hat eine Leistung von 110 000 PS, die Abmessungen sind 6,9 × 4,2 × 4,2 m und das Gewicht mit Ölfüllung 165 t. Einen wichtigen Fortschritt bildet der „non-resonating"-Transformator, der sich als sehr widerstandsfähig bei außergewöhnlich hohen Spannungen erwiesen hat. Bei einem 83 333 kVA-Autotransformator (25 Hz) wurde ein Wirkungsgrad von 99,62 bei ¾ Belastung erzielt. Vom Ölschalter erwartet man, daß er 2,5 Mill kVA abschaltet und eine Öffnungsgeschwindigkeit des Stromes von etwa 0,5 Hz in 25 Hz-Netzen hat. Bei der aussichtsreichen neuen Anordnung eines Ölschalters erfolgt die Unterbrechung des Stromes unter Mitwirkung eines magnetischen Feldes. Ein magnetischer Luftschalter für Spannungen bis zu 20 kV kann vielfach den Ölschalter ersetzen. Ein besonders neues Prinzip ist in dem Vakuumschalter entwickelt, der in Modellen 159 000 kVA bei 48 kV innerhalb einer halben Periode unterbrochen hat. Zum Schutz der Hochspannungsleitungen und zur Vereinfachung des Anschlusses niedervoltiger Netze ist eine kleine Transformatorenunterstation entwickelt worden, deren Widerstand gegen Blitz und Hochspannungsunterbrechung größer ist als der der hochvoltigen Zuleitung, so daß diese die kleine Station schützt.

Die wirtschaftliche Gewinnung von Überschußenergie zur öffentlichen Abgabe bei der Deckung des Wärmebedarfs eines Gaswerks, einer Werkstätte, Ölfabrik und Brauerei in Kopenhagen behandelte E. Thomson. Auch aus dem Bericht von E. Uytborck (Belgien) über die Erzeugung elektrischer Arbeit in Belgien im Jahre 1927 war zu entnehmen, wie sich mit Hilfe der Hochspannungslinien, welche die öffentlichen Werke unter sich und die Werke der großen industriellen Unternehmungen verbinden, die Reserven vermindern lassen und die mittlere jährliche Ausnutzungsdauer der gesamten installierten Leistung erheblich verbessert wird. Diese hat sich für die Jahre 1925 und 1927 von 1800 auf 2394 h gehoben[4].

[3] Vgl. ETZ 1930, S. 126.
[4] Vgl. auch ETZ 1930, S. 153.

Mit der Entwicklung der Wasserkräfte Japans, wie mit der Verwendung der Francis-, Propeller- und Kaplanturbine, wobei die letztere mit beweglichen Laufradschaufeln bei den schwankenden Wassermengen über das Jahr als die geeignetste für japanische Verhältnisse angesehen wird, beschäftigte sich eine Reihe japanischer Berichte. Der zunehmende Spitzenbedarf erfordert eine Vergrößerung der jetzigen Anlagen bis zum Jahre 1935 um etwa 5,34 Mill PS, von denen 3,2 Mill kW durch Wasserkraftanlagen und 1 Mill kW durch Dampfkraftwerke gedeckt werden sollen. Ein besonderer Bericht von K. Morita beschrieb die hydroelektrische Kraftanlage Fusenko in Korea, die zunächst in drei Werken mit zusammen 190 000 kW ausgebaut ist und bis auf 1,6 Mill kW erweitert werden kann. Das Hauptwerk von 130 000 kW hat 4 Wasserräder (S. M. Voith) zu je 45 000 PS (360 *n*, Wirkungsgrad 89 % bei 700 m Gefälle). Der zugehörige horizontal liegende 36 000 kVA-Drehstromgenerator (11 000 V, Wirkungsgrad 90 %) ist von den SSW geliefert. Die japanische Firma Shibaura fertigte den Transformator (36 000 kVA, 11/110 kV, Wirkungsgrad 90 %, Leistungsfaktor 98,85 %). Die beiden anderen Anlagen zu 42 000 und 18 000 kW werden halb- bzw. vollautomatisch von der Hauptanlage betätigt und sind in allen Einrichtungen japanischen Ursprungs.

Wenn auch die Entwicklung von Hochspannungsleitungen einen Umschwung in der Energieversorgung Japans zu den Wasserkraftwerken gebracht hatte, so scheint es jetzt doch nach einem Referat von J. Hirose für Mitteljapan erwünscht, den Prozentsatz an Dampfkraft zu verdoppeln und Wärmekraftwerke mit den Wasserkraftwerken zu kuppeln. Nach dem Bericht von T. Samukawa hat man mit Hilfe einiger Kilometer 66 kV-Leitungen 5 Stromerzeugungsgesellschaften, die 1928 über 40 000 kW Wasserkraft und 27 000 kW Wärmekraft verfügten, zusammengeschlossen, womit ein wirtschaftlicher Energieaustausch zwischen den Netzen erreicht worden ist. Auch Erweiterungen werden nur gemeinsam vorgenommen werden. Unter anderen besonders interessierenden Arbeiten seien angeführt: „Die elektrische Wärmekraftanlage" von F. S. Clark (V. S. Amerika), „Haushalts- und Landwirtschafts-Elektrisierung in Schweden" von W. Borgquist (Schweden) und „Ausgleich zwischen Erzeugung und Bedarf von Energie" von J. Gastpar (Schweiz). Nach Ansicht Clarks ist, gemäß den bisherigen Erfahrungen „mit den Hochdruck-Hochtemperatur-Kraftwerksanlagen, deren Feld für die unmittelbare Zukunft das Hochleistungs-Hochbelastungs-Kraftwerk". Die Herstellungskosten lassen sich durch Vereinfachung im Entwurf, Standardisierung der Betriebsdrücke und Leistungen der Ausrüstung wie durch wirksamere Ausnutzung der Gebäudefläche senken. Zur Spitzendeckung ist ein ausgezeichnetes, preiswertes Mittel die in den V. S. Amerika übliche hohe Überlastbarkeit der Maschinensätze mit etwas ungünstigerem Wärmeverbrauch als bei Dauerlast. Besondere Beachtung verdienen die Hochtemperaturanlagen. Bei der Detroit Edison Co. wurden neuerdings ein Überhitzer und eine 10 000 kW-Dampfturbine für 26,5 atü und 540 ° versuchsweise in Betrieb genommen. Der Überhitzer ist für eine Höchsttemperatur von 600 ° entworfen. Gastpar sieht in der hydroelektrischen Speicherform die einzige, die mit verhältnismäßig einfachen Mitteln sehr große Kräfte für Spitzenlast und Momentanreserve schafft und hochwertige Ausnutzung der billig gespeicherten Energie ermöglicht. Sie kann bei Wasserkraft- wie Dampfkraftwerken Anwendung finden. Als Hilfswerk für hydroelektrische Anlagen hat besonders die Zweidruck-Dampfanlage mit 50 ... 110 at Hochdruck und 14 at Niederdruck hohe wirtschaftliche Bedeutung. Borgquist behandelt in seinem Vortrage die Tarife für Haushalt und Landwirtschaft, in denen der Grundgebührentarif mit einem kleinen Aufschlag für die verbrauchte Kilowattstunde eine wichtige Rolle spielt. Ein neuer Tarif für Haushaltungen benutzt einen Subtraktionszähler zur Verrechnung, der zuerst in Västerås anscheinend mit Vorteil eingeführt wurde, da andere Städte gefolgt sind. Bei der Landwirtschaft hat man mit einer „Tarifeinheit" Erfolg gehabt. 1928 kostete dem Verbraucher die Kilowattstunde 12 Öre; angestrebt werden für die Monate September/April 8 ... 10 Öre und für Mai/August 4 ... 5 Öre.

Die Verhandlungen zu Abschnitt B schlossen mit einer Resolution für die Aufstellung einer internationalen Statistik über Kraftwerksanlagen, Energieerzeugung und -verteilung nach einheitlich anerkannten Gesichtspunkten, die nicht zu zahlreich sind. Der nächsten Tagung der Weltkraftkonferenz sollten bezügliche Vorschläge unterbreitet werden.

C. Die Zukunft der Energieverwertung im Transportwesen. Die japanischen Staatsbahnen haben die Elektrisierung der Tokaidolinie, welche die

Digitized by Google

sechs größten Städte verbindet, auf 143 km Länge aufgenommen. Etwa 100 km sind bereits in Betrieb, u. zw. mit Oberleitung (1500 V Gleichstrom) und Stromrückleitung durch die Schienen. Der Zugdienst erfolgt mit Lokomotiven. 1927 war der elektrische Betrieb mit 2552 Yen/1000 tkm um 1208 Yen teurer als der Dampfbetrieb, was auf die Neuheit des Dienstes, teuren Strom, enge Spur (1067 mm), zu viel Lokomotiven wie überhaupt auf den Teilbetrieb zurückgeführt wird. Wie I. Ofverholm (Schweden) ausführte, konnte die auf der Westlinie der schwedischen Staatsbahnen bei der Elektrisierung gewählte Bauart mit Motorgeneratorstationen im Abstand von 128 km nur gewagt werden, nachdem es gelungen war, durch den Einbau von Saugtransformatoren auf der nördlichen Erzbahn elektrische Störungen in den zur Bahn parallel laufenden Schwachstromleitungen zu beseitigen, doch mußte besonderer Verhältnisse wegen auf der Westlinie noch ein isolierter Rückleiter parallel zum Fahrdraht installiert werden. Zwischen beiden ist alle 3 km ein Saugtransformator geschaltet, während der Rückleiter in der Mitte zwischen je zwei Transformatoren mit den Schienen Verbindung hat. Dies System befriedigt und soll auch auf der demnächst zu elektrisierenden Linie Järna—Malmö Anwendung finden. Um hier die Entfernung der Unterwerke bis auf 274 km strecken zu können, will man die Spannung im Rückleiter erhöhen und zwischen ihn und die Schienen Autotransformatoren einschalten. Der Transformator ist mit der Mittelstufe an die Schienen, mit der einen Außenstufe an den Rückleiter, mit der anderen an den Fahrdraht angeschlossen. Nach einem Beitrag von A. I. Totten ist man in den V. S. Amerika mit dem wirtschaftlichen Ergebnis der bisherigen Fernbahnelektrisierungen zufrieden, so daß weitere auf den Hauptlinien der Pennsylvania- und New York Central-Bahn von New York aus in Kürze zu erwarten sind, wozu auch die zunehmende Verkehrsdichte auf der Strecke und im Bahnhof zwingt. Viel Beachtung wird neuerdings der Verwendung von Gleichstrom mit 3000 V hierbei geschenkt, der aus dem allgemeinen Landesnetz mittels Großgleichrichter preiswert erhalten werden kann. Der Bahnstrom soll von den Elektrizitätsgesellschaften am Fahrdraht fertig zur Verfügung gestellt werden. In den Rocky Mountains läuft zur Zeit die größte elektrische Lokomotive im Gewicht von 288 t mit 3000 V Gleichstrom für Frachtzüge auf 2 % Steigung.

Einem Bericht von A. Kennedy und R. A. Beekman (V. S. Amerika) zufolge liegen günstige Ergebnisse mit dem Turboelektrischen Propellerantrieb bei Schiffen wie „California" und „Virginia" vor, so daß auf derartigen Fahrzeugen ein Wärmewirkungsgrad von 18,6 % für die ganze Anlage angesetzt werden könne, wenn ein Dampfdruck von 26,5 atü, 371 ° Temperatur, 710 mm Vakuum gewählt würde. Zum Antrieb des Generators lasse sich statt der Dampfturbine auch ein Dieselmotor verwenden.

D. Verbesserung des Wirkungsgrades bei der Krafterzeugung. Dr. R. Mitsuda berichtete über einen Quecksilberinverter, der in der Hauptsache aus einer Anzahl von Anoden und einer gemeinsamen Kathode in luftleerem Gehäuse besteht. Zwischen Anoden und Kathode dreht sich eine Scheibe mit Löchern, so daß die Lichtbögen fortgesetzt unterbrochen werden; die Frequenz des erzeugten Wechselstromes ist der Geschwindigkeit der Scheibe, der Lochzahl und der Anzahl der Anoden proportional. Auf der Wechselstromseite dient ein Transformator als Kondensator, um funkenlosen Betrieb zu geben. Mit einem 7 kW-Inverter wurde ein Wirkungsgrad von 85 % erhalten, wobei die Spannung auf der Gleichstromseite 440 V betrug. Der Inverter kann auch als Frequenzwandler benutzt werden, indem man den Wechselstrom zunächst in einem Gleichrichter gleichrichtet und dann mittels des Inverters wieder in Wechselstrom mit gewünschter Frequenz umwandelt. Zur Sicherheit des aus einem Stück gearbeiteten Rotors bei großen, raschlaufenden Turbogeneratoren schlägt H. Rickli (Schweiz) die Verwendung von Aluminium für die Rotorwicklungen vor. Die Höchstgrenze der Sicherheit dürfte z. Z. für 3000 n bei 60 000 kW liegen. F. F. Brand und A. O. Stephens (V. S. Amerika) referierten über die zunehmende Verwendung von „Belastungsverhältnis-Kontrolltransformatoren", die besonders in gekuppelten Netzen mit Kraftfluß in jeder Richtung in Frage kommen. Es sind Transformatoren mit einem im Gehäuse eingeschlossenen Betriebsmechanismus, um das Windungsverhältnis zu ändern, ohne den Transformator vom Netz abzuschalten oder die Belastung zu unterbrechen. Er kann von Hand oder fern gesteuert werden, auch automatisch arbeiten. Mit derartigen Transformatoren ist es möglich, den Austausch wattlosen Stromes zwischen den Netzen zu kontrollieren oder auszuschalten, ohne die örtliche Lastverteilung zu stören. In vielen Fällen können derartige Transformatoren an die Stelle von Blindleistungsmaschinen treten.

In den drei letzten Gruppen befaßten sich die Berichte mit der Dampferzeugung, Dampfspeicherung, Dampfturbinen und Dieselmaschinen. Die praktische Ausnutzung der theoretischen Vorteile hoher Dampfdrücke und -temperaturen wird immer mehr zur reinen Werkstoffrage. Besonders sind Werkstoffe für hohe Temperaturen bei hohen Dampfdrücken zu schaffen. Eingehende Untersuchungen hat hierzu O. A. Wiberg angestellt. F. H. Rosencrantz zeigte, daß mit hohen Temperaturen größere wirtschaftliche Vorteile als mit hohen Drücken zu erzielen sind, doch sei das Gebiet über 400 ° noch zu wenig erschlossen, und besonders die „Kriechgrenze" des Werkstoffs schränke die Arbeitsbeanspruchungen ein. Nach Ausführungen von R. Jackson und G. E. K. Blythe gewinnt das „Einheits- oder direkt gefeuerte System" bei der Kohlenstaubfeuerung an Boden, da es die Anlage- und Betriebskosten herabsetzt. Die Mühle ist heute so betriebsicher wie jede andere Hilfsmaschine im Kraftwerk. Der Wirbelbrenner ermöglicht die Verwendung weniger feinen Kohlenstaubes, verringert also die Mahlkosten. Das Streben, die wasserberührte Heizfläche nur durch Strahlung zu beheizen, nimmt zu. Bezüglich des günstigsten Verhältnisses der Heizfläche in der Brennkammer zu der gesamten Heizfläche hat Tore Lindmark (Schweden) Versuche gemacht, deren bisheriges Ergebnis er bekanntgab, die aber noch nicht abgeschlossen sind. Bei Stokerfeuerungen wendet man neuerdings in englischen Kraftwerken „Booster-Kohlenstaub-Einrichtungen" an, bei denen Kohlenstaub am Ende der Feuerung zur schnellen Erhöhung der Dampfkesselleistung eingeblasen wird. Um die Flugasche aus den Rauchgasen abzufangen, ist ein nasser Staubsammler entwickelt worden, der befriedigt und billig ist. Zur Verwendung der Kohlenstaubfeuerung in Flammrohrkesseln hat man dem Kessel eine kleine Kammer vorgelagert, in der der Staub vergast wird; das Gas gelangt in den Heizrohren zur Verbrennung.

E. L. Robinson (V. S. Amerika) teilte mit, daß neuzeitliche Dampfturbinen auf der Grundlage einer Wärmeleistungs-Lastkurve verkauft werden, die den Erfordernissen des Käufers derart angepaßt ist, daß sich z. B. der Wärmeverbrauch zwischen 47 % und 85 % der Höchstlast nicht um mehr als 2 % über den wirtschaftlichsten Zustand bei 70 % der Höchstlast erhebt. Prof. E. A. Kraft (Deutschland) hob in seinem Vortrage über Gegendruck- und Anzapfturbinen die besonders wirtschaftliche Verwendung der Höchstdruck-Gegendruckturbine in Industriekraftwerken bei der „Überschußstrom"-Wirtschaft hervor, wozu jetzt auf Grube „Renate" mit einer 12 000 kW-Turbine, die 100 t/h Dampf von 100 at bei 450 ° (max. 470 °) verarbeitet, der erste Versuch gemacht ist. O. A. Wiberg (Schweden) gab bekannt, daß die Radialfluß-Dampfturbine[5] für große Leistungen entwickelt worden sei, indem sich an die radialen Schaufelkränze Scheiben mit sehr breit gehaltenen achsialen Flußstufen in demselben Gehäuse anschließen. Für die Station Royal Board of Waterfalls zu Västerås ist eine 50 000 kW-Turbine im Bau, bei der man bei 18 at Eintrittsdruck, 400 ° Dampftemperatur, 10 ° Kühlwassertemperatur, 90 ° Speisewassertemperatur mit einem Wärmeverbrauch von 2880 WE/kWh und einem wärmetechnischen Wirkungsgrad von 30 % rechnet. Der Entwurf einer 12 500 kW-Radialturbine für 80 at Eintritts- und 15 at Gegendruck liegt vor. Infolge der achsialen Niederdruckabteilungen lassen sich Kondensationsturbinen bis zu 100 000 kW mit hohem Druck in einem einzigen Gehäuse bauen. G. A. Orrok (V. S. Amerika) ging in seinem Vortrage zur Krafterzeugung bei hohem Druck und hoher Temperatur besonders auf den Einfluß des Belastungs- und Werkskapazitätsfaktors auf den Wärmeverbrauch je Kilowattstunde ein. In gut betriebenen Grundlastwerken dürften die Verluste infolge unausgenutzter Wärme 30 % der aus der Kohle freiwerdenden Wärme nicht überschreiten.

II. Weltingenieurkongreß.

Dieser Kongreß tagte zu gleicher Zeit wie die Weltkraftkonferenz. Etwa 550 Berichte lagen vor — 375 stammten von japanischen Fachleuten — und waren über 12 technische Gebiete verteilt. Auch hier zeigte sich das große Interesse an der Ausnutzung der Wasserkraft zur Stromerzeugung, wenngleich man sich neuerdings wieder mehr dem Bau von Dampfkraftwerken zuwendet, da ihre Herstellungskosten niedriger sind, wie K. Yokoyama ausführte. Ein neueres Wasserkraftwerk beschrieb K. Mino, nämlich die 40 000 kW-Kanoseanlage am Aganofluß, deren Leistung über die Leitungen der Tokio Electric Light Co.

[5] Vgl. ETZ 1930, S. 22.

Digitized by Google

mit 154 kV verteilt wird. Ein gleiches Werk von 45 000 kW befindet sich z. Z. in Tayomi im Bau. Nach den Ausführungen H. Tachikawas verfügt die Tokio Electric Light Co. über 396 000 kW in Wasserkraft- und 118 000 kW in Dampfkraftwerken. Außerdem stehen ihr von anderen Unternehmungen weitere 276 000 kW Wasserkraftstrom zur Verfügung. 1928 betrug der Anschlußwert 845 000 kW, die größte Belastung 665 440 kW, die Jahreserzeugung 2846 Mill kWh. Das Netz der Gesellschaft umfaßte 4600 km mit 110,60 und 22 kV. Die Frequenz stellt sich auf 50 und 60 Hz, der Leistungsfaktor auf 0,65. Nach dem Bericht von G. Tada werden in der Landwirtschaft Japans 74 000 PS verwendet; bei Bewässerungsanlagen arbeitet man mit billigen Nachttarifen. Die Kleinbauern haben viele stationäre und transportable Einphasenmotoren von 0,1 ... 0,4 und 0,6 kW in Betrieb. Auf die Teeindustrie allein entfallen etwa 4700 PS an derartigen Motoren. Nach Y. Satow hat man in Japan zwei 66 kV-Kabel für eine Leistung von 3000 kVA in einer Länge von 450 m verlegt; jedes ist einadrig mit 1,96 cm² Leitungsquerschnitt. Eins der Kabel besitzt Hohlleiter und Ölfüllung. Über dem Bleimantel liegen Drahtspiralen, um eine Ausdehnung bei hohem Öldruck zu verhindern. Die Elektrisierung der japanischen Bahnen umfaßt heute nach einem Bericht von K. Asakura 256 km, während 530 km im Umbau begriffen oder hierfür vorgesehen sind. Außerdem werden 2750 km von elektrischen Lokomotiven befahren. Zwischen Yokohama und Kernizana läuft seit 1912 eine rd. 11 km lange Zahnradbahn bei 66,7 ‰ Steigung mit 600 V Gleichstrom und dritter Schiene. Die Strecke besitzt 26 Tunnels, was der Grund für die Elektrisierung war. Die Stadtbahn Tokios von rd. 101 km Streckenlänge wird mit 1500 V Gleichstrom betrieben, das Netz aus 17 Unterwerken mit einer Gesamtleistung von 136 800 kW gespeist. Jedes Werk ist mit dem Fahrdraht durch zwei oder drei Speiseleitungen verbunden. Beim Sinken der Spannung unter 550 V oder beim Ansteigen des Stromes zwischen 1000 und 2000 A erfolgt automatische Abschaltung und Wiedereinschaltung bei einer Spannung über 850 V. Nach dem Bericht von O. Yamashita ist auf den japanischen Fernbahnen die automatische Signalisierung zwischen den Stationen eingeführt, während man in letzteren die Handsignalisierung beibehalten hat. 610 km doppelgleisige und 54 km viergleisige Strecken sind mit insgesamt 1590 Farblichtsignalen ausgerüstet. T. Isono machte Mitteilungen über die Eigentümlichkeiten der asynchronen Blindleistungsmaschine, die aus einem Induktionsmotor und einer Wechselstrom-Erregermaschine mit veränderlicher Periodenzahl im sekundären Stromkreise besteht. Als Vorteile dieser gegenüber der synchronen Maschine werden leichtes Anlassen und Abstellen, Anpassung an den Betrieb, gleichmäßiger Lauf auch bei schwankender Netzspannung, leichte Synchronisierung mit der Netzfrequenz und schnelle Änderung der Erregung, als Nachteile die verwickeltere Konstruktion des Läufers, geringerer Wirkungsgrad, kleiner Luftspalt und die Notwendigkeit hoher Isolation in der Sekundärwicklung angeführt. Dr. T. Ishikawa referierte über die Silzinbronze, eine Legierung von 85 % Cu, 10 % Zn, 5 % Si oder 80,5 % Cu, 15 % Zn und 4,5 % Si, die bei guter Gußfähigkeit und hoher Festigkeit der üblichen Bronze im Gewicht und Preis überlegen ist.

Manche interessante Nachricht findet sich in den amerikanischen Berichten. Newbury erwähnte den Deion-Ausschalter, bei dem der Strom in Luft durch Zerlegung des Lichtbogens in eine große Zahl Teilchen von etwa 0,25 mm Länge unterbrochen wird. P. Torchio und andere regten an, die Höchstleistung eines Turbogenerators nicht auf Grundlage der Umgebungstemperatur, sondern der möglichen Höchsttemperatur der Maschine festzusetzen. Nach C. Lichtenberg und F. Zogbaum wird zur Kraftwerksfernmessung meist das Impulsverfahren verwendet, wobei letzthin die Leiter auf höchstens vier verringert worden sind. I. R. Jollyman und E. R. Stauffacher behandelten den Bau und Betrieb der Hochspannungsleitungen von 220 kV und darüber. Isolatorketten von 13 ... 15 Gliedern werden verwendet. Metallene Ringe geben eine gleichmäßige Potentialverteilung längs der Kette. Die Koronaverluste liegen bei 220 kV in erträglichen Grenzen. Für eine Linie von 320 km Länge beträgt die Übertragungsleistung bei 60 Hz und 220 kV 50 000 kVA, wenn die Blindleistungsausrüstung zur Spannungshaltung richtig gewählt ist. Hochfrequenzströme von 40 ... 120 kHz sind zur Anzeige von Leitungsbrüchen mit Erfolg benutzt worden. Die Bemühungen, die Stromunterbrechungen infolge Blitzschlages zu verringern, haben die Verwendung von Erdkabeln mit höherer Betriebspannung gefördert. Seit einem Jahr befinden sich in drei wichtigen Städten Einleiterkabel für 75 kV und 50 000 kVA bzw. für 132 kV und 100 000 kVA ohne Fehler im Betrieb. Nach einem Beitrag von Riley ist auch eine kurze Strecke ölgefüllten Kabels für 66 kV verlegt worden, und Versuche mit höheren Spannungen werden ausgeführt.

Ruthsspeicher als Wasserkraftreserve.

Von **Th. Stein**, Berlin.

Übersicht. **Dampfkraftwerke, die als Reserve für Wasserkraftwerke dienen, befinden sich meist im Jahre nur wenige Wochen im Betrieb, nämlich dann, wenn die verfügbaren Wasserkräfte nicht ausreichen. Das übrige Jahr liegen sie still und sind als Momentanreserve unbrauchbar, weil ihre Inbetriebnahme zu lange Zeit erfordert. Daher hat man meist außer der Dampfreserve noch Wasserkraftmaschinen als Reserve. Wenn man dagegen in den Dampfkraftwerken Ruthsspeicher aufstellt, so sind sie als Momentanreserve sehr gut zu verwenden, und man spart dadurch die teure Wasserkraftreserve.**

Bei den meisten Wasserkraftanlagen steht Wasser nicht das ganze Jahr über in genügendem Maße zur Verfügung. Zentralen, die ihr Wasser aus Hochgebirgsgegenden beziehen, verfügen gegen Schluß des Winters nur noch über einen geringen Zulauf, so daß gewaltige Speicherbecken eingerichtet werden müssen, um zwischen Dezember und Februar einen Ersatz für den fehlenden Wasserzulauf zu bieten. Aber auch diese Speicherbecken reichen nicht aus, um bis zur Schneeschmelze im Frühjahr die Krafterzeugung sicherzustellen, so daß außerdem noch Dampfreserven vorhanden sein müssen, die meist nur einen Monat lang, im März, in Betrieb sind, um die fehlende Wasserkraft zu ersetzen.

Die Stromkosten setzen sich fast ausschließlich aus der Tilgung und der Verzinsung der Anlage zusammen und sie sind um so höher, je mehr Reserve für jedes Kilowatt Betriebsleistung aufgestellt werden muß. Trotzdem ist bisher kein Versuch gemacht worden, durch bessere Ausnutzung der Reserven die Strompreise zu senken.

Die Größe der Kilowattleistung, die zur Sicherstellung des Betriebes notwendig ist, erkennt man aus dem Jahresdiagramm der höchsten Tagesleistung und der verfügbaren Wasserkräfte eines großen norditalienischen Wasserkraftwerkes in Abb. 1, bei dem die Höchstlast im Winter 1928/29 150 000 kW betrug. Der Stromverbrauch ist zur Zeit der längsten Tage im Dezember am größten und er sinkt in den Sommermonaten entsprechend der Kurve *A*. Anders verläuft die Kurve *B* der verfügbaren Wasserkräfte. Im Dezember, Januar und Anfang Februar steht noch genügend Wasserkraft zur Verfügung, um die Belastung zu decken. Mitte Februar etwa fällt aber die Kurve *B* steil ab und verläuft bis etwa Ende März weit unterhalb der Kurve *A*. Die verfügbaren Wasserkräfte reichen also in dieser Zeit nicht aus, so daß die Dampfreserve von 60 000 kW eingesetzt werden muß.

Um diesem Belastungsverlauf gerecht zu werden, hat man bisher folgende Kraftleistungen installiert:

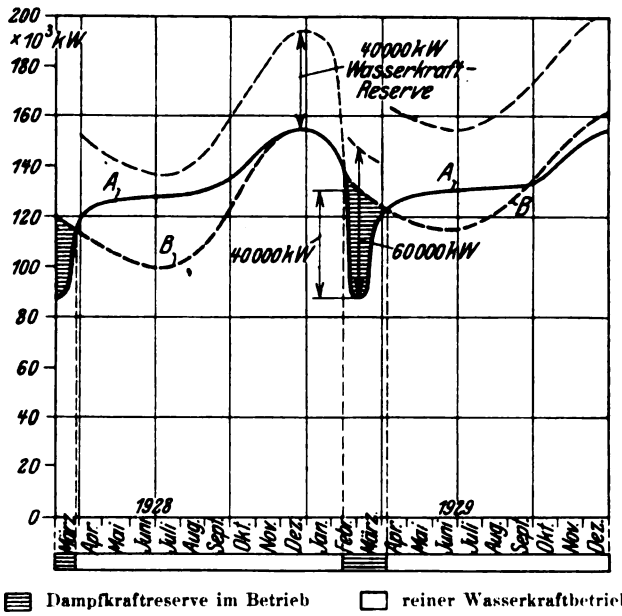
Wasserkraftanlage, entsprechend der normalen Höchstleistung	150 000 kW
Wasserkraftanlage zur Reserve (mindestens 25 % der normalen Höchstleistung) . . .	40 000 „
Dampfkraftanlage zum Einsatz am Ende des Winters	60 000 „
installierte Gesamtleistung	250 000 kW.

Das sind für 150 000 kW Leistung 67 % Reserve.

Man ist im Begriff, ohne Rücksicht auf die unbedingt erforderliche hohe Reserve, deren Kapitaldienst den Strompreis in hohem Maße belastet, die Wasserkräfte nach dem gleichen Plan immer weiter auszubauen, und

Digitized by Google

man wird dabei, da die besten Wasserkräfte schon ausgebaut sind, mit immer höheren Anlagekosten zu rechnen haben, da selbst in Hochgebirgsgegenden mit mindestens 350 RM/kW ohne Speicherbecken gerechnet werden muß. Man baut diese Wasserkräfte nicht nur für die notwendige Höchstbelastung aus, sondern auch für die Reserven, ohne Rücksicht darauf, daß 60 000 kW Dampfreserven zur Verfügung stehen, die dazu dienen könnten, die teueren Wasserkraftreserven zu ersetzen. Der Kohlenverbrauch



Dampfkraftreserve im Betrieb ☐ reiner Wasserkraftbetrieb

Abb. 1. Jahresdiagramm mit Wasserkraft- und Dampfkraftreserve. Mitte Februar bis Ende März ist die Dampfkraftreserve im Betrieb (waagerecht schraffierte Flächen), da die verfügbaren Wasserkräfte nicht ausreichen. In der übrigen Zeit sind Wasserkraftmaschinen von 40 000 kW Leistung als Momentanreserve vorhanden.

für die wenigen Jahresstunden Reservebetrieb während der eigentlichen Wintermonate würde in keiner Weise ins Gewicht fallen. Der Grund dafür, daß man die vorhandenen Dampfreserven bisher nicht benutzt hat, die Wasserkraftreserven zu ersetzen, ist der, daß während der Wintermonate die Dampfanlage vollkommen stilliegt, so daß man nicht augenblicklich über sie verfügen kann, wie es bei Wasserkraftreserven der Fall ist.

Der Ruthsspeicher ist hier ein neues Mittel, um stilliegende Dampfreserven augenblicklich betriebsfertig zu machen, so daß man über die vorhandene Dampfanlage jederzeit genau so verfügen kann wie über Wasserkraftreserven. Es genügt, zu den vorhandenen Dampfanlagen eine Ruthsspeicherbatterie hinzuzufügen, die imstande ist, bei Ausfall von Wasserkrafteinheiten augenblicklich durch Speicherdampf die Dampfturbinen in Betrieb zu setzen, bis die stilliegenden Kessel die Dampflieferung übernehmen können.

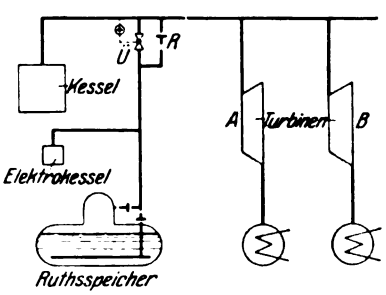
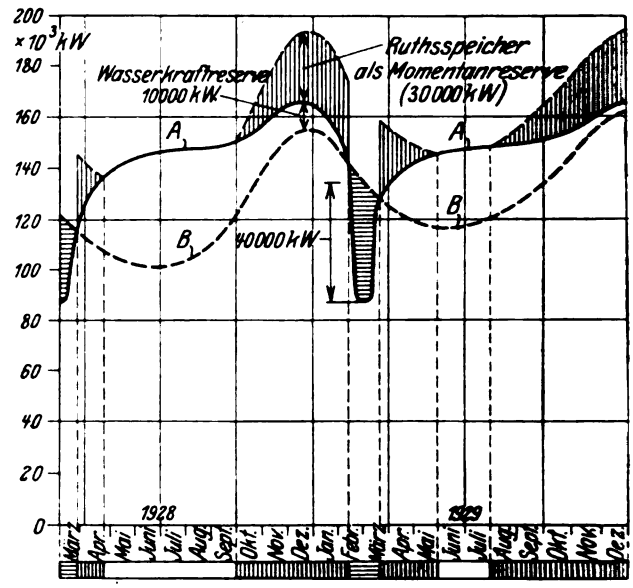


Abb. 2. Dampfkraftanlage mit Ruthsspeicher für Momentanreserve. Die Turbinen mit Hilfskondensation *A* laufen das ganze Jahr über als Phasenschieber mit und erhalten Kühldampf vom Speicher, dessen Abkühlverluste von einem kleinen Elektrokessel gedeckt werden. Bei Störungen in der Wasserkraftanlage werden die Turbinen momentan voll belastet und die Speicher liefern den Dampf so lange, bis die Kessel angeheizt sind.

Abb. 2 zeigt, wie ohne jede Änderung der bestehenden Kessel, Turbinen und Rohrleitungen durch Hinzufügen von Ruthsspeichern die bestehende Dampfanlage für Momentanreserve eingerichtet werden kann. Von den vorhandenen Turbinen wird ein Teil *A* mit einer Hilfskondensation ausgerüstet, so daß diese Turbinen unter Zuführung einer geringen Kühldampfmenge dauernd als Phasenschieber mitlaufen können, wodurch besondere Phasenschieber, die gerade zur Höchstbelastungszeit im Winter notwendig sind, ersetzt werden. Wie in der Anlage Malmö[1] stehen die Ruthsspeicher dauernd unter Druck. Ein kleiner Elektrokessel genügt, um die Abkühlverluste der Ruthsspeicher zu decken und den notwendigen Kühldampf zu erzeugen. Die erforderlichen Kilowattstunden zur Deckung dieser Verluste und zum Betrieb der Hilfskondensation sind geringer als die Kilowattstunden, die man durch verminderte Verluste in den Fernleitungen gewinnt.



Dampfkraftreserve im Betrieb ▨ Ruthsspeicher als Momentanreserve ☐ Wasserkraftanlage ausreichend für 25% Reserve

Abb. 3. Jahresdiagramm mit Momentanreserve durch Ruthsspeicher. Die Ruthsspeicher bilden in den Zeiten, wo die Wasserkraft als Reserve nicht ausreicht, die erforderliche Momentanreserve (senkrecht schraffierte Flächen).

Fällt plötzlich eine der Wasserturbinen infolge einer Störung aus, so öffnen die Geschwindigkeitsregler der als Phasenschieber mitlaufenden Dampfturbinen, und die Ruthsspeicher liefern augenblicklich Dampf. Die Turbinen können sofort voll belastet werden, wobei selbsttätig die Hauptkondensation in Betrieb gesetzt wird. Der Ruthsspeicher kann mit einem Anfangsdruck von etwa 15 atü arbeiten. Wenn die Turbinen *A* bei sinkendem Speicherdruck nicht mehr imstande sind, die volle Leistung herzugeben, so werden andere Dampfturbinen *B* in normaler Weise in Betrieb gesetzt und arbeiten gleichfalls zunächst mit Speicherdampf. Inzwischen werden die Kessel angeheizt und, sobald sie auf Druck sind, mit der Dampfleitung verbunden, so daß sie einen Teil der Dampflieferung übernehmen können. In dem Augenblick, wo die Kesseldampfanlage ausreicht, um die Turbinen allein mit Dampf zu versorgen, schließt das Rückschlagventil *R*. Der Ruthsspeicher wird also selbsttätig abgeschaltet und die Kessel übernehmen jetzt allein die Dampflieferung, wobei sich ihr Druck allmählich auf den höchsten Kesseldruck steigert. Entsteht beim Hochfahren der Kessel oder bei weiterem Betrieb ein Dampfüberschuß, so wird der überschüssige Dampf sofort durch das Überströmventil *U* in den Ruthsspeicher geleitet. Nach Beendigung der Störung der Wasserkraftanlage werden die Turbinen abgestellt und der Ruthsspeicher wird unter Verwertung der im Kesselmauerwerk aufgespeicherten Wärme wieder aufgeladen.

Auf diese Weise kann eine für z. B. 60 000 kW bemessene Dampfanlage mit mindestens 30 000 kW als Momentanreserve wirken, wenn die Rutsspeicher so bemessen werden, daß beim tiefsten Speicherdruck unter Verwendung von 60 000 kW-Turbineneinheiten noch 30 000 kW Leistung erzeugt werden kann.

Sind Hochdruckanlagen vorhanden, deren Dampfturbinen bei tiefem Speicherdruck nur einen geringen Bruchteil ihrer Vollastleistung hergeben würden, oder steht in den bestehenden Kraftwerken kein Platz mehr zur Verfügung, um Ruthsspeicher aufzustellen, so kann man an einem beliebigen Punkt des Stromnetzes Ruthsspeicher mit Sonderturbinen aufstellen, die dauernd momentan eingriffsbereit sind und dazu dienen, die Anfahrzeit des Dampfkraftwerkes zu überbrücken, die also stillgesetzt

[1] Vgl. F. Besser, Zentralbl. Bauverw. Bd. 43, S. 575 (1923).

Digitized by Google

und wieder aufgeladen werden, sobald das Dampfkraftwerk die Last übernommen hat. Es lassen sich mit geringen Kosten Turbinen kleiner Stufenzahl bauen, die imstande sind, noch bei tiefem Speicherdruck die volle Leistung herzugeben. Verwendet man Ruthsspeicher mit sehr tiefen Entladedrucken, so werden die Anlagekosten wegen ihrer großen Speicherfähigkeit sehr gering, so daß die gesamten Ausbaukosten für 1 kW einschließlich neuer Bereitschaftsturbinen nicht höher sind als die Kosten, die durch Verwendung von Ruthsspeichern mit geringerem Druckgefälle für vorhandene Turbinen entstehen. Unabhängig davon, ob man vorhandene Turbinen oder besondere Bereitschaftsturbinen benutzt, entstehen deshalb annähernd die gleichen Anlagekosten für die Momentanreserve von etwa 110 RM/kW.

Hierbei ist noch zu berücksichtigen, daß bei Phasenschieberbetrieb der vorhandenen Dampfanlage die Kosten für besondere Phasenschieber fortfallen.

Ruthsspeicher mit Bereitschaftsturbinen können unabhängig von der Lage der Hauptdampfkraftwerke in den stillgelegten Dampfkraftwerken der Städte oder an wichtigen Knotenpunkten des Stromnetzes eingebaut werden, wo sie bei Störungen der Wasserkraftwerke augenblicklich eingreifen und die Stromversorgung der Verbraucher sicherstellen. Das Aufladen der Ruthsspeicher geschieht durch vorhandene brennstoffbeheizte Kessel oder durch Elektrokessel.

Die Ersparnis an Anlagekosten, die man unter Verwendung von Ruthsspeichern bei einer dieser Betriebsarten erreicht, ist sehr bedeutend, weil die Ergänzung der Dampfreserven durch Ruthsspeicher wesentlich billiger ist als der weitere Ausbau der Wasserkraft. Die Anwendung des Ruthsspeichers in derartigen Fällen ist demnach ein wirksames Mittel, die Stromerzeugungskosten durch zweckmäßigere Ausnutzung der Reserven herunterzusetzen.

Abb. 3 zeigt, wie das Jahresdiagramm bei Verwendung von Ruthsspeichern als Momentanreserve aussehen würde. Hiernach ist im Frühsommer 1929 der Strombedarf so gering und die verfügbare Wasserkraft so groß, daß stets die erforderlichen 25 % Wasserkraftreserve vorhanden sind. Aber schon im Herbst und vor allem im Winter 1929/30 müssen die Ruthsspeicher mit den als Phasenschieber mitlaufenden Turbinen die Momentanreserve übernehmen. Mitte Februar bis Ende März ist das Dampfkraftwerk im Betrieb mit 40 000 kW im Höchstfalle. Also auch in dieser Zeit ist genügend Reserve stets augenblicklich verfügbar, da die Leistung der Gesamtanlage 60 000 kW beträgt. Im Frühjahr und Sommer 1930 ist infolge des gesteigerten Strombedarfes gegenüber dem Vorjahre die Ruthsspeicheranlage fast dauernd (bis auf zwei Monate) als Momentanreserve erforderlich, da die Wasserkraftreserve auch zur Zeit geringen Strombedarfs nicht mehr genügt.

Die neuere Entwicklung der technischen Elektrochemie unter Bezugnahme auf große Anlagen für wässerige und schmelzflüssige Elektrolyse*.

Von Dr.-Ing. **Georg Eger**, Berlin.

(Schluß von S. 776.)

Die anderen Betriebe der wäßrigen Metallelektrolyse treten in bezug auf Energieverbrauch diesen Anlagen gegenüber zurück, wenngleich es sich hierbei um zahlreiche, wenn auch nur kleine Anlagen handelt. Ich denke z. B. an die Anlagen der Edelmetallscheidung, sei es, daß diese Anlagen der Verarbeitung der Anodenschlämme bestehen-

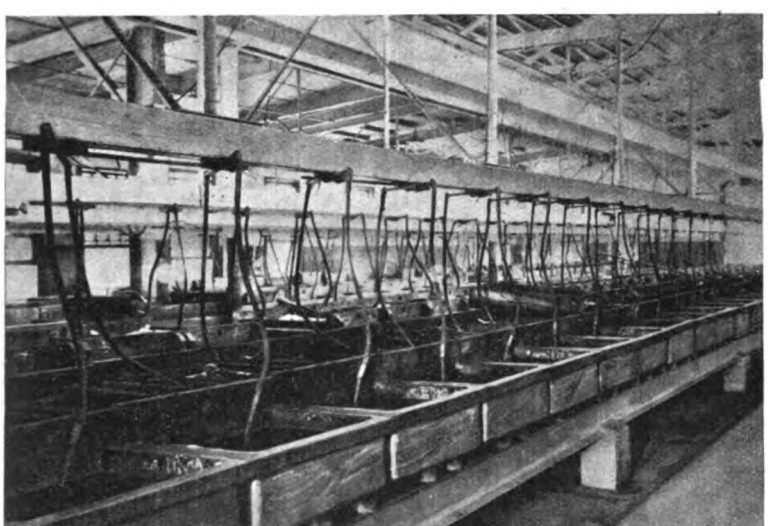


Abb. 24. Silberscheideanlage der United States Metals Refining Co. Bäder mit waagerechten Elektroden (Balbach-Thum-Verfahren). Als Elektrolyt dient eine schwach salpetersaure Lösung von Silbernitrat.

der Kupferraffinerien dienen oder wie z. B. in Verbindung mit Münzwerkstätten selbständig arbeiten. Bei diesen Edelmetallbetrieben handelt es sich ausschließlich um die Scheidung silber- oder goldreicher Rohstoffe, d. h. löslicher Anoden. Um die Größe solcher Anlagen zu kennzeichnen, zeigt beispielsweise Abb. 24, daß die bereits erwähnte Kupferraffinations-Anlage zu Carteret, die 1770 Kupferbäder zu je 11 000 A umfaßt, mit einer Silberscheideanlage von nur 160 Silberbädern je 180 A auskommt, während die Goldscheideanlage des gleichen Betriebes (Abb. 25), die wiederum die Anodenschlämme der Silberbäder verarbeitet, sogar nur 5 Bäder der gleichen Stromstärke enthält. Auch die Silberscheideanlage (Abb. 26), die vor etwa 2 Jahren von der Siemens & Halske AG. für einen der Mansfelder Hüttenbetriebe gebaut wurde, ist mit nur 20 Bädern zu 280 A Stromstärke und einer Gesamtleistung von 500 kg Silber je Tag für dieses Metall schon als Großbetrieb anzusehen.

Elektrotechnisch sind die heutigen Goldbäder dadurch interessant, daß sie als einzige Anlagen elektrolytischer Metallgewinnung nicht nur mit reinem Gleichstrom, sondern mit sog. pulsierendem Gleichstrom bzw. Gleichstrom mit überlagertem Wechselstrom arbeiten, den man durch Hintereinanderschaltung eines Gleichstromgenerators und eines Einphasen-Wechselstromgenerators erhält. Es würde zu weit führen, auf die elektrochemischen Gründe für die Wahl eines solchen Stromes näher einzugehen.

Abb. 27 und 28 zeigen die Anoden eines Silberraffinationsbades, an denen man in besonders charakteristischer Weise das allmähliche Aufzehren während des Betriebes sieht. Daß dieses Verfahren teils in Bädern mit horizontalen, teils in solchen mit senkrechten Elektroden durchgeführt werden kann, dürften schon die Bilder zeigen.

Von den weiteren sog. Schwermetallen läßt sich noch eine ganze Reihe elektrolytisch, u. zw. aus wäßrigen Lösungen teils unter Verwendung löslicher, teils unlöslicher Anoden gewinnen. Dies gilt insbesondere für die Metalle Zinn, Antimon, Kadmium, Blei, Chrom, Mangan, Nickel, Kobalt und Eisen. Tatsächlich arbeiten in einer Reihe von Ländern Betriebe kleineren oder mittleren Umfanges dieser Art. Abb. 29 zeigt als große Anlage ihrer Art eine vor mehreren Jahren bei Berlin gebaute Anlage, die der Gewinnung von täglich 3 t Zinn diente, das aus Natriumstannatlaugen unter Verwendung unlöslicher Eisenanoden gewonnen wurde. Die Anlage lieferte ein Feinzinn ungewöhnlicher Reinheit, u. zw. mit einem Zinngehalt von 99,98 %.

Eine gewisse, wenn auch immerhin begrenzte Entwicklungsmöglichkeit haben ferner die Verfahren zur Gewinnung der dem Zink nahestehenden Metalle Kadmium und Blei. Das erstere Metall wurde bereits im Jahre 1928 zu 75 % elektrolytisch hergestellt, vor etwa 15 Jahren aber noch rein ther-

* Vortrag, gehalten im Pommerschen Elektrotechnischen Verein, Stettin am 17. I. 1930.

Digitized by Google

misch gewonnen. Wenn es sich auch heute nur um die Menge von 1000 t Jahresleistung an Elektrolytkadmium handelt, so dienen doch als Rohstoff dieser elektrolytischen Erzeugung fast ausschließlich die Niederschläge von der bereits erwähnten Laugenreinigung der Zinkelektrolysen. Erst die Entwicklung der Zinkelektrolyse gab der Erzeugung dieses Metalles auch zahlenmäßig den großen Aufschwung.

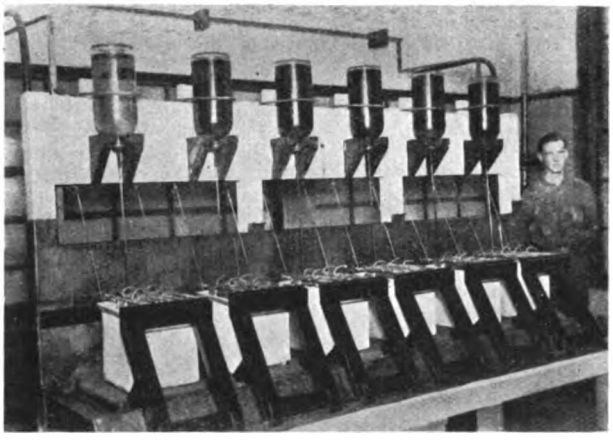


Abb. 25. Goldscheideanlage der United States Metals Refining Co. Als Elektrolyt dient eine salzsaure Lösung von Goldchlorid (Wohlwill-Verfahren).

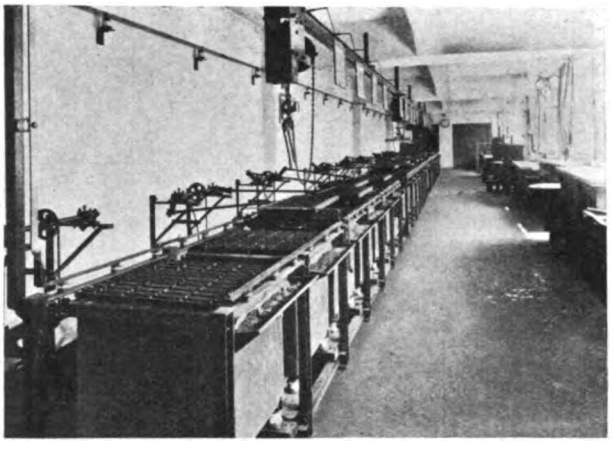


Abb. 26. Silberscheideanlage eines deutschen Hüttenwerkes nach dem Möbius-Verfahren (Bäder mit senkrechten Elektroden). Elektrolyt wie Abb. 24. Bäder nach Bauart der Siemens & Halske AG.

Es waren insbesondere die von der tasmanischen Zinkelektrolyse der Elektrolytic Zinc Co. of Australasia im Jahre 1925 auf den Markt kommenden Metallmengen, die die Vorkriegserzeugung sofort auf das Vierfache steigerten, den Preis des Metalles drückten und die Technik anregten, dem Kadmium neue Verwendungsmöglichkeiten, z. B. in der Metallindustrie für galvanische Überzüge zu erschließen. Im Jahre 1925 schlossen sich dann die Anaconda Copper Mining Co., im Jahre 1928 auch die Zinkelektrolyse der Consolidated Mining and Smelting Co. zu Trail in Britisch Columbien als Elektrolytkadmium-Erzeuger an.

Von besonderem Interesse ist ferner die Elektrolyse des Bleies. Für dieses Metall wurde schon vor etwa zwei Jahrzehnten von dem Amerikaner Betts ein Raffinationsverfahren ausgearbeitet, das allerdings nur in 2 Anlagen zur Anwendung gelangte und auf das nur verhältnismäßig selten vorkommende wismuthaltige Rohblei zugeschnitten war. Es sind nun in neuerer Zeit die naßmetallurgischen Verfahren und in Verbindung damit die Elektrolyse, durch welche die Lauge dieser Verfahren verarbeitet werden kann, auch an der Gewinnung des Bleies nicht spurlos vorübergegangen, d. h. an der Gewinnung eines Metalles, das von altersher eine der Hauptdomänen der schmelzmetallurgischen, nichtelektrolytischen Verfahren gewesen war. Wenn es sich hierbei auch zunächst nur um Probebetriebe handelt, die vornehmlich im Auslande liegen, so dürfte dieses Verfahren doch bei der Verarbeitung der bleihaltigen Rückstände der Zinklaugerei sich Bahn brechen. Jedenfalls sind im Anschluß an einige amerikanische Zinkelektrolysen solche Bleigewinnungsanlagen, wenn auch zunächst nur in Form von Probebetrieben, zur Errichtung gekommen. Die Errichtung dieser Elektrolysen ist weiter deshalb interessant, weil die Zinkelektrolysen bei der Laugung ihrer Erze das Blei im Rückstand anreichern und hierdurch einen wertvollen bleihaltigen Rohstoff schaffen, im Gegensatz zum alten thermisch arbeitenden Zinkmuffelverfahren, bei dem das Blei ein höchst unerwünschter Begleiter war. Dies ist ein Beispiel dafür, daß die neuzeitlichen elektrolytischen Verfahren die Verarbeitung zahlreicher in der Welt vorkommender Rohstoffe, z. B. sog. gemischter oder komplexer Erze gestatten. Gerade diese Materialien sind heute geeignete Rohstoffe besonders vom wirtschaftlichen Standpunkte aus geworden, während sie früher gegenüber den reineren Zinkerzen wertloser waren.

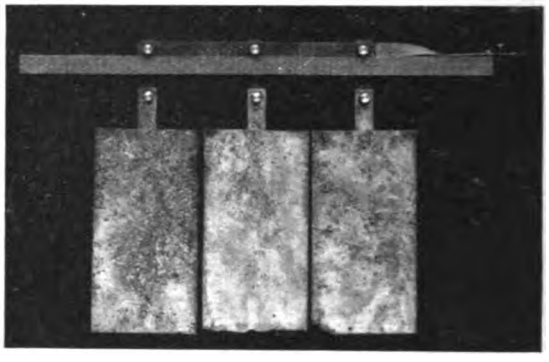


Abb. 27. Rohsilberanoden aus Silberraffinationsbädern Bauart Siemens & Halske vor dem Einsetzen in die Bäder (Bäder wie Abb. 26).

Von den anderen Metallen möchte ich nur noch die Gewinnung des Eisens kurz erwähnen, da einige der größten Eisenelektrolysen u. a. in Deutschland während des Krieges zur Errichtung kamen. Das Eisen sollte hierbei als Kupferersatz für die Zwecke von Granatführungsringen dienen. Es wurde ein Raffinationsverfahren, das unter Verwendung löslicher Siemens-Martin-Flußeisen-Anoden arbeitete, in Form zweier Versuchsbetriebe einerseits von der damaligen Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron

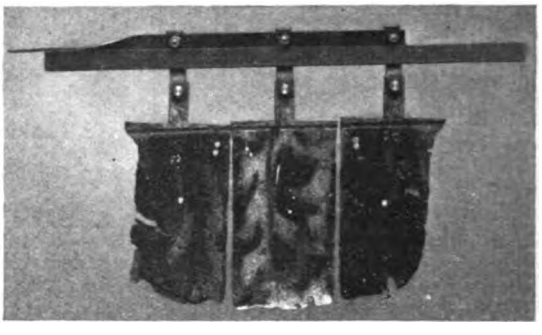


Abb. 28 .Rohsilberanoden nach Abb. 27 während des Betriebes. Die Anoden sind z. T. aufgelöst.

und anderseits von der Siemens & Halske AG. entwickelt. Diese Arbeiten führten zum Bau zweier Anlagen, je einer in Bitterfeld und München. Einen Begriff von der Ausdehnung der damaligen Anlagen und den großen Elektrolysenhallen des sog. Kriegsmetallwerkes München-Südost der Siemens & Halske AG. gibt Abb. 30. Abb. 31 zeigt schließlich eine der gewonnenen Eisenkathoden, in diesem Falle etwa ½ × ½ m groß und 1 ... 2 cm dick. Es soll diese Kathode ganz allgemein den Eindruck von einer Elektrolytkathode in handelsüblicher Form vermitteln. Mit Kriegsende wurden diese Arbeiten stillgelegt. In Anbetracht des hohen Erzeugungspreises dieses Eisens lehnte insbesondere der Siemens-Konzern die Übernahme des Münchener Werkes zur Herstellung von Elektrolyteisen für elektrotechnische Zwecke ab, wenngleich sich auch für dieses Material die schon von früheren Versuchen her bekannten günstigen magnetischen Eigenschaften, wie beispielsweise die nahezu völlige Freiheit von magnetischer Hysteresis, erneut bestätigt hatten. Es wurden die Inneneinrichtungen dieser Anlage abgebrochen und die Hallen von der Münchener Straßenbahn als Reparaturwerkstätten übernommen. Auch die direkte Erzeugung endloser Eisenbleche auf elek-

Digitized by Google

trolytischem Wege ist technisch zwar gelöst, wirtschaftlich aber zum mindesten noch unklar.

Bei allen hier erwähnten Anlagen handelt es sich darum, Kathoden der Metalle, u. zw. als Rohstoffe zu erzeugen, die dann den Ausgang für weitere Verarbeitungs- und Veredlungszwecke durch Gießen, Walzen, Legieren usw. bilden.

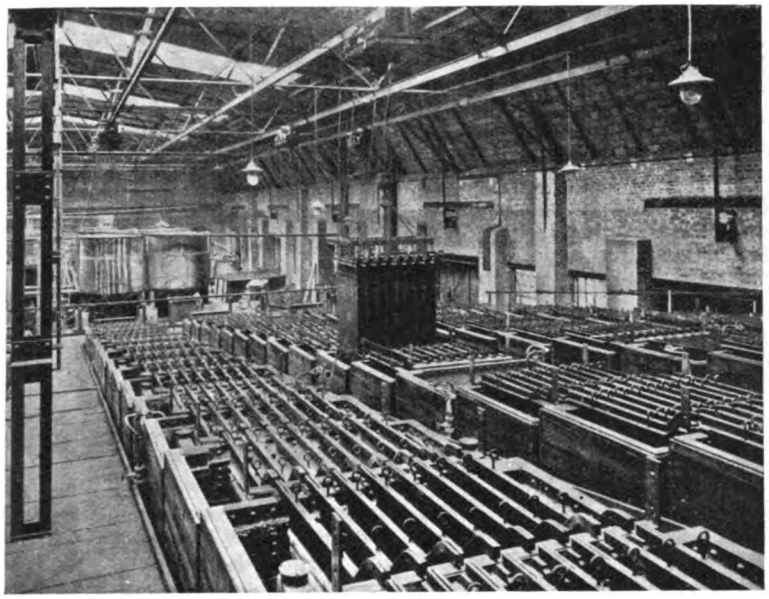


Abb. 29. Zinnelektrolyse zur Elektrolytzinn-Gewinnung aus Natriumstannatlaugen mit Hilfe unlöslicher Eisenanoden. Anlage der Hüttenwerke Meyer, Berlin-Tempelhof, gebaut von Siemens & Halske AG.

Im Gegensatz dazu arbeiten die galvanischen Verfahren zwar im Prinzip nach analogen Gesichtspunkten, dienen aber nicht der Gewinnung der Metalle als Rohstoffe an sich, sondern dem Aufbringen zumeist nur dünner metallischer Überzüge auf Gegenstände des täglichen Gebrauches oder technischer Zwecke, wobei eine Oberflächenveredelung erstrebt wird. Die zu überziehenden Waren werden als Kathoden in geeignete Bäder eingehängt, auf deren Grundbedingungen ich hier nicht näher eingehen will. Obwohl es sich hierbei um eine Reihe kleinerer Einzelbetriebe handelt, kann man doch den deutschen Energieverbrauch für galvanische Zwecke annähernd auf jährlich 70 Mill kWh schätzen.

An Hand der bekannten Rationalisierungsbestrebungen hat man nun auch versucht, in galvanischen Betrieben gewisse vorher nicht gekannte Spitzenleistungen zu erzielen. Ich denke hier besonders an die Zusammenfassungen des Betriebes einzelner Bäder, die beispielsweise Abb. 32 zeigt und die ihre Existenzberechtigung in dieser Form natürlich in vielen Fällen auch noch weiterbehalten werden, in die Form des sog. Fließfertigungsbetriebes[1] und ferner an die Verwertung wertvoller Eigenschaften von neuen bisher noch nicht verwendeten Überzugsmetallen, vornehmlich Kadmium und Chrom. Als Beispiel der Rationalisierungsbestrebungen diene die in Abb. 33 u. 34 dargestellte nach neuartigen Gesichtspunkten gebaute sog. galvanische Fließanlage, die kürzlich im Schaltwerk der Siemens-Schuckertwerke in Betrieb kam. Die Anlage, die eine ganze Anzahl galvanischer Einzelbetriebe, wie elektrolytische Entfettung, Vorverkupferung und Vernickelung, zu einer gemeinsamen Apparatur zusammenfaßt, enthält 11 hintereinandergeschaltete, teils eigentliche galvanische Bäder, teils Vor- und Nachbehandlungsbäder bzw. Spülbäder und schließlich noch einen Trockenofen. Durch alle diese Bäder sowie den Ofen werden die Waren durch selbsttätig bewegte Hebelvorrichtungen so hindurchgeführt, daß zur Bedienung dieser ganzen, einen mehrteiligen galvanischen Betrieb umfassenden Apparatur nur 2 Mann, u. zw. einer zum Aufhängen der Waren am Anfang und einer zum Abnehmen derselben am Ende der etwa 23 m langen Apparatur erforderlich sind.

Von den neuen Überzugsmetallen dürfte wohl das Chrom in Form der etwas bläulich glänzenden Überzüge von Handgriffen und Stangen an gewissen Verkehrsfahrzeugen, von den Kühlerhauben und sonstigen Armaturen neuerer Autos usw. wohl schon bekannt geworden sein. Es ist besonders die chemische Widerstandsfähigkeit, die bei Gegenständen des täglichen Gebrauches das Putzen überflüssig macht und für verschiedene Beanspruchungen sowie in chemischen Betrieben einen Korrosionsschutz bisher unbekannten Umfanges bietet. Es arbeiten nun gerade die Chrombäder mit den höchsten Stromdichten der Galvanotechnik, durchschnittlich 1000 A/m² wirksamer Kathoden- bzw. Warenoberfläche und einer Spannung von 6 ... 10 V. Abb. 35 zeigt ein solches Chrombad aus einem der Werke des Siemens-Konzerns, Abb. 36 die eigene Aufnahme eines amerikanischen Verchromungsbades zu San Francisco. Eine gewisse äußere Übereinstimmung dieser räumlich so weit entfernt liegenden Bäder ist keine zufällige, sondern beruht auf einem mehrjährigen Patent- und Erfahrungsaustausch führender deutscher und amerikanischer Verchromungskreise.

Es ist nun gerade die Verchromung, welche in Amerika zu einer bei galvanischen Betrieben bisher unerreichten Spitzenleistung gediehen ist. Ich meine damit die Innenverchromung der etwa 13 m hohen, schmiedeeisernen, unter hohem Druck arbeitenden Kessel von rd. 3 m Innendurchmesser, die auf der Ölraffinerie der Shellwerke in Martinez bei San Franzisco arbeiten und unter den gestellten Betriebsbedingungen unter verhältnismäßig rascher Korrosion litten. Die Verchromung dieser Behälter erfolgt unter Verwendung eines transportablen Umformersatzes von 5000 A Gleichstromstärke. Wenn wir bedenken, daß es sich hierbei um die Verchromung etwa 3 m über dem Erdboden senkrecht angeordneter Kessel handelt, daß diese Kessel für die Zwecke der inneren Verchromung noch einen besonderen Aufbau erhalten, der u. a. mehrere armdicke Eisenwellen für die Stromzuführung zu den außerdem noch rotierenden Anoden erhält, daß dadurch die ganze galvanische Apparatur auf eine Höhe von etwa 20 m, d. h. die Höhe eines vierstöckigen Hauses kommt, so kann man wohl sagen, daß es sich hierbei um die größte und kühnste Aufgabe handelt, der sich die praktische Galvanotechnik jemals zugewendet hat, und die, wie auch ich bei meinem Besuche dieser Anlage Ende 1928 feststellen konnte, ihre Berechtigung aus wirtschaftlichen Gründen durchaus erwiesen hat.

Abb. 30. Bäderhalle des Kriegsmetallwerkes München-Südost der Siemens & Halske AG. Anlage zur Erzeugung von 7,5 t Elektrolyteisen in 24 h; während des Baues im Sommer 1918. Endbäder während der Montage. Bäder aus norwegischem Granit; Anoden: lösliche Flußeisenanoden; Kathoden: elektrolytisch dargestellte Eisenbleche; Elektrolyt: wäßrige Eisenchlorürlösung mit 300 g Eisenchlorür ($FeCl^s \cdot 4aq$) und 180 g Kochsalz (NaCl) je Liter, Temperatur der Elektrolyten: 95°. Badstromstärke 1500 A, Badspannung rd. 3 V.

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 95.

Digitized by Google

Unter den sonstigen wäßrigen Elektrolysen, soweit sie der Erzeugung nichtmetallischer Stoffe dienen, steht die elektrolytische Chloralkali-Industrie an erster Stelle. Es handelt sich hierbei darum, Kochsalzlösungen unter Verwendung von Eisenkathoden und Graphitanoden und unter Gewinnung von Ätznatron an der Kathode einerseits und

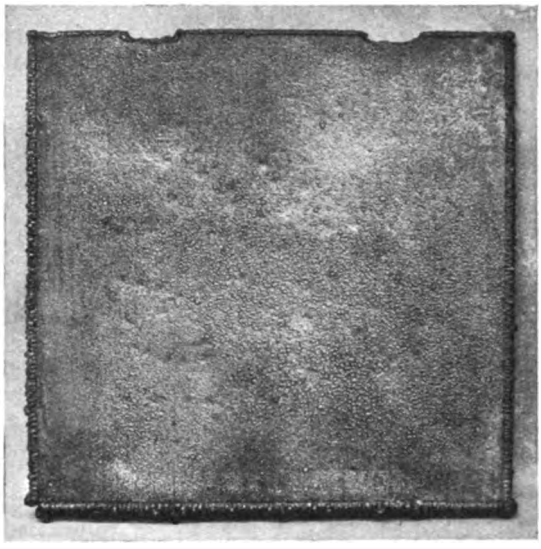


Abb. 31. Elektrolyteisenkathode, Größe etwa 0,5 × 0,5 m, 1...2 cm dick.

gasförmigem Chlor an der Anode anderseits elektrolytisch zu zerlegen, wozu sich kathodisch außerdem noch die Entwicklung einer gewissen, in diesen Betrieben zumeist nicht verwendeten Menge Wasserstoffes gesellt. Abb. 37 und 38 zeigen die besonders in Europa zu größter Verbreitung gelangten sogenannten Siemens-Billiter-Zellen. Man sieht im Schnitt oben die Anoden und unten ein Drahtnetz als Kathode und ferner zur Trennung der beiderseitigen Elektrodenräume ein waagerechtes sogenanntes Diaphragma eingeschaltet. Abb. 39 veranschaulicht noch einen großen deutschen Betrieb der chemischen Industrie, der der Erzeugung von 4500 kg Ätznatron bzw. 4000 kg gasförmigen Chlors dient. Für die Durchführung dieses Verfahrens wurden in den letzten 20 Jahren rd. 50 000 kW installiert.

Ferner erwähne ich noch kurz die einfachste der Elektrolysen, die Zersetzung des Wassers zum Zwecke der Gewinnung von gasförmigem Wasserstoff und gasförmigem Sauerstoff selbst. Auch diese Elektrolysen sind zu immer größeren Ausmaßen gelangt. Die Stromstärke der einzelnen Elektrolyseure bewegt sich gegenwärtig auf die Zahl von 30 000 A zu. Ich möchte, was das Prinzip dieser Elektrolyse anbelangt, nur kurz auf das bekannte Knallgas-Voltameter verweisen.

Auf die übrige Chlorindustrie, wie die Herstellung elektrolytischer Bleichlaugen, die Gewinnung von Chloraten und Perchloraten sowie auf die in verschiedenen chemischen Betrieben verwendeten Oxydations- und Reduktionsprozesse sei als Energieverbraucher geringerer Größenordnung nur kurz verwiesen.

Ich komme nun zu den Verfahren der Schmelzflußelektrolyse. Ihre elektrochemischen Gesetze sind die gleichen wie die für die Verfahren in wäßrigen Lösungen. Es dient bei den Verfahren als Elektrolyt ein geschmolzenes Salz des elektrolytisch zu gewinnenden Metalls, bei der Gewinnung des Natriums also geschmolzenes Kochsalz, bei der Gewinnung des Magnesiums geschmolzenes Magnesiumchlorid, während für die Gewinnung des Aluminiums gereinigte Tonerde, Al_2O_3, verwendet wird, die man durch eine Reihe rein chemischer Aufschlußverfahren aus dem natürlich vorkommenden Rohstoff Bauxit erhält und in den Bädern in geschmolzenem Kryolith löst. Es liegt hier dem Strom also nicht nur die Aufgabe ob, die Anionen sowie Kationen zu den Elektroden zu transportieren, sondern zu einem gewissen Anteil durch Joulesche Wärme den Elektrolyten geschmolzen zu halten. Man hat infolge der Temperaturbedingungen solcher Bäder diese fälschlicherweise auch als Öfen bezeichnet.

Bei diesen Verfahren handelt es sich vornehmlich um die Gewinnung der Leichtmetalle, u. zw. Aluminium, Magnesium, Natrium, Kalium, daneben auch Lithium, wozu in neuester Zeit noch das Beryllium kommt. Hierbei ist die Gewinnung des Aluminiums das bedeutendste Gebiet. Abb. 40 zeigt das Schema eines Aluminiumbades. Wir sehen einen Kessel mit feuerfester Ausmauerung, ferner die in den Boden eingestampfte Kathode, während von oben in die Schmelze die an besonderen Aufhängestangen befindlichen Anoden aus Kohleblöcken hereinragen. Während sich an der Kathode am Boden des Bades das Aluminium abscheidet und zeitweilig abgeschöpft wird, geht der Sauerstoff der Tonerde zur Anode und verbrennt diese allmählich.

Bei einer Klemmenspannung von etwa 6,5 V je Bad beträgt der Energieaufwand je kg Aluminium rd. 25 kWh. Gerade die Aluminiumindustrie bietet nun ein Beispiel, die Stromstärke der einzelnen Bäder immer höher zu treiben. Während einzelne während des Krieges gebaute Anlagen noch Bäder von 7500 A hatten, betragen schon die Stromstärken der heutigen deutschen Anlagen 12 000 bis 15 000 A.

Man ist nun besonders in Amerika noch weitergegangen und hat Bäder von 25 000 A, an einer Stelle nach mir zugegangenen Informationen sogar solche von 50 000 A in Betrieb genommen, wenngleich es mir auf meiner letzten Reise durch die V. S. Amerika nicht mehr möglich war, den Orten dieser letzteren Bäder zum Zwecke einer Besichtigung näher nachzugehen. Insbesondere ist Aluminium das Metall, das aus seinen Rohstoffen ausschließlich elektrolytisch, u. zw. unter Verwendung unlöslicher Anoden gewonnen wird. Daneben sind in Amerika zuerst Versuche zur Raffination des hierbei gewonnenen Aluminiums im großen Maßstabe, u. zw. ebenfalls auf dem Wege der Schmelzflußelektrolyse unter Verwendung löslicher Anoden aus geschmolzenem Rohaluminium durch-

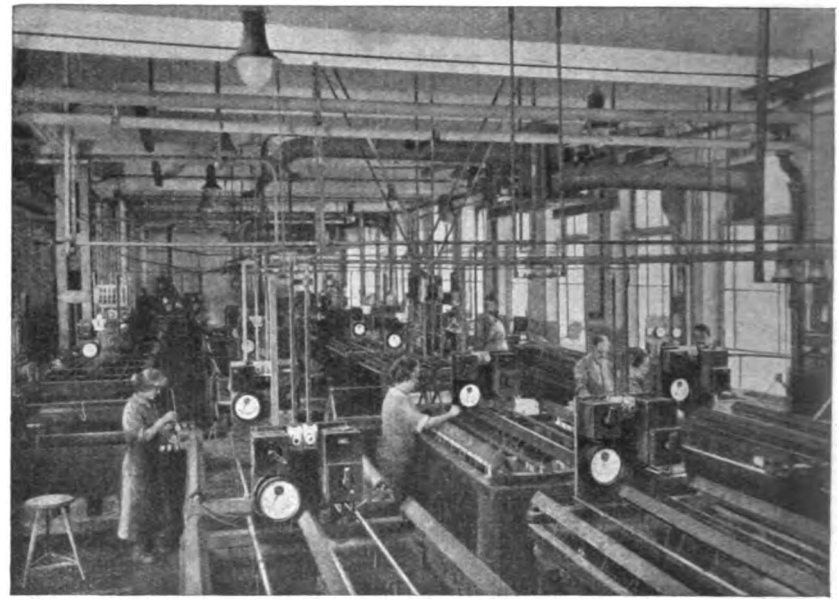


Abb. 32. Galvanotechnische Anlage mit Einzelbädern zum Vernickeln, Vermessingen, Verkupfern usw.

geführt worden, um hierbei ein Metall bisher ungekannter hoher Reinheit zu erzeugen.

Bei einer Welterzeugung von 227 000 t Al im Jahre 1928 werden also jährlich rd. 5,7 Mrd kWh verbraucht. Hiervon kommen auf Deutschland jährlich etwa 30 000 t bzw. 760 Mill kWh. Neben der Gewinnung des Aluminiums möchte ich noch kurz die Gewinnung des Magnesiums streifen, welches unter Verwendung geschmolzenen Chlormagnesiums beispielsweise in Deutchland in der bekannten Anlage zu Hemelingen gewonnen wird und vorwiegend zur Herstellung von Elektronmetall dient. Daneben möchte ich noch die Gewinnung des Natriums, Kaliums, Lithiums und des Kalziums er-

Digitized by Google

wähnen und einzelne Worte noch dem jüngsten deutschen Leichtmetall, dem Beryllium, widmen, das in allerletzter Zeit eine gewisse Bedeutung erlangt hat. Mit seinem spezifischen Gewicht von 1,84 steht das Beryllium dem Magnesium nahe. Verfahren zur Gewinnung wurden von Stock und Goldschmidt und anderen ausgearbeitet

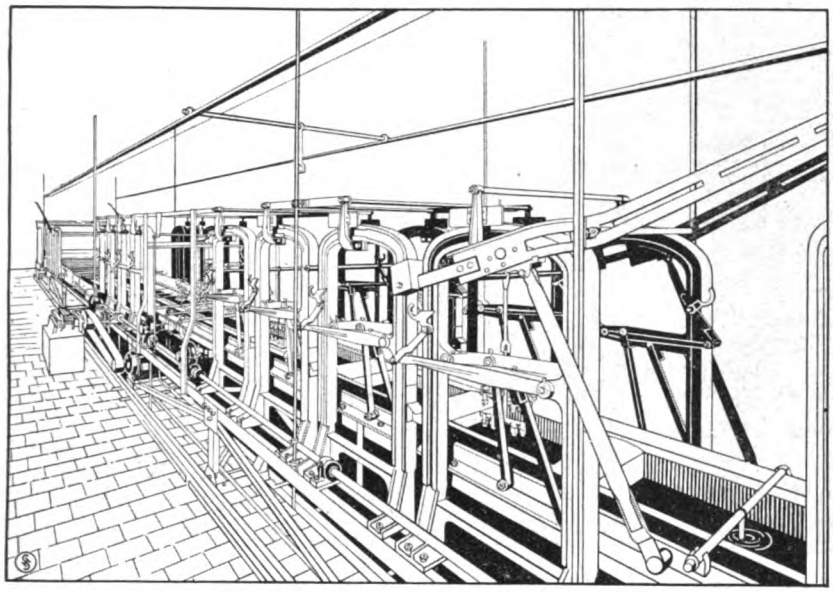


Abb. 33. Galvanische Anlage für Fließfertigungsbetrieb im Schaltwerk der Siemens-Schuckertwerke. Blick auf die Bäderreihe von der Aufgabeseite der Waren her.

und von der Siemens & Halske AG. weitergeführt. Diese Arbeiten führten im letzten Jahre in Berlin zur Errichtung einer Probeanlage für eine Jahreserzeugung von 1000 kg Berylliummetall. Wenn man bedenkt, daß die Gewinnung bei etwa 1400 °, d. h. der heute höchsten Temperatur einer Schmelzflußelektrolyse durchgeführt wird, so können wir unter Berücksichtigung der chemischen und elektrochemischen hier nicht näher zu erläuternden Gesichtspunkte auch bei der jetzt noch kleinen Leistung der vorerwähnten Anlage im Rahmen aller bisher geleisteten Arbeiten immerhin von einer gewissen Spitzenleistung sprechen. Als Rohstoff dient der Rohberyll, der für die Elektrolyse zunächst durch Aufschlußarbeiten in eine Berylliumfluorverbindung übergeführt wird. Wenn auch der Preis für technisches, 98prozentiges Beryllium heute noch 0,90 RM/g beträgt, ist er schon für gewisse Zwecke tragbar. Der Wert des Berylliums liegt nicht in seiner Verwendung als Reinmetall wie Aluminium, sondern hauptsächlich auf dem Gebiete der Legierungen, von denen z. B. die Beryllium-Kupfer-Legierungen mit 2,5 % Beryllium sich durch hohe Härte und Festigkeit sowie besonders durch Vergütbarkeit auszeichnen.

Eine weitere Anwendung findet das Beryllium heute schon als Desoxydationsmittel für Kupferguß, z. B. solchem für elektrotechnische Zwecke. Hierbei gelingt es, einen Guß besonders hoher Gasfreiheit und Dichte und damit gesteigerter elektrischer Leitfähigkeit gegenüber dem gewöhnlichen Kupferguß zu erzeugen.

Da die Elektrolysen, wie schon mehrfach erwähnt, Gleichstrom verlangen, wird man in Anbetracht der hohen Stromstärke besonders in Anlagen größeren Energieverbrauches, z. B. bei der Gewinnung des Aluminiums, zur Vermeidung unnötiger Leitungsverluste mit dem Generator möglichst in die Nähe der Bäderanlagen selbst rücken und bei Wasserkräften insbesondere noch die Generatoren mit den Turbinen direkt kuppeln. In allen anderen Fällen, z. B. bei der Zuführung von Überlandstrom, ist natürlich Umformung des hochgespannten Drehstromes erforderlich. Hierfür gibt es vom Standpunkt der Elektrotechnik aus ganz allgemein drei Apparate, den Motorgenerator, den Einankerumformer und den Gleichrichter. Hierbei spielt die Frage der Stromstärke natürlich eine gewisse Rolle. Wenn es auch möglich ist, Ströme beliebiger Amperezahl durch Parallelschaltung mehrerer Einzelgeneratoren zu erzielen, so ist man doch gegenwärtig bestrebt, möglichst hohe Stromstärken in Verbindung mit großen Leistungen in einer einzigen Maschine zu vereinigen. Hierbei spielen natürlich auch andere Gesichtspunkte, wie die Möglichkeit des Transportes der Maschinenteile, eine Rolle.

Beim Parallelschalten einer größeren Anzahl Gleichstromerzeuger muß man weiterhin die Möglichkeit des Rückarbeitens der einen Maschine auf die andere parallelarbeitende vermeiden und an Stelle der sonst üblichen Selbstschalter besonders konstruierte Schnellschalter einbauen. Ferner will ich, was den Motorgenerator anbelangt, nur kurz auf seine Unempfindlichkeit und seine Anpassungsmöglichkeit an weitgehende Betriebsänderungen verweisen, z. B. durch weitgehende Regelung der Spannung, bei Fremderregung bis herab zur Remanenz, was im Betriebe ein weitgehendes Zu- und Abschalten einzelner Bäder, z. B. bei der Inbetriebsetzung, bei Betriebsunterbrechungen, Reparaturen oder Elektrodenwechsel und ähnlichen Arbeiten gestattet. So wird man dieser Maschinenart zweifellos den Vorzug geben, wenn es sich um die Übertragung bisher nur im kleineren Maßstab, z. B. in Probebetrieben, ausgeübter Verfahren in den Großbetrieb handelt, für den sämtliche Betriebserfahrungen noch nicht restlos vorliegen. Dabei kann man bei diesen Maschinen mit einem Wirkungsgrad von durchschnittlich

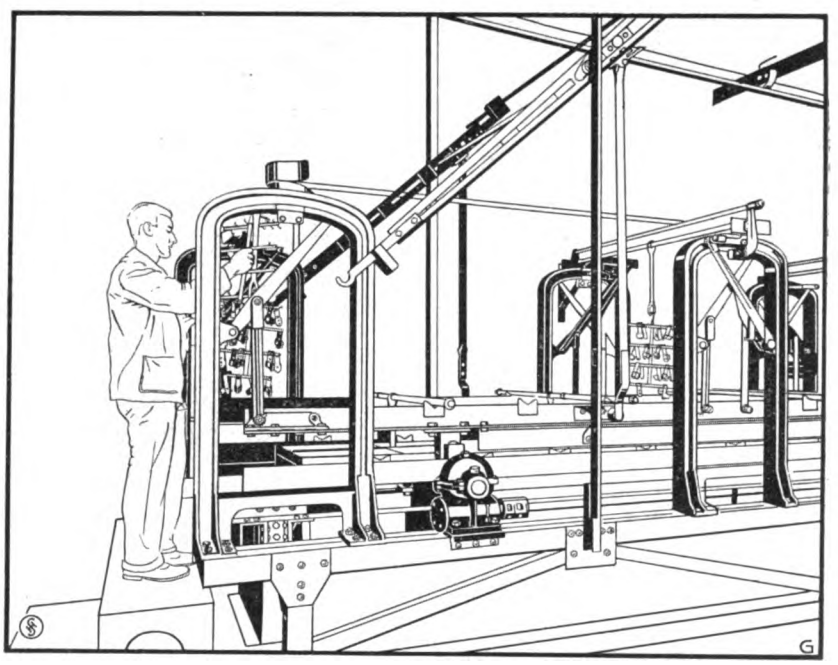


Abb. 34. Entgegengesetztes Ende der Anlage Abb. 33: Abnahmeseite der Waren.

90 % rechnen. Demgegenüber wird von den Vertretern der Einankerumformer nicht mit Unrecht der höhere Wirkungsgrad von 92,5 ... 93,5 ins Feld geführt, der bei den großen Leistungen und dem Dauerbetrieb der Elektrolysen allerdings nicht unerhebliche Ersparnisse zur Folge haben kann. Wenn man auch für größere Leistungen, etwa über 6 ... 7000 kW, auf den Motorgenerator zurückgreifen wird, ist man mit dem Einankerumformer doch immerhin für elektrolytische Zwecke auf Spannungen von 400 V bei Strömen von 17 000 A gekommen.

Digitized by Google

Die Meinungen über die Wahl von Motorgeneratoren oder Einankerumformern sind vielfach geteilt, je nachdem, ob es sich um den Elektrotechniker oder den Betriebsleiter der Anlage, der in den meisten Fällen ein Hüttenmann oder Elektrochemiker ist, handelt. In vielen Fällen spielen auch der persönliche Geschmack und die Art der Führung des elektrochemischen Betriebes eine gewisse Rolle, und es sind sich nicht nur im Inlande, sondern auch im Auslande die Vertreter der beiden Seiten nicht immer einig. So kann man beispielsweise in einem der größten elektrolytischen Betriebe der Welt, den schon mehrfach erwähnten Elektrolysen der Anaconda Copper Mining Co. zu Great Falls in Montana, in der Kupferelektrolyse (Abb. 41) Motorgeneratoren in der Zinkelektrolyse (Abb. 42) Einankerumformer sehen.

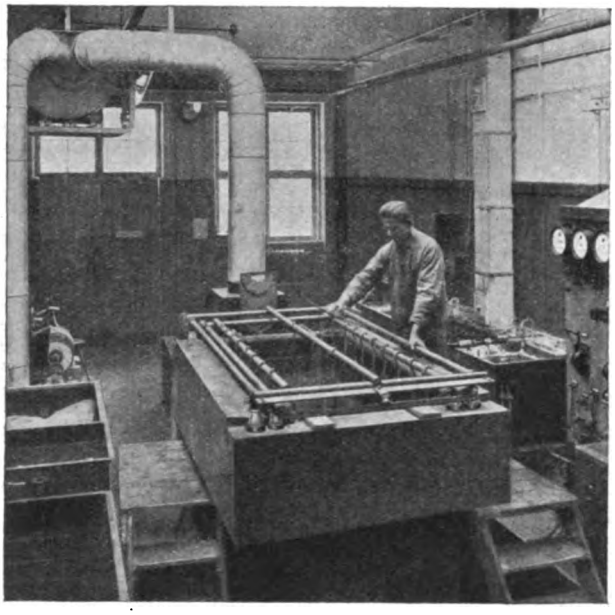


Abb. 35. Verchromungsbad der Anlage der Siemens & Halske AG. in Berlin-Siemensstadt.

Ich erinnere ferner an die in den Abb. 17 ... 21 gezeigte Tainton-Zinkelektrolyse zu Kellogg. Wie mir Herr Tainton selbst mitteilte, hatte er sich auf Grund der großen Regelbarkeit und Anpassungsmöglichkeit der Motorgeneratoren an den Betrieb für die letzteren entschlossen und eine Reihe von Wochen hindurch einen Kampf mit den Elektrotechnikern der zuständigen Werke durchzuführen, welche aus Gründen des besseren Wirkungsgrades zur Aufstellung von Einankerumformern neigten.

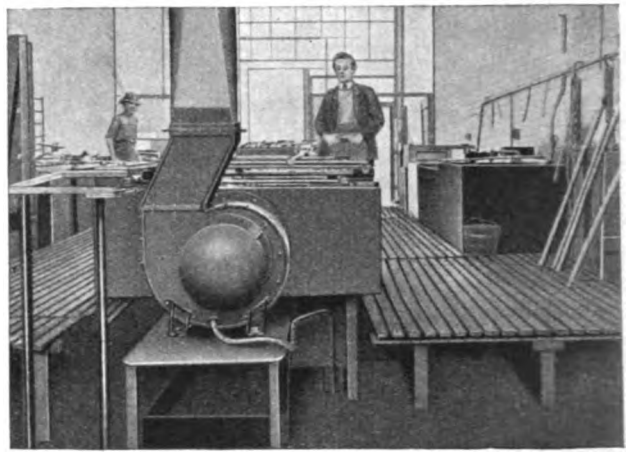


Abb. 36. Amerikanische Verchromungsanlage in San Franzisco, Kalifornien, gebaut von der Chromium Corporation of America.

In neuerer Zeit ist neben diese beiden Arten Umformer ein neuer Mitbewerber in Form der Quecksilberdampf-Gleichrichter getreten, für welche ja für gewisse Betriebe, z. B. elektr. Bahnen, schon Ausführungen vorliegen, die etwa bis zu Stromstärken von 6000 A bei einer Spannung von 800 V gehen. Da diese Frage aber, was

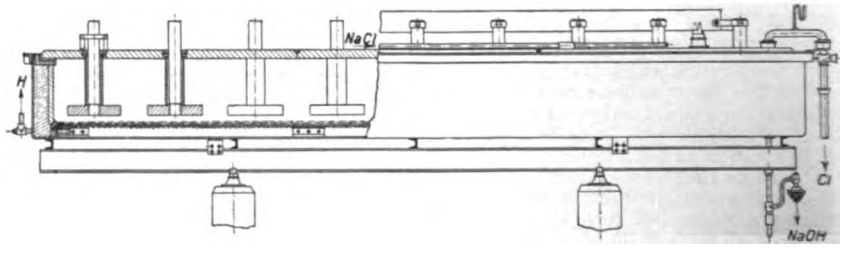


Abb. 37. Siemens-Billiter-Bad zur Erzeugung von Chlorgas und Ätznatron. Rechts Außenansicht, links Innenansicht, aufgeschnitten. Bad: flacher Eisenkasten mit innerer Zement- und Kachelauskleidung. Bad oben verschlossen mit Steinzeugdeckel, in dem runde Graphitstäbe als Träger und Stromzuführungen der unten an den Trägern sitzenden Graphitanoden ruhen. (Links vier Träger mit Elektroden sichtbar.) Abschluß des Anodenraumes unten durch ein zugleich als Kathode dienendes Drahtnetz mit darauf liegender Diaphragmenschicht. Auf dem Deckel: Zufußleitung für die Kochsalzlösung. Rechts oben: Abzugsleitung für das an den Graphitanoden entwickelte Chlorgas. Rechts unten: Abfluß der kathodisch gebildeten Ätznatron- (Na O H-) Lösung. Links unten: Abzugsrohr für das gleichzeitig an der Kathode entwickelte Wasserstoffgas.

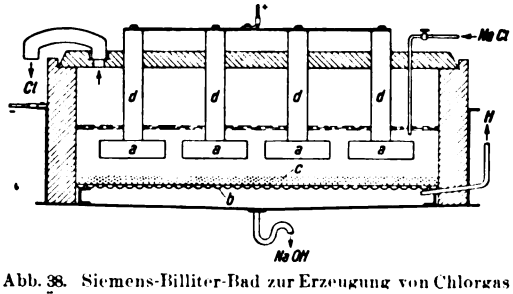


Abb. 38. Siemens-Billiter-Bad zur Erzeugung von Chlorgas und Ätznatron. Wanne, Diaphragma, Kathode, Anoden, Kochsalzzufluß. Chlor- und Wasserstoffabzug sowie Ätznatronabfluß ähnlich Abb. 37.

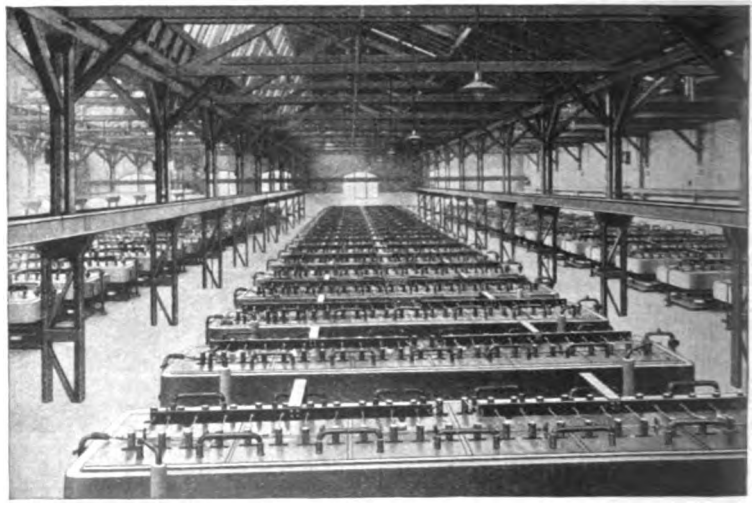


Abb. 39. Bäderhalle einer deutschen Siemens-Billiter-Anlage. Tageserzeugung 4000 kg Chlor und 4500 kg Ätznatron.

Digitized by Google

die Elektrolysen anbelangt, zum Teil noch in der Entwicklung begriffen ist, nicht in letzter Linie im Hinblick auf die Stromstärken je Einzelapparat, so möchte ich mich nur mit einem kurzen Hinweis auf diese Tatsache begnügen.

Ein weiterer Punkt, der insbesondere dem Erbauer von Anlagen wiederholt entgegentritt, ist die Frage der Konstanz der elektrischen Energie in elektrolytischen Anlagen. So wurde vielfach, zum Teil von Elektrizitätswerken, angestrebt, den Nachtstrom für die Zwecke elektrochemischer Betriebe nutzbar zu machen.

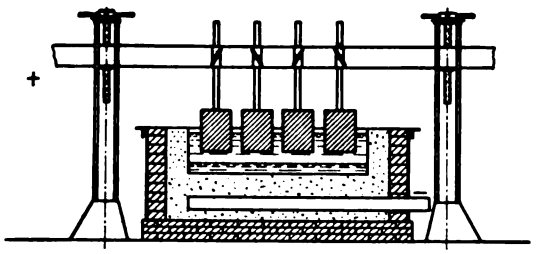


Abb. 40. Schematische Darstellung eines Aluminiumbades.

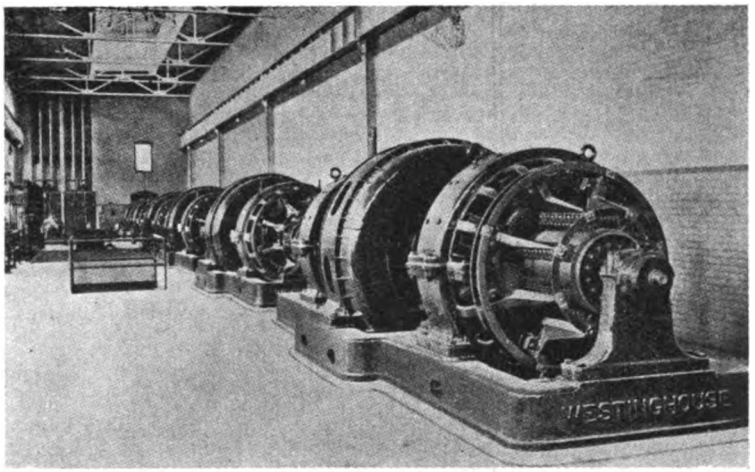


Abb. 41. Motorgeneratoren der Kupferelektrolyse der Anaconda Copper Mining Co.

Da es sich hierbei meist um größere Erzeuger elektrischer Energie handelt, für die nur elektrochemische Großbetriebe in Frage kommen, muß leider die Frage einer solchen Verwertung von Überschußenergie in fast allen Fällen abgelehnt werden. Da die Anlagekosten einer großen Elektrolyse sich immerhin auf einer beachtenswerten Höhe halten, darf man die erhöhten Amortisations- und Verzinsungsquoten, die sich aus einem intermittierenden Betrieb ergeben, nicht willkürlich steigern, wenngleich ein solcher Betrieb, wie z. B. bei den Kupferraffinerien, vom technischen Standpunkte aus an sich möglich wäre. Bei einigen anderen Betrieben, z. B. den Verfahren der Schmelzflußelektrolyse, wo die geschmolzenen Salze in den Bädern einfrieren, scheidet ein intermittierender Betrieb von vornherein aus. Es wird ein solcher intermittierender Betrieb in elektrotechnischen Anlagen im allgemeinen ja auch nur da ausgeübt, wo es sich um die Erzeugung besonders wertvoller Produkte handelt, deren Herstellung eine genaue Überwachung in der Tagschicht erfordert. Ich denke dabei an die Gewinnung der Edelmetalle und an die Gewinnung hochwertiger, teils anorganischer, teils organischer Produkte durch Elektrolyse.

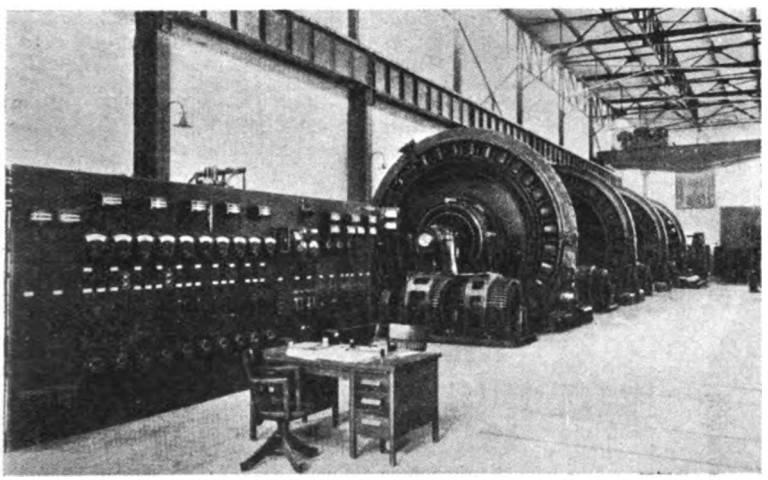


Abb. 42. Einankerumformer der Zinkelektrolyse der Anaconda Copper Mining Co.

Ein weiterer Punkt ist vielfach noch die Frage nach dem zulässigen Preis der elektrischen Energie. Die Frage liegt so, daß man diesen Preis im Hinblick auf den Wert des Verkaufsproduktes nicht willkürlich steigern kann. In diesem Sinne sind ja auch die meisten großen Elektrolysen teils unmittelbar an Wasserkräfte angegliedert, teils beziehen sie den Strom von Wasserkraftzentralen in Form von Überlandstrom oder sind auf Stromerzeugung mit Hilfe von Braunkohle, Hochofengasen u. dgl. aufgebaut. Es spielt natürlich hier die Bewertung der Rohstoffe, der Energieverbrauch, bezogen auf die Mengeneinheit des fertigen Erzeugnisses, der Verkaufswert des Endproduktes eine ausschlaggebende Rolle, so daß sich allgemein Richtlinien hierfür kaum geben lassen. Ferner wird oft die Frage erörtert, ob man die Elektrolyse am Orte der Energieerzeugung selbst, am Orte der Rohstoffe oder etwa gar an dritter Stelle aufbaut, welche geeignete Möglichkeiten für den Versand oder den Absatz des fertigen Erzeugnisses bietet. Auch diese Verhältnisse liegen für die einzelnen Erzeugnisse so mannigfach, daß ich den Punkt nur kurz erwähnen möchte.

Literatur.

Bücher allgemeinen Inhalts. — F. Foerster, Elektrochemie wässeriger Lösungen, 3. Aufl. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1922. — G. Grube, Grundzüge d. theoret. u. angewandten Elektrochemie, 2. Aufl. Verlag Th. Steinkopff, Dresden 1929. — V. Tafel, Lehrbuch d. Metallhüttenkunde, Verlag S. Hirzel, Leipzig 1927/29.

Sonderverfahren.

Kupfer: T. Ulke, Die elektrolyt. Raffination des Kupfers. Verlag W. Knapp, Halle a. S. 1904. — L. Addicks, Copper Refining. New York 1921.

Zink: O. C. Ralston u. G. Eger, Zinkelektrolyse und naßmetallurgische Zinkverfahren Verlag W. Knapp, Halle a. S. 1928. — G. Eger, Über Fortschritte auf dem Gebiete der Zinkelektrolyse unter besonderer Berücksichtigung des Taintonverfahrens. Metall u. Erz Bd. 26, S. 373 (1929).

Edelmetalle: G. Eger, Das Scheiden der Edelmetalle durch Elektrolyse. Verlag W. Knapp, Halle a. S. 1929.

Blei: A. G. Betts, Bleiraffination durch Elektrolyse. Verlag W. Knapp, Halle a. S. 1904.

Kadmium: N. F. Bugdan, Cadmium, its Properties and Uses. London 1924. — H. O. Hofmann, Metallurgy of Zinc and Cadmium. New York 1922.

Galvanotechnik: W. Pfanhauser, Galvanotechnik. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. — H. Krause, Galvanotechnik. Verlag M. Jänicke, Leipzig 1925. — F. Ullmann, Enzyklopädie der technischen Chemie, Bd. 5. 2. Aufl. Verlag Urban & Schwarzenberg, Berlin 1930.

Beryllium: Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 8, H. 2 (1929).

Chloralkali-Elektrolyse: J. Billiter, Die technische Chloralkali-Elektrolyse; Verlag W. Steinkopff, Dresden 1924. Die elektrochemischen Verfahren d. Großindustrie, Verlag W. Knapp, Halle a. S. Technische Elektrochemie, Verlag W. Knapp, Halle a. S.

Ferner noch die Bände der Sammlung: V. Engelhardt, Monographien über technische Elektrochemie, Verlag W. Knapp, Halle a. S.

Digitized by Google

Neue elektrolytische Meßbrücke mit Wechselstrom-Zeigergalvanometer als Nullinstrument.

Die Messung des Widerstandes bzw. der Leitfähigkeit von Elektrolyten erfolgt meist mit der Wheatstoneschen Brücke, an die zur Vermeidung der bei Gleichstrom auftretenden Polarisation Wechselstrom gelegt wird. An die Stelle des sonst bei Gleichstrom üblichen Galvanometers trat dann bisher das Telephon, das durch Abgleich der Brückenzweige zum Schweigen gebracht werden mußte. Das absolute Verschwinden des Tones wird jedoch nur bei ganz einwandfrei gebauten Meßbrücken erreicht und erfordert im Abgleichen und Abhören sehr viel Übung. Bei den im praktischen Betriebe meist gebräuchlichen Brücken begnügt man sich mit einem Tonminimum, das im Kopfhörer festgestellt wird. Eine Verfeinerung der Methode, die durch Verstärken des Tones und Abhören im Lautsprecher möglich ist, scheidet für den praktischen Betrieb aus, wo vielleicht 10 Meßbrücken in einem Raume bedient werden. Aber auch bei den besten Laboratoriums-Meßbrücken, bei Messungen, die in der Ruhe des Laboratoriums vorgenommen werden, schleichen sich Fehler ein, denn auch das Ohr des Geübtesten ermüdet schließlich, wenn er stundenlang solche Messungen ausführen muß. Es war daher wünschenswert, diese subjektive Meßmethode durch eine objektive zu ersetzen. Mit der Verbesserung der Meßbrücken und Widerstandsgefäße, die in den letzten Jahren vorgenommen wurde, gingen daher Bestrebungen parallel, das Telephon durch ein Zeigergalvanometer zu ersetzen. Da man auf den Wechselstrom bei Messungen an Elektrolyten nicht verzichten kann, wurde z. B. versucht, diesen in der zweiten Diagonale, in der das Meßinstrument liegt, in Gleichstrom umzuwandeln. Detektor, Gleichrichterröhre, Thermokreuz ergaben teilweise eine noch hinreichend günstige Ablesemöglichkeit. In Industrie und Laboratorien haben derartige Meßeinrichtungen trotz der ihnen anhaftenden Mängel auch Eingang gefunden; für feine Messungen sind diese Einrichtungen nur unter Verwendung hochempfindlicher Galvanometer und auch dann nur annähernd brauchbar. Bei Verwendung eines Detektors z. B. wird nur die eine Halbwelle nutzbar gemacht, während das Thermokreuz wiederum sehr hohe Verluste hat. Meßgenauigkeiten von unter 1 ‰, wie sie z. B. die Wheatstonesche Brücke bei Verwendung von Gleichstrom ermöglicht, können bei diesen Einrichtungen nicht erreicht werden.

Eine Steigerung der Empfindlichkeit wurde von der Firma Gans & Goldschmidt, Berlin N 65, erreicht, die unter Mitarbeit von Dr. Muchlinsky einen Trockengleichrichter abgestimmter Abmessungen mit eingebautem Verstärker durchbildete. Auf diese Weise wird eine Meßgenauigkeit von etwa 0,5 % erreicht, die für viele praktische Zwecke ausreichen dürfte (Abb. 1 und 2).

Abb. 1. Elektrolytmeßbrücke mit eingebautem Gleichstrom-Galvanometer.

Abb. 3. Wechselstrom-Nullgalvanometer.

Eine Steigerung der Meßgenauigkeit darüber hinaus, wie sie in Laboratorien von der Brückenschaltung manchmal verlangt wird, gelang der genannten Firma durch den Bau eines neuen Meßinstrumentes. Es ist dieses ein Wechselstrom-Zeigergalvanometer als Nullinstrument mit einer Empfindlichkeit von 10^{-7} A für einen Skalenteilstrich. Durch Verwendung dieses Instrumentes ist es möglich geworden, die Empfindlichkeit der Wheatstoneschen Wechselstrom-Meßbrücke auf die Höhe der der Gleichstrom-Meßbrücke zu bringen, die bei Verwendung des hochempfindlichen Drehspulgalvanometers System Deprez d'Arsonval noch unter 0,25 ‰ liegt. Die Verwendung dieses neuen Instrumentes (Abb. 3) bringt aber noch einige weitere Vorteile. Künstliche Wechselstromquellen, wie rotierende Unterbrecher, Summer, Induktorien, sind überflüssig geworden. Das Gerät kann ohne weitere Vorbereitung, Justieren und ähnliches an jede vorhandene Wechselstrom-Lichtleitung angeschlossen werden. Die Übersichtlichkeit der Schaltung ist also dadurch erhöht. Ein besonderer Vorteil aber ist der Berührungsschutz. In das Gehäuse des Meßinstrumentes ist ein Transformator eingebaut, der die Netzspannung erst einmal auf das erforderliche Maß herabtransformiert. Diese Niederspannung wird an die Brücke gelegt, so daß das Arbeiten mit dieser Einrichtung unbedingt ungefährlich geworden ist.

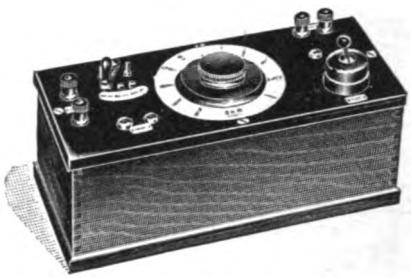


Abb. 2. Elektrolytmeßbrücke zur Benutzung mit Gleichstrom-Galvanometer.

Die Firma liefert komplette Meßbrücken mit eingebautem Wechselstrom-Galvanometer sowie auch das Meßinstrument allein zur Verwendung an schon vorhandenen Meßeinrichtungen. Hervorgehoben sei noch, daß bei Benutzung dieses Wechselstrom-Galvanometers auch alle vorhandenen Meßbrücken berührungschutzsicher sind, da der Transformator ja im Gehäuse des Instrumentes angebracht ist. Eine schon früher beschriebene Meßbrücke[1] mit dem dazugehörigen Elektrolytgefäß eignet sich in Verbindung mit diesem Wechselstrom-Galvanometer ganz besonders zur schnellen Bestimmung von Leitfähigkeitswerten an Elektrolyten bei größter Genauigkeit. Besonders wird man es in der chemischen Industrie begrüßen, daß man am Zeigerinstrument mit ausgezeichneter Genauigkeit Änderungen der Leitfähigkeit sofort, z. B. während einer Titration, feststellen kann. Das Wechselstrom-Nullgalvanometer ist infolge seiner hohen Empfindlichkeit und guten Transportfähigkeit dazu berufen, in Kabelnetzen Erdschlüsse auf Bruchteile von 1 m genau zu ermitteln.

fi

[1] ETZ 1927, S. 81.

Der Werdegang des elektrischen Lichtbogens.

Kohle hat sich bis heute als bestes Elektrodenmaterial für die Lichtbogenbildung bewährt. Wann und von wem die erste Entladung zwischen Kohlen erzeugt worden ist, ist bisher nicht einwandfrei festgestellt. B. Duschnitz[1] macht hierüber die folgenden Angaben: Der Entdecker des elektrischen Lichtbogens war Humphry Davy. Sprechen wir lediglich vom Kohlelichtbogen, so können wir mit Bestimmtheit sagen, daß Davy 1800 den Kohlelichtbogen in Gestalt eines Funkens und 1808 in 25 mm Länge erzeugte. 1810 nahm Davy erstmalig die berühmte, aus 2000 Plattenpaaren bestehende Voltabatterie in Betrieb; mit dieser erzeugte er einen mindestens 100 mm langen Lichtbogen zwischen horizontal angeordneten Kohlestäbchen, den er in seinem 1812 erschienenen Lehrbuche abbildete und genau beschrieb. Dort prägte er erstmalig den Ausdruck „Lichtbogen" mit der Umschreibung: „a most brilliant ascending arch of light". Einen Metalldampfbogen erzeugte Davy 1808 in Stickstoff zwischen Kalium und Platin mit Hilfe einer Voltabatterie, die aus 1000 Plattenpaaren bestand; die Länge dieses Bogens betrug 12 bis 31 mm. *Sb.*

[1] Phys. Z. Bd. 31, S. 232.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Hochspannungstechnik.

Funkenstreckenform und Öl-Durchschlagspannung. — L. A. Kriéger berichtet über von G. Perrin ausgeführte Versuche, die den Zusammenhang zwischen der Art der Funkenstrecke, der Durchschlagspannung und der Verunreinigung des Öles aufklären sollten. Es wurden eine Kugelfunkenstrecke der in Frankreich genormten Ausführung (12,5 mm Dmr., 5 mm Schlagweite) und die von der GEC. benutzte Plattenfunkenstrecke verwandt (25,4 mm Dmr., 6 mm Dicke, 2,54 mm Schlagweite, 0,2 mm Randabrundung). Die Spannung wurde auf der Niederspannungsseite des Transformators geregelt und an der Funkenstrecke mittels Elektrometers gemessen. Die untersuchten Öle waren z. T. neu, z. T. gebraucht (aus Transformatoren); in jedem Falle folgte der Prüfung des Öles im Anlieferungszustand eine zweite Prüfung, nachdem das betreffende Öl mit besonderer Sorgfalt getrocknet und filtriert worden war. Als Beispiel ist aus den Messungen hier Abb. 1 wiedergegeben. Die Meßpunkte sollten eigentlich einigermaßen mit der ausgezogenen theoretischen Kurve zusammenfallen; daß sie es nicht tun, liegt einmal an der bei solchen Messungen gewohnten Streuung, zweitens aber auch daran, daß verschiedene

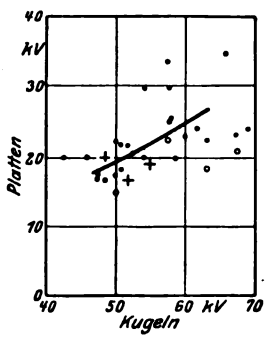
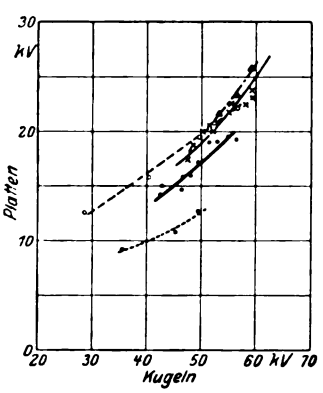


Abb. 1. Messungen an einem ungebrauchten, gereinigten und getrockneten Öl.

Öle, die z. B. mit der Kugelfunkenstrecke gleiche Durchschlagspannung ergeben, bei Messung mit der Plattenfunkenstrecke verschiedene Werte zeigen, je nach dem Grad der enthaltenen Unreinigkeit und Feuchtigkeit. Um den zweiten Grund exakter herauszuarbeiten, wurde die üb-



neue Öle, Anlieferungszustand
neue Öle, gereinigt
gebrauchte Öle, Anlieferungszustand
gebrauchte Öle, gereinigt
drei neue Öle, Anlieferungszustand

Abb. 2. Mittelwerte für verschiedene Öle.

liche Streuung ausgeschaltet, indem aus sehr zahlreichen Versuchen Mittelwerte gefunden wurden, die für jede Ölsorte und jede Funkenstrecke die Durchschlagwerte in zwei Kategorien teilten, eine über, eine unter dem Mittel liegend. Werden diese Mittelwerte wieder wie in Abb. 1 eingetragen, so erhält man nun zwei Gruppen von Kurven, die jeweils zu den Ölen im Anlieferungszustand bzw. zu den gereinigten Ölen gehören (Abb. 2). Aus alledem folgt, daß die Plattenfunkenstrecke auf Unreinigkeiten des Öles viel empfindlicher reagiert als die Kugelfunkenstrecke. Zwischen zwei Ölen, die mit der Kugelfunkenstrecke gleiche Durchschlagspannung ergeben, läßt die Plattenfunkenstrecke das Öl mit dem geringeren Feuchtigkeits- und Fasergehalt hervortreten. Die Erklärung hierfür findet der Verfasser in Anlehnung an F. W. Peek[1] in der bei beiden Funkenstrecken sehr verschiedenen Gestalt des Feldes, das bei der Plattenfunkenstrecke die Entstehung von Überbrückungen durch Verunreinigungen mehr fördert als bei der Kugelfunkenstrecke. (L. A. Kriéger, Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 2 (4. Serie), S. 232.) *nkl*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Über das stroboskopische Noniusverfahren. — Es gibt stroboskopische Methoden, die dazu dienen, rasch verlaufende periodische Bewegungsvorgänge scheinbar zu verlangsamen oder zum Stillstand zu bringen (Häufungsverfahren). Es sind ferner stroboskopische Methoden bekannt, bei denen man umgekehrt langsame Bewegungsvorgänge durch Verwendung von 2 Scheiben der Merkzeichenzahlen n und $n \pm 1$ scheinbar rascher verlaufen lassen kann (Noniusverfahren). Die erzielbare Vergrößerung ist immer gleich der Merkzeichenzahl der bewegten Scheibe. Das stroboskopische Bild wandert dabei im gleichen Sinn wie die bewegte Scheibe, wenn die bewegte Scheibe die größere Merkzeichenzahl besitzt. Eine Grenze ist der Vergrößerung dadurch gesetzt, daß die Merkzeichen endlich breit gemacht und auf dem endlichen Umfang einer Scheibe angebracht werden müssen. Die gleichzeitige Anwendung des Häufungs- und des Noniusverfahrens ermöglicht es, Verdrehungswinkel zwischen umlaufenden Körpern zum scheinbaren Stillstand zu bringen und sie gleichzeitig scheinbar zu vergrößern. In Abb. 3 ist eine solche Anordnung zur Messung des Voreilwinkels eines Synchronmotors S dargestellt. Es sind drei Scheiben zu erkennen, die mit radialen Schlitzen versehen sind. Die hinterste Scheibe sitzt auf der Welle des Synchronmotors S, die mittlere wird von dem Hilfssynchronmotor H angetrieben. Die stroboskopischen Bedingungen sind so gewählt, daß sich bei dieser Zweischeibenanordnung nach dem Häufungsverfahren die stroboskopische Bildzahl 50 ergibt. Wird eine dritte feststehende Scheibe mit 49 Schlitzen als Noniusblende vorgesetzt, so sieht man nur noch an einer bestimmten Stelle des Umfangs Schlitze. Bei Belastung des Synchronmotors S (in Abb. 3 durch eine Wirbelstrombremse) verschieben sich diese Schlitze um den 50fachen Betrag des geometrischen Voreilwinkels. Mit der Anordnung ist noch eine Voreilung von 4 meßbar. (H. E. Linckh u. R. Vieweg, Arch. El. Bd. 23, H. 1, S. 77.)

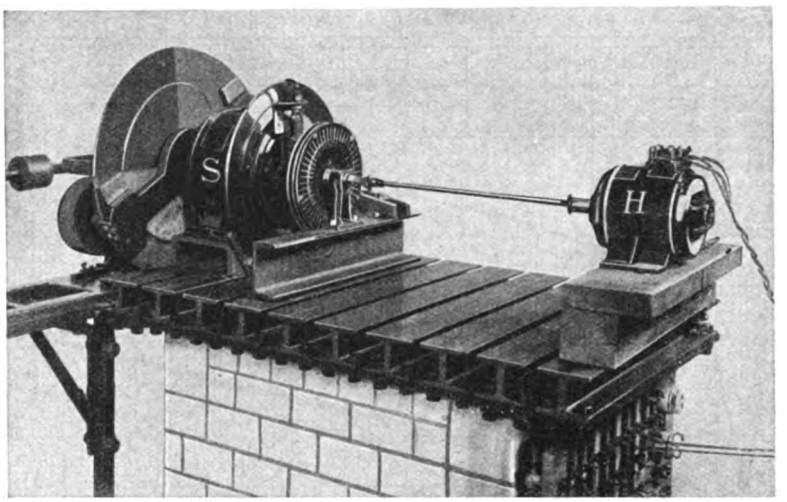


Abb. 3. Anordnung zur stroboskopischen Messung des Voreilwinkels eines Synchronmotors.

[1] F. W. Peek, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 46, S. 502 (1927).

Digitized by Google

Die Flußverdrängung und Flußverlagerung im verzweigten magnetischen Kreis und ihre Bedeutung für den Induktionszähler[1]. — A. Callsen behandelt den verzweigten magnetischen Kreis als ein Analogon des verzweigten elektrischen Kreises mit Ohmschem und induktivem Widerstand der Strombahnen. Die sich so ergebenden Grundgesetze, die man das allgemeine Ohmsche und Kirchhoffsche Gesetz des magnetischen Kreises nennen könnte, ermöglichen in symbolischer Schreibweise eine einfache rechnerische Behandlung des unverzweigten und verzweigten magnetischen Kreises mit sekundärer Belastung. Die Arbeit bringt in dieser Hinsicht eine Erweiterung des von Hopkinson aufgestellten Gesetzes. Durch die Einführung eines neuen Begriffes, des „magnetischen Belastungswiderstandes", läßt sich in einfacher Weise eine rechnerische Behandlung an beliebig belasteten magnetischen Kreisen, auch bei phasenverschobenem Belastungsstrom durchführen. Es war auf diese Weise möglich, in gedrängter Form einen allgemeinen Überblick über die Eigenarten des verzweigten magnetischen Kreises bei Störung des magnetischen Gleichgewichtes, die unter dem Grundbegriff „Flußverdrängung und Flußverlagerung" zusammengefaßt werden können, zu geben. Hierbei wird jeweils auf die Bedeutung des Kreises für den Induktionszähler, bei dem der verzweigte magnetische Kreis grundlegende Anwendung findet, hingewiesen.

Die physikalischen Eigenarten des Eisens bei der Magnetisierung werden in den „magnetischen Eisenkurven" dargestellt, bei denen alle Größen als Funktion der magnetischen Spannung/cm $= \mathfrak{K}^*$ aufgetragen sind (Abb. 4). An diesen Kurven ist besonders bemerkenswert das Maximum der magnetischen Belastungswiderstandskurve ($\mathfrak{X}^*$-Kurve). Dies besagt, daß in diesem Bereich der Flußdichte $\mathfrak{B}$ die Ummagnetisierungsarbeit im Eisen für die Einheit des Flusses am größten ist. — Die Eisenkurven geben Anlaß zur Aufstellung einer einfachen Magnetisierungsformel, einer Gleichung über die Eisenverluste V in Abhängigkeit von der Frequenz und der Flußdichte ohne Gewichtsberechnung und zur Darlegung eines Vorschlages über eine neue Definition der magnetischen Güte von Blechsorten. In diesem Zusammenhang wird auch Stellung genommen zur Magnetisierungsformel von Fröhlich, Bergtold u. Köpsel zur Steinmetz-Formel $V = c\,\mathfrak{B}^{1,6}$.

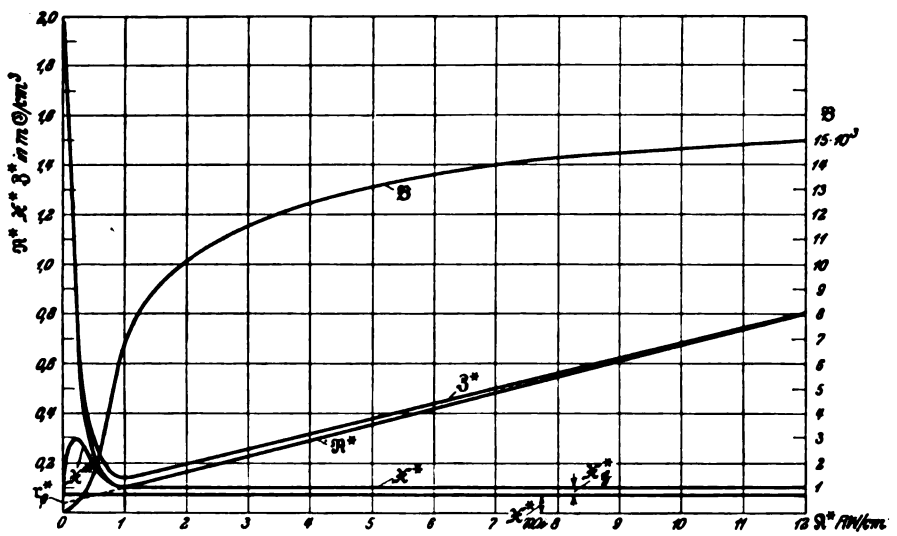


Abb. 4. Magnetische Eisenkurven für 0,5 mm-Dynamoblech, Sorte I, bis $\mathfrak{B} = 15000$; $f = 50$ Hz (nach Messung bei nahezu sinusförmiger Spannung).

Auch auf dem Gebiete der Flußverdrängung und Flußverlagerung in Massiveisen konnten neue Erkenntnisse gewonnen und durch Versuch bestätigt werden. Die von J. J. Thomson und Ewing aufgestellte Theorie über die magnetische Schirmwirkung wird erweitert durch die Berücksichtigung der Wirbelstromverdrängung, die in stärkeren massiven Flußpfaden ausschlaggebende Bedeutung besitzt. (A. Callsen, Arch. El. Bd. 23, H. 1, S. 40.)

[1] Dr.-Ing.-Dissertation, T. H. Darmstadt 1928.

Elektromaschinenbau.

Zur Berechnung der Stromwärme in Ankerleitern. — Zur Berechnung der Wechselstromwärme in Ankerstäben werden allgemein die Emde-Fieldschen Formeln angewandt. Sie bilden das Ergebnis einer Rechnung, die eine Anzahl Vereinfachungen in das Problem einführt; deshalb können die Verluste auch nicht mit vollkommener Genauigkeit bestimmt werden, doch wird ihre Größenordnung mit einer durchaus befriedigenden Annäherung getroffen. Dafür ist aber die Rechnung so übersichtlich und das Ergebnis so bequem und allgemein anwendbar, daß ein Bedürfnis nach einer genaueren und dadurch notwendigerweise verwickelteren Theorie kaum besteht. Die Emde-Fieldsche Lösung beschränkt sich jedoch auf eine Anordnung, bei der die Stäbe in Richtung der Nuttiefe geschichtet sind, während in besonderen Fällen die Stäbe auch in Richtung der Nutbreite nebeneinander liegen. Versucht man für diese Anordnung den Skineffekt zu berechnen, so läßt sich zeigen, daß durch Ausführung einer passenden Transformation die ganze Aufgabe auf den bekannten Emde-Fieldschen Fall reduziert werden kann. Dadurch ist man in der Lage, gewissermaßen ohne zu rechnen, die Erdergebnisse sofort anschreiben zu können und hat den besonderen Vorteil, daß auch für diesen speziellen Fall die alten Formeln, in geeigneter Weise angewandt, noch ausreichen. (W. Steidinger, Arch. El. Bd. 22, H. 6, S. 568.)

Bestimmung der Zusatzverluste in Drehstrom-Asynchronmotoren. — Die Zusatzverluste, unter denen die beim Einzelverlustverfahren nicht erfaßbaren Lastverluste verstanden werden, bestehen in der Zunahme der Pulsationsverluste bei Belastung gegenüber Leerlauf und äußern sich im wesentlichen in erhöhten Eisenverlusten in den Zähnen. Die Pulsationsverluste werden verursacht: 1. durch die Änderung der magnetischen Leitfähigkeit des Zahnweges beim Vorbeigang eines Läuferzahnes an einem Ständerzahn (Leitfähigkeitsoberwellen), 2. durch das Fluktuieren der Amperewindungen im Treppendiagramm (AW-Oberwellen). Der Teil 1 ist abhängig von der Magnetisierung, also von der Spannung, und tritt bei Leerlauf und Belastung in derselben Größe auf; der Teil 2 dagegen ist vom Strom J, also von der Belastung, abhängig und tritt bei Leerlauf nur entsprechend dem Leerlaufstrom J_0 auf. Die Zunahme der Pulsationsverluste durch den Teil 2 stellt die Zusatzverluste V_z dar. Die Zusatzverluste wachsen mit dem Quadrat des Stromes und mit der 1,5. Potenz der Drehzahl. Für die Änderung mit der Belastung gilt $V_z = c(J^2 - J_0^2)$. Diese Beziehung stimmt mit den experimentellen Ergebnissen von Rogowski und Vieweg[1] überein.

Zur Bestimmung der Zusatzverluste bei Asynchronmaschinen werden die bei der Synchronmaschine bekannten Methoden des Kurzschlußverfahrens und des Übererregungsverfahrens angewendet. Beim Kurzschlußverfahren wird der Asynchronmotor durch eine geeichte Hilfsmaschine mit synchroner Drehzahl angetrieben und der Läufer mit Gleichstrom erregt, der Ständer kurzgeschlossen (synchroner Kurzschluß). Dabei treten ähnliche Zahnpulsationen auf wie bei normalem asynchronem Betrieb. Die durch diese Pulsationen verursachten Verluste ergeben sich aus der mechanisch zuzuführenden Leistung nach Abzug der Reibungsverluste und der Stromwärmeverluste im Ständer. Das Verfahren läßt sich auch beim Kurzschlußankermotor anwenden; hierbei muß der Ständer mit Gleichstrom gespeist werden. Die Stromwärmeverluste im Läufer, die nicht mehr direkt aus Strom und Widerstand bestimmbar sind, können a) durch ein Extrapolationsverfahren aus Messungen bei verschiedener Drehzahl, b) durch einen asynchronen Kurzschlußversuch, c) aus den Schlupfverlusten bei Bremsung ermittelt werden. Zur Umrechnung des die Wicklung beim synchronen Kurzschluß erregenden Gleichstroms auf den äquivalenten Drehstrom werden Umrechnungsfaktoren (Speisungsfaktoren) berechnet.

Durch Auswertung von Messungen an Versuchstransformatoren, die einer Arbeit von F. Schröter[2] über

[1] Rogowski u. Vieweg, Arch. El. Bd. 14, S. 574 (1925). ETZ 1924, S. 988.

[2] F. Schröter, Arch. El. Bd. 14, S. 354 (1925).

Digitized by Google

gleichzeitige Magnetisierung bei zwei verschiedenen Frequenzen entnommen sind, wird nachgewiesen, daß die Oberwellenverluste abnehmen, wenn gleichzeitig mit niedrigerer Frequenz vormagnetisiert wird. Infolge der bei Kurzschluß und normalem Betrieb wesentlich verschiedenen Vormagnetisierung sind daher die Zusatzverluste bei Bremsung bei gleichem, wirksamem Strom und gleicher Frequenz nicht unerheblich kleiner als die Kurzschlußpulsationsverluste. Der Einfluß der grundsätzlich verschiedenen Magnetisierung bei Bremsung und bei Kurzschluß ist jedoch stets etwa in demselben Maße wirksam. Das Verhältnis der durch den synchronen Kurzschlußversuch feststellbaren Pulsationsverluste zu den wirklichen Zusatzverlusten bei Bremsung wurde an mehreren Motoren verschiedener Bauart und Größe gemessen und bei den Motoren gleicher Bauart innerhalb der Meßgenauigkeit gleich gefunden. Das Ergebnis der Messungen an 10 kleineren Motoren läßt sich folgendermaßen zusammenfassen: Werden bei Gleichstromspeisung des Läufers (Schleifringanker-Motoren) die Kurzschlußpulsationsverluste V'_k auf das Quadrat des Ständer-Kurzschlußstromes J_k bezogen, so sind nur etwa 50 % des gemessenen Wertes als Zusatzverluste einzusetzen. Es gilt die Formel: $V_z = 0{,}5\,\frac{J^2 - J_0^2}{J_k^2}\,V'_k$. Werden bei Gleichstromspeisung des Ständers (Kurzschlußanker-Motoren) die Kurzschluß-Pulsationsverluste V_k auf das Quadrat des Ständergleichstromes J_g bezogen, so gilt die Formel: $V_z = \frac{J^2 - J_0^2}{J_g^2}\,V_k$.

Beim Übererregungsverfahren, das nur bei Schleifringanker-Motoren anwendbar ist, wird der Motor mit der Ständerwicklung ans Netz gelegt und in gewöhnlicher Weise als Asynchronmotor angelassen. Wird dann der Kurzschluß zwischen den Schleifringen aufgehoben und der Läufer mit Gleichstrom erregt, so fällt der Motor in Synchronismus. Bei Übererregung des Läufers steigt die Aufnahme des Motors. Ist $V_{ü}$ die Zunahme der Eisenverluste gegenüber Normalerregung, so gilt nach den allerdings nur an einem einzigen Motor ausgeführten Messungen die Formel: $V_z = \frac{J^2 - J_0^2}{J_1^2 + J_1 J_0}\,V_{ü}$, wobei J_1 den Ständerstrom bei Übererregung bedeutet. Bei extrem niedriger Netzspannung erhält man beim Übererregungsverfahren praktisch dasselbe Ergebnis wie beim Kurzschlußverfahren. (H. E. Linckh, Arch El. Bd. 23, H. 1, S. 19.)

Beleuchtung.

Flugwegbezeichnung in Amerika. — In Amerika geht man allmählich dazu über, Wegweiser und Ortsbezeichnungen auch im Luftverkehr einzuführen. O. W. Bard beschreibt zwei Beispiele. Auf dem Dach eines Gebäudes im Zentrum von Joliet wurde ein 366 cm hoher Quader 8 cm über dem Dach angebracht mit der Bezeichnung „Joliet". Jeder Buchstabe, rd. 61 cm hoch, ist gelb gestrichen und mit 40 W-Lampen beleuchtet. Außerdem ist auf dem Quader ein Wegweiser vorgesehen, der die Nordrichtung angibt. Das Gebäude selbst ist mit Flutlicht farbig angestrahlt und mit einer Anzahl Neonröhren umgeben. Die Sichtbarkeit ist sehr gut. Ein anderer Wegweiser befindet sich auf dem Dach eines Gasbehälters in der Nähe von Chicago. Ein 45,7 m langes Zeichen gibt die Richtung nach Chicago an. Ein kleinerer Pfeil weist in die Nordrichtung. Die Beleuchtung erfolgt durch 26 200 W-Flutleuchten mit Streulinsen. Die Sichtbarkeit wird sogar bei Schnee und Nebel als gut bezeichnet. (O. W. Bard, El. World Bd. 93, S. 597.) *F. Bn.*

Fortschritte im amerikanischen Beleuchtungswesen im Jahre 1928. — Die amerikanische Kommission für Herstellung und Verwendung von Licht, ein Ausschuß des Am. Inst. of Electr. Engs., gibt in ihrem Jahresbericht eine umfangreiche Zusammenstellung der Arbeiten und der Ergebnisse, die im Jahre 1928 in Amerika auf diesem Gebiete erzielt worden sind.

Elektrische Glühlampen. — Auf dem Gebiete der Glühlampen sind Normungsbestrebungen erfolgreich durchgesetzt worden, u. zw. in bezug auf Wattstaffelung, Spannungen, Leuchtkörperform, Kolbengröße, Fassungen, Sockel, Zuführungen usw. Als normale Spannung gilt 110 V. Als Lampen für Parallelschaltung wurden genormt: 50, 60, 75 und 100 W mit innenmattiertem Kolben. Für Flugverkehrslampen sind die Typen 32 V/1500 W, 32 V/3000 W, 115 V/5000 W und 115 V/10000 W genormt worden.

Gasentladungslampen. — Für Quecksilber-Bogenlampen werden vielfach Quarzröhren wegen ihrer besseren Durchlässigkeit für ultraviolette Strahlen benutzt. An Neonröhren wurden Niederspannungslampen mit Glühkathode weiterentwickelt, dagegen werden Lampen mit elektrodenloser Entladung in Neon nur noch für Versuchszwecke hergestellt. Kohlebogenlampen finden nur noch Verwendung für therapeutische Zwecke.

Anwendung des Lichtes. — Für die Innenbeleuchtung hat sich die Anordnung der Lichtquellen in Gruppenform eingeführt. Im allgemeinen wird eine höhere durchschnittliche Beleuchtungsstärke verlangt, u. zw. 180 ... 360, oft sogar 480 ... 720 Lux. In der Ladenbeleuchtung legt man mehr und mehr Wert auf Erzielung von Raumwirkung durch geschickte Wahl und Anbringung der Lichtquellen und Leuchten. Derselbe Grundsatz ist auch für die Heimbeleuchtung richtunggebend geworden durch Ausarbeitung neuer Leuchten, Benutzung dekorativ wirkender Formen, Auswahl stimmungsvoller Farben und Schaffung künstlerischer Streuscheiben. Ein großes Anwendungsgebiet hat sich die elektrische Glühlampe in der Kinotechnik erobert. 60 % aller Kinoaufnahmelampen sind elektrische Glühlampen. Besonders für Tonfilmaufnahmen werden fast ausschließlich Glühlampen gebraucht. Die Kommission hat ferner durch enge Zusammenarbeit mit den Architekten und Ingenieuren Regeln für sachgemäße Installation ausgearbeitet.

Außenbeleuchtung. — Die Straßenbeleuchtung wird immer weiter vervollkommnet. Auch hier steigt die durchschnittliche Beleuchtungsstärke. Wichtige Normvorschriften sind in bezug auf die Beleuchtung von Verkehrsignalen ergangen. Eine neue tragbare elektrische Blinkeinrichtung zur Kenntlichmachung von Signalen an Stelle von Kerosinlaternen ist entwickelt worden. Auch auf dem Gebiete der Automobilscheinwerfer[1] sind viele Fortschritte erzielt worden. Hier mußten Lampen entwickelt werden, die die Fokusierungseinrichtungen am Scheinwerfer erübrigen. Neue Prüfvorschriften für Zweifadenlampen, für Rücklicht- und Signallampen sind eingeführt worden. Für Reklamebeleuchtung werden sowohl Gasentladungsröhren als auch Glühlampen verwandt. Zur Kentlichmachung architektonisch schöner Fassaden wird meist Flutlicht angewandt. Auch farbiges Licht erlangt immer mehr Bedeutung. Ein neues großes Anwendungsgebiet der Glühlampen ist das Gebiet der Flugverkehrsbeleuchtung[2]. Ungefähr 900 Meilen sind mit Scheinwerfern und Streckenlichtern ausgerüstet. Durch Eröffnung neuer Tunnel für Fahrzeuge wurden Lampen für Tunnelbeleuchtung entwickelt. Für die Brückenbeleuchtung gilt ganz allgemein, daß sie zwei bis dreimal so stark sein soll wie die der Zufahrtstraßen.

Die wichtigste Zusammenkunft des Jahres war die Tagung der Internationalen Beleuchtungskommission in Saranac Inn, zu der die Beleuchtungstechniker aller Staaten ihre Vertreter entsandt hatten. Die Vorträge sind zu einem Werk[3] zusammengestellt worden. (Annual Report of Committee on Production and Application of Light. J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 913.) *F. Bn.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Elektrisierungsarbeiten der ungarischen Staatsbahnen. — Staatsbaurat Ing. L. von Verebély gibt in einem Ungarn gewidmeten Sonderhefte des Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens einen Überblick über den elektrischen Bahnbetrieb in Ungarn. Der elektrische Betrieb in Ungarn befindet sich z. Z. in der Entwicklung. Während vor dem Kriege im Jahre 1911 elektrischer Betrieb mit Einphasenwechselstrom von 15 Hz und 10 kV Fahrdrahtspannung auf der Strecke Budapest—Vácz—Gödöllö (Abb. 5) eingerichtet wurde, hat die ungarische Staatsbahn nach dem Kriege Versuche mit dem Phasenumformersystem v. Kandó auf der 15,2 km langen Versuchstrecke Budapest (Westbahnhof)–Alag vorgenommen. Bei diesem System wird Drehstrom von 50 Hz einphasig der Fahrleitung zugeführt, wobei durch Verteilung der Leistung der Unterwerke auf die einzelnen Phasen für eine einigermaßen gleichmäßige Phasenbelastung des Drehstromnetzes gesorgt wird. Beim Übergang vom Versorgungsgebiet einer Phase zu dem einer anderen Phase müssen Schutzstrecken in die Fahrleitung eingebaut werden, damit ein Kurzschluß zwischen beiden Phasen über die Stromabnehmer der Lokomotive vermieden wird. Die Lokomotiven sind nun mit einem Einphasen-Synchronumformer

[1] W. T. Walsh, ETZ 1929, S. 1701.
[2] H. E. Mahan, ETZ 1930, S. 579.
[3] Recueil des Travaux et Compte Rendu des Séances. Comm. Int. de l'Eclairage, VII. Session.

Digitized by Google

ausgerüstet, der den vom Fahrdraht mit 15 kV entnommenen Einphasenstrom in Drehstrom von etwa 1000 V umformt, der den als Triebmotoren verwendeten Drehstrommotoren zugeführt wird. Die theoretischen Grundlagen des Systems und die Einzelheiten der angestellten Versuche sind durch von Verebély in der Fachgruppe mehrfach behandelt[1].

Die Vorteile des Systems werden darin erblickt, daß sich Drehstrom von Regelfrequenz bei einpoliger Ausführung der Fahrleitung verwenden läßt und daß Drehstrommotoren als Triebmotoren benutzt werden können. Der Strom kann ohne Umformung aus dem Netz der allgemeinen Landesversorgung entnommen werden. Inwieweit die gegenüber anderen Stromsystemen zweifellos einfachere Ausführung der Triebmotoren durch die Umformer, deren Stator zwecks besserer Kühlung und Isolation in einem mit Öl gefüllten mit Kühlrippen versehenen Gehäuse untergebracht und dessen Rotor mit Wasserkühlung versehen ist, wieder ausgeglichen wird, muß dahingestellt bleiben. Die in der Ausführung begriffene Elektrisierung der Strecke Budapest—Hegyeshalom (Wien) (192 km), die auf Grund der Versuchsergebnisse unter Zuhilfenahme englischen Kapitals zur Zeit durchgeführt wird, wird darüber Aufschluß geben. Die Stromversorgung ist jedenfalls sehr einfach. Nach den Erfahrungen auf der Versuchstrecke sollen Schwierigkeiten aus etwaiger ungleicher Phasenbelastung des

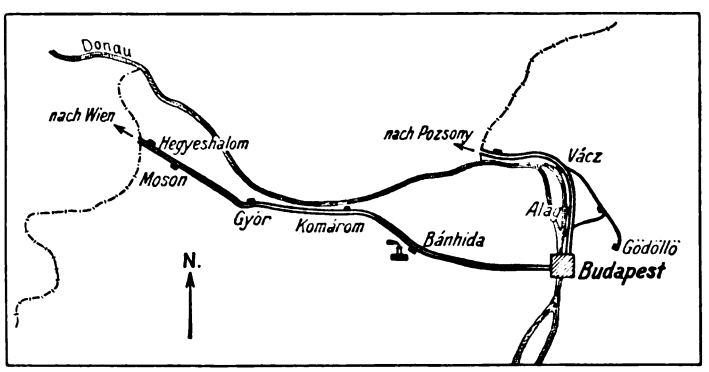


Abb. 5. Die Bahnelektrisierungen in Ungarn.

Drehstromnetzes durch den Bahnbetrieb nicht zu erwarten sein.

Die elektrische Arbeit für die Strecke Budapest—Hegyeshalom (vgl. Abb. 5) wird aus einem Dampfkraftwerk geliefert, das in Bánhida (52 km von Budapest) am Westrand des Tataer Kohlenbezirks errichtet wird, in dem Brennschiefer als Brennstoff verfeuert wird. Es erhält eine installierte Leistung von 74 500 kW und dient zum größten Teil der allgemeinen Landesversorgung. Die Fernleitungsspannung ist zu 100 kV gewählt. Zur Speisung der vier Bahnunterwerke wird die Fernleitung an vier Stellen mittels Einphasentransformatoren in der Weise angezapft, daß zwei schwerer belastete Unterwerke an je eine Phase und die beiden anderen an die dritte Phase angeschlossen sind. Das Kraftwerk sollte Ende des Jahres 1929 in Betrieb genommen werden. Der Bahnstromverbrauch wird zunächst etwa 40 Mill kWh im Jahre betragen.

Die Strecke weist einen beträchtlichen Verkehr auf. Die Jahresleistung beträgt rd. 1.5 Mrd br-tkm. von denen der größere Teil auf den Güterverkehr entfällt.

Je eine Lokomotivtype ist für Schnellzug- und Güterzugbetrieb vorgesehen.

	Schnellzugtype	Gütterzugtype
Achsfolge	1—D—1	0—F—0
höchster Achsdruck t	16	16
Reibungsgewicht t	64	90
Gesamtgewicht t	92	90
max. Gewicht a. d. Länge t/m	6.8	6.8
Triebraddurchmesser mm	1660	1250
Geschwindigkeitstufen km/h	25—50—75—100	19—37—56—75

Die Schnellzuglokomotiven sollen Züge von 600 t auf Strecken von 6,67 ‰ Steigung und Krümmungen von 400 m Hmr. mit einer Geschwindigkeit von 75 km/h und auf geraden Strecken mit 1 ‰ Steigung mit einer Geschwindigkeit von 100 hm/h befördern. Für die Güterzuglokomotiven betragen die Zuggewichte und Geschwindigkeiten 1400 t bei 37 km/h auf den Steigungstrecken und 56 km/h auf den Flachlandstrecken. Auf den Steigungsstrecken sollen außerdem Güterzüge von 800 t mit 56 km/h befördert werden können. Die elektrische Ausrüstung wird bei beiden Lokomotiven gleich sein. Interessant ist, daß die Lokomotiven nur mit einem großen Motor von rd. 2000 kW Stundenleistung ausgerüstet werden.

Die Länge der Speiseabschnitte beträgt durchschnittlich 48 km. Die Fahrleitung wird mit einfacher Isolation durch Doppelmantelstützisolatoren ausgeführt und an drehbaren Auslegern aufgehängt. Die Fahrleitungsspannung beträgt 15 kV, die Höhe des Fahrdrahts über der Schiene 6000 mm, der Querschnitt des Fahrdrahts ist zu 80 mm² gewählt.

Die Ausrüstung der Strecke ist in Angriff genommen worden. Zunächst wird der Streckenabschnitt Budapest—Komárom (106 km) ausgebaut. Man rechnet mit der Aufnahme des elektrischen Betriebes 1930. (L. von Verebély, Organ Fortschr. Eisenbahnwes. Bd. 66, S. 350.)

— *sb* —

[1] Von Verebély, Organ für Fortschritte des Eisenbahnwesens 1924, H. 9/10. ETZ 1925, S. 37. El. u. Maschinenb. Wien 1923, H. 2. El. u. Maschinenb. Wien 1925, H. 7. III. Int. Straßenbahn- u. Kleinbahnkongreß 1925.

Bergbau und Hütte.

Die Energieverluste an Lichtbogen-Elektrostahlöfen. — Die vom Stahlwerksausschuß des Vereins deutscher Eisenhüttenleute in seinem Unterausschuß für Elektrostahlöfen durchgeführten Arbeiten über die Bemessung der Transformatoren für Lichtbogen-Elektrostahlöfen haben u. a. auch einen Überblick über die Größe der Energieverluste an derartigen Öfen ergeben. Es hat sich gezeigt, daß während des Einschmelzens etwa 40 % und während des Feinens etwa 65 % der dem Transformator zugeführten Energie auf dem Wege zum Ofen und an der Außenwand des Ofens verlorengehen.

Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel, die einzelnen Verlustquellen zu erfassen und deren Verteilung zu ermitteln. Es wurden bei dieser Untersuchung nicht einzelne Schmelzen mit den genauesten Hilfsmitteln der Meßtechnik verfolgt; es ist vielmehr vorgezogen worden, eine größere Anzahl von Öfen während möglichst vieler Schmelzungen durch einfache Messungen zu untersuchen, ohne den regelmäßigen Schmelzverlust zu stören; dabei ging man der Gefahr aus dem Wege, Zufallswerte als Durchschnitt anzusehen.

Nach einer eingehenden Präzisierung der verschiedenen Energieverlustarten wird als wertvolle Zusammenfassung nachstehende Tafel (Zahlentafel 1) gebracht:

Zahlentafel 1. Verteilung der dem Netz entnommenen Energie auf die einzelnen Ausgabeposten.

Ausgabeposten	Anteil an der zugeführten elektrischen Leistung in %	
	während des Einschmelzens	während des Feinens
Nutzleistung . . . . . rd.	61	37
Kühlwasserverluste . . . . . „	4	7
Verluste des geschlossenen Ofengefäßes durch Leitung und Strahlung . . . . . „	15	29
Öffnungsstrahlung . . . . . „	7	11
abziehende Gase . . . . . „	4	7
Transformatorenverluste . . . „	3	3
Stromleitungsverluste . . . . . „	6	6

(St. Kriz, St. u. E. Bd. 48, S. 71.) *V. E.*

Fernmeldetechnik.

Das Raumladenetz-Rohr als rückgekoppelter Widerstandsverstärker. — An Formelzeichen werden benutzt:

u Spannung; i Strom; Indices: g Steuergitter, a Anode, r Raumladenetz-Rohr

S Steilheit; D Durchgriff; R_i innerer Widerstand.

Der fallende Charakter der Raumladekennlinie eines Raumladenetz-(RLN.-)Rohres ermöglicht eine phasenrichtige galvanische Rückkopplung durch Ohmschen Widerstand. Die Schaltung einer solchen als rückgekoppelter Widerstandsverstärker für kleine Wechselspannungen wirkenden Anordnung, wie sie in analoger Weise als

Digitized by Google

Gleichstromverstärker Jaeger u. Scheffers[1] angegeben haben, zeigt Abb. 6.

Für die theoretische Untersuchung dieses Verstärkers ist es zweckmäßig, sich eines Ersatzschemas für das in Anoden- und RLN.-Kreis belastete (zunächst nicht rückgekopelte!) RLN.-Rohr, das hier als linear arbeitend vorausgesetzt wird, zu bedienen. Dieses Schema zeigt Abb. 7; es folgt unmittelbar aus den Grundgleichungen des RLN.-Rohres und stellt die Verallgemeinerung der Barkhausenschen Darstelung der Eingitterröhre dar. Die darin vorkommenden Größen w_1, w_2, w_3, ξ drücken sich aus direkt meßbaren Konstanten (für den gewählten Arbeitspunkt!) des RLN.-Rohres aus. w_2, w_3 und ξ sind negativ, der in *II* fließende Wechselstrom ist $-i_r$ mithin ist, wenn $\Re_a$ und $\Re_r$ rein reell sind, die rückgekoppelte Spannung mit u_g in Phase. Arbeitet das Rohr speziell bei Sättigung: $i_a + i_r = 0$, so vereinfacht sich Abb. 2 mit $w_3 = \infty$, $w_1 + w_2 = R_i$ zu einer dem Eingitterrohrschema ganz ähnlichen Anordnung; R_r hat danach in bezug auf den Anodenkreis die Wirkung eines negativen Widerstandes[2].

An Hand des Schemas lassen sich die Verstärkungsgleichungen der Anordnung Abb. 6 in einfacher Weise ableiten[3]. Die Rechnung, der die aus Zweckmäßigkeitsgründen praktisch stets sehr nahe verwirklichte Annahme zugrunde liegt, daß der RLN.-Kreiswiderstand R_{r_0} (Abb. 6) gleich dem Grenzwiderstand $R_{r\infty}$ ist, ergibt, daß gesättigt und ungesättigt arbeitende RLN.-Rohre bei gleichen Gitter-anoden-Daten als rückgekoppelte Widerstandsverstärker verschieden zu bemessen sind, aber etwa gleiche Verstärkungen geben. Dagegen erweist sich infolge seiner weit geringeren Abhängigkeit von der Heizung das ungesättigt arbeitende Rohr als überlegen.

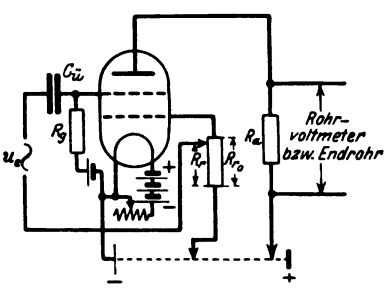


Abb. 6. RLN.-Rohr als rückgekoppelter Widerstandsverstärker.

Infolge von Gitterraumladungen weichen die Kennlinien des RLN.-Rohres stärker von der Linearität ab, als es bei Eingitterrohren im allgemeinen der Fall ist[4]. Von diesen Nichtlinearitäten hängt es ab, wie hohe Rückkopplungsgrade man stabil erreichen kann. Es läßt sich hierzu eine allgemeine Methode angeben, die gestattet, aus den statischen Kennlinien bei bestimmter Bemessung und Wahl des Arbeitspunktes zu entscheiden, ob weicher oder harter Schwingeinsatz vorliegt.

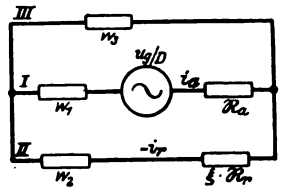


Abb. 7. Ersatzschema des RLN.-Rohres.

Die Frequenzabhängigkeit der Anordnung erweist sich als ganz ähnlich, jedoch schwächer als die des rückgekoppelten Zweirohrverstärkers[5]. Dagegen ist wegen der inneren Eigenschaften des RLN.-Rohres die Kompensation derselben hier mit einfacheren Mitteln und in viel wirksamerer Weise durchzuführen als dort; es handelt sich hier um eine „natürliche Kompensation", indem die beiden die Abhängigkeit verursachenden Elemente gleichartige Frequenzfunktionen, aber entgegengesetzten Sinn haben, also durch Abgleichung eine weitgehende Frequenzunabhängigkeit zu erzielen ist. Die numerischen Ergebnisse legen sogar die Vermutung nahe, daß die Anordnung bei geeigneter Bemessung mit gutem Wirkungsgrad als aperiodischer Hochfrequenzverstärker arbeiten kann. (H. G. Baerwald, Arch. El. Bd. 22, H. 3, S. 325.)

Trägerstrom-Telephonie für Elektrizitätswerke mit einem Seitenband. — In Ergänzung einer früheren Veröffentlichung[6] über eine EW-Telephonieanlage der Pacific Gas & Electric Co. wird von Wilkins u. Lawson die Verlängerung der rd. 325 km langen Verbindung von Pit River Power House nach Vaca Dixon auf einer 220 kV-Leitung zu der Lastverteilungsstelle in Claremont in der Nähe von San Francisco, mit weiteren 79 km auf einer 110 kV-Leitung und rd. 8 km Fernsprechkabel in ihrer jetzigen verbesserten Ausführung beschrieben. Die Kopplung an zwei Phasen der Leitungen erfolgt nicht mehr mit Paralleldrähten, sondern über Porzellankondensatoren, u. zw. bei 110 kV mit 3 Kondensatoren in Reihe und 3 parallel, bei 220 kV je mit der doppelten Zahl, deren Isolation weit über derjenigen der Leitung liegt. Die Sender sind in Gegentaktschaltung für die Hochfrequenz geschaltet, so daß die letztere wieder im Empfänger zugesetzt werden muß. Da auf der Leitung ohne Hochfrequenz und nur mit einem Seitenband gearbeitet wird, ist die Apparatur bei nur $^1/_5$ des sonstigen Energiebedarfs wesentlich kleiner und durch die niedrigere Anodenspannung vereinfacht, der Betrieb gleichmäßiger und durch Interferenz weniger störungsanfällig; die Apparatur bildet in Gabelschaltung die Grundlage für Duplexbetrieb. Von der modulierten Trägerfrequenz von 28,6 kHz des Senders wird das untere Band zwischen 25,5 und 28 kHz durch eine Siebkette und über einen zweiten Modulator und einen Kraftverstärker mit großer Durchlässigkeit zum Kopplungssieb und -kondensator auf die Leitung gegeben. Der Empfänger ist hinter dem Kopplungssieb abgezweigt und die Sendeträgerfrequenz wird ihm zur Demodulation zugeführt. Die Gitter der Modulations- und Demodulationsröhren sind im Ruhezustand durch negative Vorspannung verriegelt, die Röhrenheizung erfolgt aus einer gepufferten Batterie, während die Anodenspannung aus Hochvolt-Gleichrichtern entnommen und über Siebketten geleitet wird. Der Anruf geschieht durch eine besondere Frequenz von 1600 Hz mittels Empfangsrelais. Installiert wurde die Anlage durch die Bell Telephone Laboratories, die apparative Ausrüstung lieferte die Western Electric Co., die Kondensatoren die Ohio Brass Co. Während eines dreimonatigen Betriebes war auch bei den verschiedensten Schalthandlungen an den Abzweigleitungen nur ein geringer Einfluß zu beobachten. (R. Wilkins u. F. I. Lawson, El. World Bd. 92, S. 877.) *Stbl.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Dielektrische Flüssigkeiten bei hohen Temperaturen und hohen Spannungen. — Die Arbeit behandelt den Einfluß der Leitfähigkeit auf die Entladungsspannung von Transformatorenölen bei konstantem Reinheitsgrad. Durch Temperaturänderung kann man die Leitfähigkeit verändern, ohne die Reinheit der Flüssigkeit zu beeinflussen. Systematische Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf die Leitfähigkeit bei verschiedenen Spannungen fehlten bisher. Besonders interessant ist dieser Einfluß bei den Feldstärken, die dicht an der Entladungsspannung liegen. In diesem Zusammenhang ist auch untersucht worden, welchen Einfluß die Größen: Temperatur, Viskosität und Druck auf die Leitfähigkeit und diese alle auf die Entladungsspannung ausüben. Die Beziehung zwischen Strom I und Temperatur T kann durch die Gleichung

$$I = I_0 e^{a T} = f(U) e^{a T}$$

ausgedrückt werden.

Es wurde früher gezeigt, daß die Beziehung zwischen Strom I und Spannung U bei hohen Feldstärken (Gebiet 3) durch folgende Gleichung dargestellt werden kann:

$$I = I_0 e^{c U} = f(\delta) e^{c U}$$

(δ Elektrodenabstand). Durch Veränderung der Temperatur T (δ = konst.) wird in obiger Gleichung nur der Faktor I_0 beeinflußt, während der Koeffizient c des Exponenten konstant bleibt. Wir erhalten

$$I = I_0 e^{c U} = f(\delta, T) e^{c U}.$$

Man sieht, daß der Faktor I_0 in der Gleichung der Stromspannungscharakteristik im 3. Gebiet eine Funktion sowohl der Elektrodenentfernung als auch der Temperatur ist, dagegen ist er vom Druck zwischen 760 und 3 mm unabhängig, wie das in einer vorhergehenden Arbeit gezeigt worden ist[1]. Der Faktor c ist von diesen drei Parametern unabhängig.

Die Transformatoröle haben einen positiven Temperaturkoeffizienten der elektrischen Leitfähigkeit $\frac{d\lambda}{dT}\frac{1}{\lambda_{20}}$ ergeben. Er steigt mit der Temperatur an. Die Zunahme des Temperaturkoeffizienten ist bei hohen Temperaturen größer als bei kleinen. Die Reproduzierbarkeit der

[1] Jaeger u. Scheffers, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 4; Jaeger u. Kussmann, Phys. Z. Bd. 28, S. 645 (1927).
[2] Vgl. Schottky, Arch. El. Bd. 8, S. 1, 12 u. 299 (1919); ETZ 1920, S. 677.
[3] S. a. Baerwald, Arch. El. Bd. 22, S. 81 (1929).
[4] Schottky, wie Fußnote 2. Dantscher, Arch. El. Bd. 20, S. 333 (1928). Schierl, Arch. El. Bd. 20, S. 346 (1928).
[5] Baerwald, wie Fußnote 3.
[6] E. A. Crellin, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 42, S. 1275 (1923); Ref.: ETZ 1925, S. 1092.

[1] Nikuradse, Arch. El. Bd. 22, H. 3, S. 233 (1929) ETZ 1930, S. 617.

Digitized by Google

Stromspannungskurven kann auch bei hohen Temperaturen erreicht werden und ist dann auch bei anderen Temperaturen vorhanden. Die Versuche haben gezeigt, daß mit der Temperatur die Polaritätseffekte etwas wachsen. Es wurde beobachtet, daß infolge der Durchschläge die Polarität in Transformatorenölen umkehren kann; diese Umkehrung gilt sowohl für die Stromleitung als auch für die Entladungsspannung.

Analog wie bei Zimmertemperatur ist auch bei hoher konstanter Temperatur zu beobachten, daß mit fallender Leitfähigkeit der Durchschlagwert steigt und umgekehrt. Mit steigender Temperatur steigt aber sowohl die Leitfähigkeit als auch (bei vielen Ölsorten) die Durchschlagsspannung; diese fällt dann bei weiterer Temperatursteigerung. Daraus und aus dem Verhalten der Leitfähigkeit und der Entladungsspannung mit dem Druck sieht man nochmals, daß die Höhe der Stromstärke bzw. der spezifischen Leitfähigkeit, soweit sie das Feld nicht wesentlich verzerren, keinen Einfluß auf die Entladung hat. Damit ist nicht gesagt, daß die Elektrizitätsträger nichts mit den Entladungen zu tun haben. Vielmehr sind alle charakteristischen Erscheinungen, die man bei den Entladungen beobachtet (Polarität, Einfluß der Feuchtigkeit, des Reinheitsgrades der Flüssigkeit und der Elektroden, des Elektrodenmaterials usw.) bereits durch Stromspannungskurven vorauszusehen, aber das gilt nur, wenn dabei Temperatur und Druck konstant gehalten werden. Die Vergrößerung der Leitfähigkeit mit der Temperatur bei konstanter Feldstärke kann nicht allein durch Vergrößerung der Ionenbeweglichkeit infolge der Zähigkeitsabnahme erklärt werden, wie eine nähere Überlegung zeigt. Anderseits sind Charakteristiken aufgenommen worden, die die Vergrößerung der Ionenbildungsgeschwindigkeit angeben. Dabei ist anzunehmen, daß beide Ionenquellen (Elektroden und das Versuchsmedium) ihre Wirkung mit der Temperatur vergrößern. (A. Nikuradse, Arch. El. Bd. 22, H. 3, S. 305.)

Erzwungene Schwingungen in Elektronenröhrenkreisen[1]. — In einer Arbeit von H. Witte wird kurz über die experimentellen Ergebnisse berichtet, die bei Untersuchungen von erzwungenen Schwingungen in einem Elektronenröhren- insbesondere Zwischenkreis-Röhrensender gewonnen wurden. Dem Bericht ist eine Anzahl typischer Kurven beigefügt. Die Resultate stimmen in den wesentlichen Zügen mit von Ollendorff[2] angestellten theoretischen Überlegungen überein, was das Schwingaudion bzw. den einfachen Röhrensender betrifft. Darüber hinaus wird gezeigt, daß beim Zwischenkreis-Röhrensender, wie auch die Ziehkurven aussehen, die Verhältnisse ähnlich liegen, nur daß außerdem noch Resonanzerscheinungen auftreten, wenn die Fremderregung in Resonanz mit der nicht herrschenden Koppelschwingung kommt. Ferner wird festgestellt, daß die Fremderregung die vor ihrem Auftreten bestehenden Schwingungszustände des Zwischenkreis-Röhrensenders abändern kann, so daß diese nach dem Verschwinden der Fremderregung sich nicht wieder von selbst einstellen. (H. Witte, Arch. El. Bd. 23, H. 1, S. 84.)

Verschiedenes.

Antrieb elektrischer Generatoren durch den Fahrwind. — Die zunehmende Verwendung von Elektrizität in Luftfahrzeugen rückt die Antriebsfrage der Stromerzeuger in den Vordergrund. Der zur Zeit fast ausschließlich verwendete Windflügelantrieb[3] ist leicht und betriebsicher. Besonders Regelwindflügel (Zentrifugalregler, der Schraubensteigung verändert, wobei die Nenndrehzahl [Regeldrehzahl] einstellbar ist) von Telefunken—Seppeler zeichnen sich durch geringes Gewicht und solche Regelfähigkeit aus, daß Gleichstromgeneratoren unmittelbar ohne Verwendung eines elektrischen Reglers FT-Geräte speisen können.

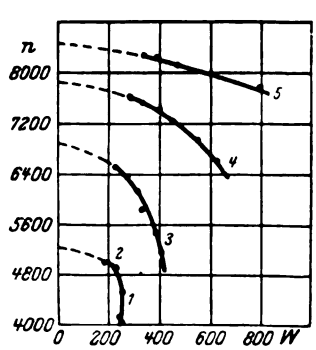


Abb. 8a. Windflügel fester Steigung. Drehzahl über Last.

Neben der Kenntnis der Kennlinien eines solchen Antriebes ist die Größe des Luftwiderstandes, den der Windflügel hervorruft, wesentlich. Es wurden deshalb von der DVL Versuche im Windkanal vorgenommen, deren Ergebnisse Kennlinien und Kennwerte gaben, welche bei Projektierung solcher Antriebe wertvoll sind (Abb. 8). Die Versuche wurden bei 28,2 *(1)*, 31,5 *(2)*, 34,8 *(3)*, 38,8 *(4)*, 42.1 *(5)* m/s Windgeschwindigkeit vorgenommen (die gezeigten Kurven sind mit den entsprechenden Indices versehen). Windflügel fester Steigung zeigen starke Drehzahlabhängigkeit von Last und Geschwindigkeit (Abb. 8a)

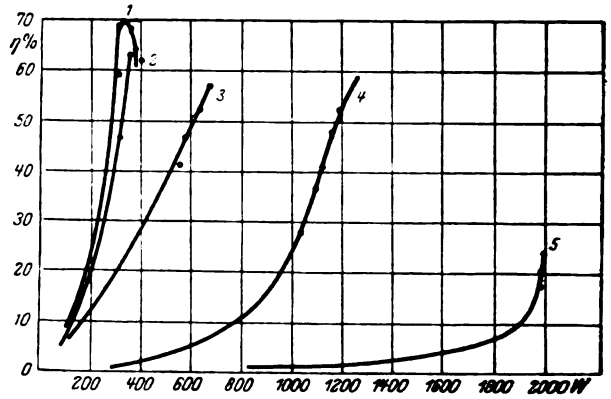


Abb. 8b. Windflügel fester Steigung. Wirkungsgrad über Last.

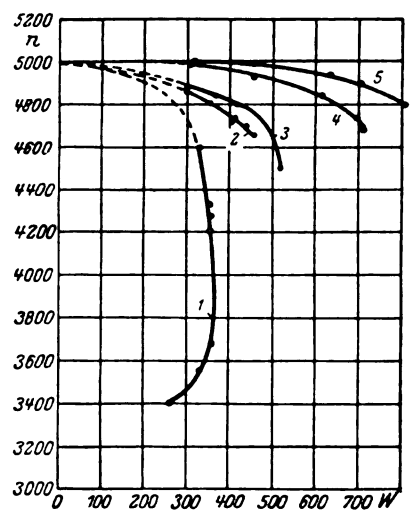


Abb. 8c. Regelwindflügel. Drehzahl über Last.

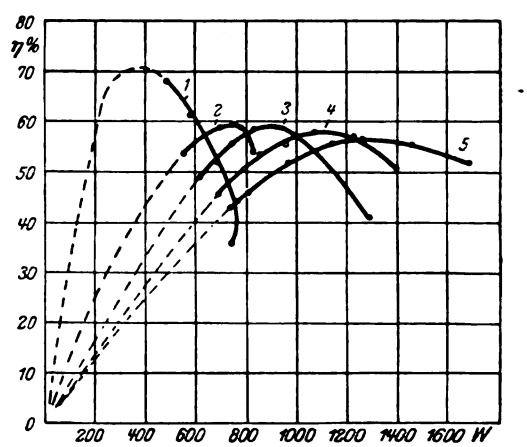


Abb. 8d. Regelwindflügel. Wirkungsgrad über Last.

Für Luftfahrzeuge mit stark wechselnder Geschwindigkeit ist ein solcher Antrieb ungeeignet, wenn nicht elektrisch durch Schnellregler Spannungskonstanz gehalten wird. Die Wirkungsgradkurve

$$\eta = \left(\frac{\text{am Generator abgegebene Leistung}}{\text{Windgeschwindigkeit} \times \text{Luftwiderstand}}\right)$$

[1] Nach einer Doktordissertation, Göttingen 1924.
[2] F. Ollendorff, Arch. El. Bd. 16, S. 280 (1926).
[3] Vgl. ETZ 1930, S. 59.

Digitized by Google

hat sehr steiles Maximum, das bei jeder Windgeschwindigkeit bei anderer Last liegt (Abb. 8b). Die Steilheit der Wirkungsgradkurve ist durch großen Luftwiderstand bei Leerlauf begründet.

Der Regelwindflügel dagegen hat geringeren Drehzahlabfall und vor allem gleichbleibende Leerlaufdrehzahlen, solange die Windgeschwindigkeit über der Minimalgeschwindigkeit des Regeleinsatzes bleibt (Abb. 8c). Die Wirkungsgradkurve ist flach, der von Kaplanturbinen ähnlich (Abb. 8d) und für größeren Windgeschwindigkeitsbereich bei gleicher Last wenig verschieden. Diese Eigenschaft macht den Regelwindflügel besonders für intermittierende Belastung wertvoll. Trotzdem bleibt der Gesamtwirkungsgrad, vom Triebwerksmotor aus gerechnet, weit hinter dem des unmittelbar angetriebenen Generators zurück. Es ist für Windflügelantrieb bestenfalls mit 18 ... 30 % zu rechnen, wobei sich der Arbeitswirkungsgrad bei der für FT-Generatoren üblichen geringen mittleren Belastung noch wesentlich verschlechtert.

Bezüglich Versuchsaufbau, -auswertung usw. sei auf die Originalarbeit verwiesen, welche eine große Anzahl von Kurven und Beiwerten enthält. (H. Brintzinger, Z. f. Luftfahrtforsch. Bd. 1, S. 153 u. Jahrb. d. Dt. Versuchsanst. f. Luftfahrt 1928, S. 263.) *Sb.*

Vereinigung von Freunden der T. H. Darmstadt. — Am 21. VI. 1930 findet die diesjährige Hauptversammlung der Vereinigung von Freunden der T. H. Darmstadt statt. Die diesjährige Hauptversammlung ist in den Dienst der Zellstoffindustrie und Papierfabrikation gestellt.

Es werden folgende Vorträge gehalten.

1. Direktor Otto Clemm von der Zellstoffabrik Waldhof in Mannheim spricht über „Die Stellung der Zellstoffindustrie in der deutschen Wirtschaft".
2. Dr.-Ing. Karl Meltzer, Sebnitz i. Sa., spricht über „Die Entwicklung der Papierfabrikation in den letzten 25 Jahren unter dem Einfluß wissenschaftlicher Forschung".
3. Prof. Luchtenberg, Darmstadt, Technische Hochschule, spricht über „Kultur und Technik".

An dieser Tagung können auch frühere Studierende der Technischen Hochschule teilnehmen, wenn sie Mitglieder der Vereinigung sind. Frühere Studierende und sonstige Interessenten, die noch nicht Mitglied sind, werden gebeten, sich wegen Auskunft und Aufnahme an Professor Dr. Rau oder Professor H. Kayser, Darmstadt, Technische Hochschule, zu wenden.

Gesellschaft zur Herausgabe der Illustrierten Technischen Wörterbücher E. V. — Bis vor vier Jahren erschienen die von Alfred Schlomann herausgegebenen Illustrierten Technischen Wörterbücher im Verlag der Oldenbourg-Verlags-AG., München. Mit Liquidation dieser Gesellschaft gingen die Verlagsrechte für die Neubearbeitungen zunächst auf den Herausgeber und sodann auf die Technische Wörterbücher-Verlag G. m. b. H., Berlin, über. Der ausschließliche Generalvertrieb für In- und Ausland liegt bei der VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin.

Da infolge der naturgemäß sehr hohen Gestehungskosten (die Kosten der reinen Druckherstellung eines Bandes schwanken zwischen 100 000 und 200 000 RM) das Werk aus den buchhändlerischen Verkäufen allein nicht durchgeführt werden kann und es sich um eine anerkannt gemeinnützige, wissenschaftliche Arbeit von unmittelbarem praktischem Wert handelt, werden die I.T.W. seit dem Jahre 1908 von den Reichs- und Länderregierungen, von den wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Vereinen und Verbänden und von zahlreichen deutschen Industriefirmen mit Geldmitteln unterstützt. Während bis 1914 die gespendeten Beträge erheblich und ausreichend waren, sind diese Beitragsleistungen seit 1919 so gering geworden, daß die Wörterbucharbeiten und die Drucklegung der bereits vollendeten Handschriften zum Stillstand gekommen sind. So liegen z. B. z. Z. die Handschriften von drei umfangreichen Fachbänden (Luftfahrt, Bergbau, Kraftmaschinen) vor, deren Bearbeitungskosten insgesamt über 500 000 RM betragen, und deren Bearbeitungsdauer etwa 10 Jahre in Anspruch nahm. Industrie, Wirtschaft, Technik, Handel und Wissenschaft warten ungeduldig auf die Veröffentlichung dieser Werke und auf die schnelle und gründliche Neubearbeitung aller früher erschienenen Fachbände, wie auch auf die Ausdehnung der Arbeiten auf bisher noch unbearbeitet gebliebene Fachgebiete.

Die neu gegründete Gesellschaft zur Herausgabe der Illustrierten Technischen Wörterbücher E. V., Berlin, will diese Schwierigkeiten und Hemmungen beseitigen. Durch die Gründung der Gesellschaft wird die Vollendung der begonnenen Wörterbucharbeiten, die Neubearbeitung und Ergänzung aller bisher erschienenen Bände, die ununterbrochene Drucklegung der fertigen Handschriften, die Unterbringung der Schriftleitung und ihrer Sammlungen und Archive in geeigneten Räumen, die Sicherung der Fortführung der Arbeiten auch bei persönlicher Behinderung des jetzigen Herausgebers, die Ausdehnung der Arbeiten auf alle Fachgebiete der Technik und der chemischen Technologie sichergestellt. Die Gründung hat die freudige Zustimmung maßgebender behördlicher Stellen, großer wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Verbände und Vereine, von Industriefirmen großen, mittleren und kleineren Umfanges sowie von Einzelpersonen gefunden, da der nunmehr eingeschlagene Weg noch eine erhebliche Senkung der Ladenpreise dieser Wörterbücher sichert zum Vorteil aller Einzelbezieher, insbesondere für Wissenschaftler, Ingenieure, Monteure, Studenten, Kaufleute, Behörden, Büchereien usw., denen die Beschaffung des Werkes jetzt so gut wie unmöglich ist.

Mitglieder der Gesellschaft können werden: natürliche und juristische Personen des privaten und öffentlichen Rechts, insbesondere Behörden, Institute, Vereine, wissenschaftliche und wirtschaftliche Gesellschaften, Industriefirmen, Schriftleiter oder Herausgeber von Zeitschriften und Einzelpersonen des In- und Auslandes. Für je 300 RM Mitgliedsbeitrag erhält jedes Mitglied der Gesellschaft von jedem neuen Band ein Freiexemplar; es kann jährlich mit der Herausgabe eines Fachbandes gerechnet werden. Das durch Mitgliedsbeiträge gebildete Vermögen der Gesellschaft wird durch ein Kuratorium verwaltet, das aus dem bestehenden Ausschuß zur Förderung der Herausgabe der Illustrierten Technischen Wörterbücher gebildet wird. Über die Verwendung der Gelder wird den Mitgliedern Bericht erstattet und Rechnung gelegt. Die Mitgliedschaft ist zum Jahresende mit einer Frist von 3 Monaten kündbar. Ausführliches Material über alle die I.T.W. betreffenden Fragen ist erhältlich bei der Geschäftstelle des VdI, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, und durch die Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68. Diese Stellen nehmen auch Beitrittserklärungen entgegen.

Kein Patentschutz für das grundlegende Turbinenpatent der Ersten Brünner Maschinenfabriks-Gesellschaft. — Wie uns mitgeteilt wird, hat die Beschwerdeinstanz des Patentamts vor kurzem nach mehrjährigem Streit die Patenterteilung für die grundlegende Turbinenpatentanmeldung der Ersten Brünner Maschinenfabriks-Gesellschaft endgültig versagt. Damit ist festgestellt worden, daß der Gedanke, für den der Schutz begehrt wurde, nämlich bei Hochdruck-Gleichdruckturbinen eine kleine Relativgeschwindigkeit des Dampfes in den Laufradkanälen zu verwenden, nicht neu und patentfähig war.

Zusammenarbeit weiblicher Ingenieure. — Kürzlich fand in Berlin zum erstenmal eine Zusammenkunft weiblicher Diplomingenieure statt, um ähnlich wie im Ausland eine Zusammenarbeit der deutschen weiblichen Ingenieure anzubahnen. Im Ausland ist die Frau als Ingenieur schon eine etwas bekanntere Erscheinung als bei uns; in England gibt es bereits seit längerer Zeit einen Klub weiblicher Ingenieure, der etwa 200 Mitglieder aus allen Fachgebieten zählt. Auch in den V. S. Amerika ist eine Anzahl Frauen als Ingenieure tätig; dort sind sie allerdings noch nicht zusammengeschlossen, sondern in den verschiedenen technischen Vereinen zerstreut. Die American Society of Mechanical Engineers zählt 12 weibliche Mitglieder; dem Verein deutscher Ingenieure gehören dagegen bis jetzt erst 3 Frauen als Mitglieder an, dem Verband Deutscher Elektrotechniker etwa 6.

Auf der obenerwähnten Zusammenkunft wurde beschlossen, als erste Zusammenarbeit den Empfang weiblicher Ingenieure aus dem Ausland auf der Weltkraftkonferenz vorzubereiten, um mit ihnen die Verbindung aufzunehmen. Ferner wurde einem Vorschlag des VdI zugestimmt, den Ausschuß „Heim und Technik" in seiner Arbeit zu unterstützen; denn die Technisierung des Heims und Haushalts ist ein Gebiet, das sich natürlich zur Betätigung für den weiblichen Ingenieur besonders eignet. Auch mit dem VDE wird eine Zusammenarbeit angestrebt, da gerade die Elektrotechnik im modernen technischen Haushalt eine Hauptrolle zu spielen berufen ist. Alle

Digitized by Google

Ingenieurinnen, die Interesse an der Zusammenarbeit haben, werden um Mitteilung gebeten. Anschrift: Dipl.-Ing. Ilse Knott-ter Meer, Berlin-Neuwestend, Murellenweg 29.
of

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Störungsschutz im Rundfunk. — Die Störungen beim Rundfunkempfang haben, besonders in den Großstädten, in einem Umfang zugenommen, daß störungsfreier Empfang beinahe schon zu den Seltenheiten gehört. Es ist daher verdienstlich, daß der Verlag Reckendorf, Berlin, bei dem u. a. „Die Sendung" erscheint, in seinen Räumen unter dem Namen „Störungsschutz im Rundfunk" vom 20. V. bis 22. VI. eine Ausstellung veranstaltet, die auch dem Laien die Ursachen der verschiedenartigen Störungen erläutert und vor allem Mittel und Wege weist, wie man den Störungen zu Leibe rücken, sie beseitigen oder in ihrer Wirkung wenigstens abschwächen kann. Die Ausstellung unterscheidet sich vorteilhaft von anderen, bei denen der Besucher häufig durch allzuviel Statistiken und Zahlen ermüdet wird. Hier kann er die Apparate und Geräte selbst in Betrieb setzen und feststellen, wie sich eine Störung bemerkbar macht und was sich dagegen tun läßt. Der Eintritt ist frei.

Energiewirtschaft.

Zwei weitere Projekte des englischen Zentralamtes[1]. — Von den zwei zuletzt veröffentlichten Projekten betrifft das eine, größere, das ausgedehnte Gebiet von Südwestengland und Südwales, das andere umfaßt nur die beiden Grafschaften Suffolk und Norfolk im äußersten Osten Englands. Mit diesen beiden Projekten ist nun ganz England gedeckt; von Schottland bleiben noch sowohl der südliche wie der nördliche Teil. Beide, besonders aber letzterer, sind nur sehr dünn bevölkert, es dürfte daher zweifelhaft sein, ob das Walten des Zentralamtes im Norden überhaupt wirtschaftlich gerechtfertigt werden kann. Für den Süden ist aber ein Projekt in der nächsten Zeit zu erwarten.

Folgende Übersicht enthält die wesentlichsten Angaben, wie sie über andere Projekte bereits in der ETZ mitgeteilt worden sind:

	Südwest-england	Ostengland
Bodenfläche in km²	44 000	9 000
Einwohnerzahl	6 100 000	790 000
Anzahl der Unternehmungen	165	18
Jahresabsatz in Mill. kWh	471 (1927)	48 (1928)
Maximalbedarf in kW	207 000 (1927)	26 000 (1928)
Künftiger Jahresabsatz geschätzt auf Mill. kWh	1 250 (1935)	163 (1937)
Künftiger Maximalbedarf geschätzt auf kW	496 000 (1935)	61 000 (1937)
Anzahl der jetzt arbeitenden Kraftwerke	107	11
Anzahl der Kraftwerke, die im Betrieb gehalten werden sollen	17	3
Neu zu erbauende Kraftwerke	2	0
Anzahl der 132 kV-Transformatorenstationen	21	3
Gesamtleistung dieser in kVA	790 000	100 000
Anzahl der Transformatorenstationen für niedrigere Spannung	11	2
Gesamtleistung dieser in kVA	165 000	10 000
Gesamtlänge der 132 kV-Leitungen in km: einfach	830	108
doppelt	160	20
Gesamtlänge der vom Zentralamt zu erbauenden Leitungen niedrigerer Spannung in km: einfach	45	0
doppelt	170	40
Durchschnittspreis der vom Zentralamt an Unternehmungen verkauften Energie in Pf/kWh: 1933/34	3,42	3,50
1936/37	3,17	3,24
Kapitalaufwand für die Oberleitungen und Transformatorenstationen einschl. Kapitalisierung der Zinsen in den ersten fünf Jahren in 1000 £	4 160	590
Aufschlag des Zentralamtes für die Kosten der Oberleitungen und Transformatorenstationen einschl. Kapitaldienst und Verwaltung in Pf/kWh	0,48	0,62

Die in den ersten fünfeinhalb Jahren von den Projekten erwartete Ersparnis wird für Südwestengland auf 1,390 Mill £ und für Ostengland auf 0,220 Mill £ geschätzt.

Im Vergleich mit vorangegangenen Projekten ist die geringe Bevölkerungsdichte in Südwestengland zu beachten; sie beträgt nur die Hälfte des Durchschnittswertes jener in den von den früheren sechs Projekten gedeckten Gebieten. Dementsprechend kommt hier die Leitungslänge, wie sie andere Gebiete erfordern, zwei- bis dreimal auf jedes Kilowatt eingebaute Generatorenleistung. Wenn eine ansehnliche Ersparnis trotz des im Vergleich zum Kapitalaufwand kleinen Umsatzes errechnet werden kann, so liegt das an der jetzigen Unwirtschaftlichkeit der großen Zahl kleiner Kraftwerke. Es sei noch erwähnt, daß sich unter den vielen Unternehmungen ein großer Teil Neuschöpfungen befindet, der mit der Stromversorgung noch nicht begonnen hat und das erst wird tun können, wenn die Leitungen des Zentralamtes fertiggestellt sind.
R. O. Kapp.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1423.

Die staatlichen Kraftwerke Schwedens im Jahr 1929[1]. — Gegenüber dem Vorjahr hat sich die Stromerzeugung um nicht weniger als 129 Mill kWh oder 8,5 % erhöht. Diese verhältnismäßig große Steigerung wird z. T. durch die Beruhigung des Arbeitsmarktes erklärt. Die umfassenden Arbeitstreitigkeiten in den Gruben, der Holz- und Papierindustrie vom Jahr 1928 hatten sich im Stromverbrauch stark ausgewirkt, so daß der Erzeugungszuwachs gegen 1927 nur 2,8 % betrug.

Die Produktionsergebnisse zeigt folgende Zahlentafel:

Kraftwerk	Erzeugung in Mill kWh 1928	Erzeugung in Mill kWh 1929	Höchste Stundenleistung in 1000 kW 1929
Trollhättan	837	872	123
Lilla Edet	135	142	24
Älvkarleby	286	282	66
Motala	47	47	9
Västerås (Dampfkraft)	5	15	30
Zentralblock	1310	1358	224
Porjus	148	211	43
Norrfors	103	121	21
Verschied. kleine Anlagen	2	2	-
Summe	1563	1692	

Die Zentrale Norrfors erreicht bei der jetzigen Ausbaustufe in Kürze die Vollast, so daß die Errichtung eines zweiten Kraftwerks bei Sillre und die Verkupplung des Netzes mit dem in Privatbesitz befindlichen Kraftwerk Hammarforsen vorbereitet werden.

Im Zentralblock stieg der Verbrauch für sog. bürgerliche Zwecke, Bahnbetrieb, Papierfabriken, Holzschleifereien, Gruben und Eisenwerke um 114 Mill kWh (14,5 %). Bei unveränderter Generatorenleistung ließ er sich nur dadurch befriedigen, daß die Stromlieferungen für elektrochemische und elektrothermische Zwecke um 66 Mill kWh (13 %) reduziert wurden. Der stetig wachsende Kraftbedarf erfordert Dampfkraft als Zuschuß auch während der Hochwasserzeiten, so daß Västerås täglich fahren mußte. Sein Anteil an der Stromlieferung war jedoch nur 1,1 %, obwohl er unter Beibehaltung der Wirtschaftlichkeit bis zu 5 % erhöht werden kann. In dieser Dampfzentrale wird demnächst als fünfte Einheit eine 50 000 kW-STAL-Turbine in Betrieb kommen; die Aufstellung eines Kessels, entsprechend etwa 25 000 kW, mit Ölfeuerung ist geplant.

Sollte die Elektrisierung der Staatsbahn Stockholm—Malmö und Nebenstrecken vom Reichstag, wie anzunehmen ist, beschlossen werden, würden sich hieraus weitere Ausbauten der staatlichen Kraftquellen ergeben. (Fransén, ERA 1930, S. 41.) *Hldn.*

Kurze Auslandsnachrichten. — Österreich. Von den verschiedenen Projekten, die Kraft der Donau nutzbar zu machen, steht z. Z. das von Ing. O. Höhn verfaßte, welches ein bewegliches Stauwehr zwischen den Ortschaften Ybbs und Persenbeug unterhalb des Greiner-Strudels vorsieht, im Vordergrund der öffentlichen Erörterung. Es soll sich um rd. 145 000 PS, 6 Turbinen und eine Jahresleistung von über 800 Mill kWh handeln. Die Anlagekosten des am rechten Flußufer geplanten Kraftwerks hat man auf 150 Mill S geschätzt. Das Projekt ist bereits durch die staatlichen Stellen geprüft und zum Konsens vorbereitet worden. Wie verlautet, interessieren sich die Österreichische Kreditanstalt, der Wiener Bankverein und die Schweizerische Gesellschaft für Elektroindustrie in Basel für die Finanzierung. Das Zustandekommen eines Vertrags mit der Gemeinde Wien als dem voraussichtlichen Hauptabnehmer hängt in erster Linie von der Höhe des Strompreises ab. Gegenüber dem Wiener Donauprojekt hat der vorliegende Plan den Nachteil des Stromtransports auf längeren Fernleitungen, anderseits ist der Bau eines Donaukraftwerks im Bereich der Stadt Wien nach fachmännischen Äußerungen verhältnismäßig viel kostspieliger und unterliegt durch die Verbindung mit der Herstellung von Hafenanlagen, Hochwasserschutz u. dgl. größeren Ausführungschwierigkeiten
Hgn.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 430.

Digitized by Google

RECHTSPFLEGE.

Zur Frage einer Kodifikation des Elektrizitätsrechtes. — Die demnächst stattfindende Weltkraftkonferenz wird sich im Rahmen der vorgesehenen Referate neben den großen technischen und wirtschaftlichen Fragen der Erzeugung, Zuleitung und Verteilung elektrischer Energie auch mit Problemen beschäftigen, die in das Gebiet des Rechts, des privaten wie des öffentlichen, fallen. Die weitschauenden Pläne hinsichtlich der Standortverteilung der Kraftwerke und der Belieferung entfernter, auch außerhalb der Landesgrenzen liegender Versorgungsgebiete werden bei ihrer Verwirklichung mit den gegebenen örtlichen Rechtsverhältnissen rechnen oder deren Anpassung und Änderung in Betracht ziehen müssen. Man wird hören, welche Vorschläge zur Lösung der Probleme, die sich insbesondere aus der Verschiedenartigkeit der geltenden Wassergesetze und der Hochspannungswegerechte ergeben, als brauchbar empfohlen werden. Bei dieser Sachlage dürfte es interessieren, den gegenwärtigen Stand der Dinge im Überblick kennenzulernen, der sich um so leichter gewinnen läßt, als zwei neuere Arbeiten vorliegen, die über das Recht der Elektrizitätswerke eingehend unterrichten. Die Arbeiten sind nicht entstanden, um als Material für die Beratungen der Weltkraftkonferenz zu dienen, sondern stellen Gutachten dar, die 1929 auf dem vierten Deutschen Juristentag erstattet wurden. Es war der Wunsch lautgeworden, die bereits bald nach Beginn einer eigentlichen Elektrizitätswirtschaft gestellte und in der Folgezeit immer wieder auftauchende Frage nach der Zweckmäßigkeit einer Kodifikation des Elektrizitätsrechts erneut, u. zw. unter dem Gesichtswinkel des derzeitigen Standes der Belange der Elektrizitätswirtschaft von Sachverständigen beantwortet zu sehen.

Die eine Arbeit, verfaßt von Dr.-Ing. G. Siegel, Berlin, und als verwaltungsrechtliches Gutachten bezeichnet, gibt zunächst eine kurze Übersicht über die geschichtliche Entwicklung der Elektrizitätsgesetzgebung im Deutschen Reich und in den hauptsächlichsten europäischen Ländern. Man entnimmt daraus, daß in fast allen Ländern, in denen um die Zeit der Jahrhundertwende der neue Wirtschaftszweig in der Entwicklung begriffen war, die öffentliche Verwaltung sich anfangs im wesentlichen auf die Regelung des Verhältnisses zwischen Schwach- und Starkstromleitungen beschränkte, ferner aus Sicherheitsgründen die Einhaltung gewisser technischer Vorschriften gesetzlich normierte oder auch durch entsprechende Bestimmungen den ungebundenen Wettbewerb zwischen den Unternehmern zu verhindern trachtete. Die Versuche, durch legislative Tätigkeit die Verhältnisse der schnell an Umfang gewinnenden Elektrizitätswirtschaft, insbesondere die Stromerzeugung und -verteilung selbst zu ordnen, zu beeinflussen und auch zu fördern, datieren erheblich später und stehen seitdem im Brennpunkt des Meinungstreites über die Zweckmäßigkeit und die Grenzen staatlicher Anteilnahme an dem wirtschaftlichen Geschehen. Siegel gibt weiter in Einzeldarstellungen ein Bild des derzeitigen Standes der Elektrizitätsgesetzgebung in England, Frankreich, Belgien, Italien, Polen, Rumänien und besonders auch in den Staaten, die in erster Linie für die Beteiligung an einer die deutsche Elektrizitätswirtschaft interessierenden internationalen Stromversorgung in Betracht kommen dürften, wie etwa die Schweiz, Österreich, die Tschechoslowakei. Die namhaft gemachten Vorschriften der neueren Zeit bezwecken teils eine Ausbreitung der Energieversorgung, z. B. durch Schaffung von Hochspannungswegegesetzen zugunsten der Werke, teils eine Bereitstellung der erforderlichen Energiequellen etwa durch zweckentsprechende Regelung des Wasser- und Staurechts; andere staatliche Maßnahmen wiederum beschränken sich auf eine mehr mittelbare Förderung: Steuererleichterungen, Hingabe staatlicher Kredite, Ausschaltung unwirtschaftlichen Wettbewerbes usw. So zeigt sich eine Vielfältigkeit in den staatlichen Maßnahmen zur Förderung der Elektrizitätswirtschaft, die ihre Ursache einmal in den örtlichen Bedürfnissen, zum anderen aber auch in der grundsätzlichen Einstellung des einzelnen Staates zur Wirtschaft haben wird, nämlich inwieweit es der Staat überhaupt als seine Aufgabe ansieht und bis zu welchem Grade er sich für befugt hält, in den Ablauf des wirtschaftlichen Geschehens einzugreifen. Alles in allem bleibt aber schließlich doch die Erkenntnis, daß trotz des Bestehens weitgehender und einschneidender Gesetze in einzelnen Ländern bisher nirgends eine umfassende und einheitliche Rechtsordnung für das Elektrizitätswesen geschaffen ist.

Es ist natürlich, daß in dem Gutachten die Verhältnisse in der deutschen Elektrizitätswirtschaft am eingehendsten behandelt sind, da die Frage zu beantworten war, ob sich eine Kodifikation des deutschen Elektrizitätsrechtes empfehle. Davon ausgehend, daß nur eine Rechtsordnung, die auf die technischen und wirtschaftlichen Grundlagen der Elektrizitätsversorgung Rücksicht nimmt, ordnend und fördernd wirken könnte, werden daher diese und daran anschließend auch die wirtschaftspolitischen und rechtlichen Grundlagen dargestellt. Die bestehenden Normen im deutschen Verwaltungsrecht hinsichtlich der gewerblichen und der verwaltungsrechtlichen Konzession werden in ihrer Anwendung auf das Elektrizitätswesen untersucht unter gleichzeitiger Rechtsvergleichung mit dem Ausland. Der Verfasser kommt schließlich zu dem Ergebnis, daß es einer systematischen und erschöpfenden Zusammenstellung aller auf das Elektrizitätswesen bezüglichen Rechtsbestimmungen ebensowenig bedürfe wie etwa einer besonderen Elektrizitätsgesetzgebung. Lediglich der Vereinfachung oder Ergänzung einiger der bestehenden Gesetze könne das Wort geredet werden, da anderenfalls die noch keineswegs zum Abschluß oder Stillstand gekommene Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft nur gehemmt würde.

Die andere Arbeit, verfaßt von Rechtsanwalt Dr. Fritz Rumpf, Berlin, und als zivilrechtliches Gutachten bezeichnet, beschäftigt sich ausschließlich mit dem in Deutschland bestehenden Elektrizitätsrecht oder, treffender ausgedrückt, mit dem Recht der Elektrizitätswerke. Es sind in ihr die Hauptrechtsfragen herausgearbeitet und beantwortet, die für ein Elektrizitätswerk in seiner Eigenschaft als „Betrieb", in seinem Verhältnis zur Öffentlichkeit und zum Abnehmer von Wichtigkeit werden können, u. zw. mit Rücksicht auf den Zweck der Untersuchung stets unter gleichzeitiger Erörterung auch der Frage, ob der gegenwärtige Rechtszustand den Belangen der Elektrizitätswirtschaft genügend Rechnung trägt. Einige Beispiele aus der Fülle des dargebotenen Stoffs: Ein spezielles Hochspannungswegegesetz gibt es bekanntlich im Deutschen Reiche nicht. Die Notwendigkeit, fremde Grundstücke benutzen zu müssen, ist deshalb zu einem besonderen Problem für die Leitungen geworden, und man muß mit vorhandenen allgemeinen Rechtsbegriffen auszukomen suchen, die durchweg die heutigen Bedürfnisse einer Elektrizitätswirtschaft nicht berücksichtigen und übrigens auch noch nicht berücksichtigen konnten. Durch elastische Anpassung dieser Rechtsbegriffe an die Sonderprobleme der Kraftversorgung hat man sich jedoch, wie Rumpf ausführt, in einer im großen und ganzen befriedigenden Weise geholfen und eine Rechtsprechung und Rechtsauffassung erreicht, welche die berechtigten Interessen der Leitungsführung anerkennt. Zu einer legislativen Tätigkeit besteht also, nach Rumpf, auf diesem Gebiet kein Grund. Das gleiche gilt seiner Auffassung nach auch hinsichtlich der Haftpflichtbestimmungen. Durch die Vorschriften des VDE, die in einigen deutschen Ländern im übrigen durch Polizeiverordnungen legalisiert worden sind, sei bereits in so weitgehender Weise die Beachtung der Regeln der Technik beim Bau und dem Betrieb elektrischer Anlagen sichergestellt, daß sich ihre Festlegung durch besondere Gesetze und Verordnungen erübrige. Die sonstigen auftauchenden Probleme, insbesondere die im Verkehr der Werke mit den Abnehmern — es sei nur auf die Frage des Kontrahierungszwanges oder der Reservestromlieferung hingewiesen —, wünscht Rumpf ebenfalls lieber durch verständnisvolles Zusammenwirken der beteiligten Wirtschaftsinteressenten als durch Schaffung neuer Rechtsnormen ihrer Lösung nähergebracht zu sehen. Sein Votum lautet demzufolge:

„Das gesamte Gebiet ist in Bewegung und zeigt nirgends abgeschlossene Verhältnisse.

Diese Entwicklung muß dem organischen Wachstum von innen heraus überlassen bleiben. Gewaltsame Eingriffe von außen her können nur schaden und hemmen.

Sonderregelungen durch Gesetze oder Verordnungen, die ihrer Natur nach auf die Schaffung dauernder Zustände abgestellt sind, sind daher in dem heutigen Stadium nach Möglichkeit zu vermeiden.

Soweit ein Eingreifen des Staates überhaupt in Frage kommt, muß es sich weniger um die Schaffung von Rechtsnormen als um eine Verwaltungstätigkeit zur Unterstützung der in der Wirtschaftsentwicklung arbeitenden Eigenkräfte handeln.

Soweit in Ausnahmefällen die Schaffung neuer Rechtsnormen unvermeidlich ist, müssen sie sich auf die Festlegung der notwendigsten Grundsätze beschränken. Sie müssen möglichst elastisch gestaltet werden. Die Anwendung im einzelnen und die Anpassung an die Erfordernisse der Praxis muß dieser überlassen bleiben."

Dr. jur. C. v. dem Busch.

Digitized by Google

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einmalige Bekanntmachung.

Ausflug mit Damen nach Finow (Mark) und nach dem Wandlitzsee; gleichzeitig Besichtigung der Hirsch, Kupfer- und Messingwerke Aktiengesellschaft in Finow (Mark).

Der Elektrotechnische Verein veranstaltet am **Freitag, dem 13. Juni 1930**, einen Ausflug mit Damen nach Finow (Mark) und nach dem Wandlitzsee unter gleichzeitiger Besichtigung der Hirsch, Kupfer- und Messingwerke AG. in Finow (Mark).

Abfahrt mittels Gesellschafts-(Post-)Autos um
13 Uhr (1.00 Uhr nachm. pünktlich) ab Leipziger Platz (Aschingerseite),
13.15 Uhr (1.15 Uhr nachm. pünktlich) ab Stettiner Vorortbahnhof,
14.45 Uhr (2.45 Uhr nachm.) Besichtigung der Hirsch, Kupfer- und Messingwerke AG.

Außer diesen Werken können von Interessenten, insbesondere von den Damen, auch die landwirtschaftlichen Betriebe der Firma, namentlich die umfangreiche Geflügelfarm (gegen 27 000 Küken) mit elektrischen Einrichtungen besichtigt werden.

Im Anschluß an die Besichtigung gemeinsame Kaffeetafel (etwa um 16.15 Uhr) in den Räumen der Firma. Um dieser die genaue Zahl der Teilnehmer angeben zu können und sicherzustellen, daß jeder Teilnehmer Kaffee und Gebäck erhält, werden auch diejenigen, die zur Fahrt nach Finow die Eisenbahn benutzen wollen, in eigenem Interesse gebeten, bis zum 10. VI. bei der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins sich zu melden.

Nach der Kaffeetafel Weiterfahrt (etwa 17.15 Uhr) mit Auto nach dem Hotel Auto-Seekrug (Inhaber Richard Voley) in Wandlitzsee (Mark), Ankunft gegen 18 Uhr. Gemeinsames Abendessen nach der Karte und Tänzchen. Bei günstigem Wetter Verweilen auf den Terrassen unmittelbar an dem idyllischen See.

Rückfahrt mittels Auto um 22 Uhr nach dem Stettiner Vorortbahnhof bzw. nach dem Leipziger Platz.

Preis der Autofahrt von Berlin zu den Hirsch, Kupfer- und Messingwerken, über Wandlitzsee zurück nach Berlin nur 4 RM. Fahrkarten sind bis spätestens 10. VI. in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, zu haben.

Nachzügler, die im eigenen Auto oder mit der Eisenbahn nach Wandlitzsee nachkommen wollen, um die Nachmittags- und Abendstunden im Kreise von Fachgenossen am lieblichen Wandlitzsee (3 Minuten vom Bahnhof) zuzubringen, sind herzlich willkommen.

Gang der Züge:

16^{02}	17^{02}	ab Bln.-Stettiner Vorortbahnhof	an:	22^{19}	0^{18} (1^{09})
17^{21}	18^{17}	an Wandlitzsee	ab:	20^{43}	22^{59}

Um zahlreiche Beteiligung und pünktliches Erscheinen wird gebeten.

Die Besichtigung der Hirsch, Kupfer- und Messingwerke an einem Sonnabend ist aus Betriebsrücksichten nicht angängig.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Gesellschaft zur Herausgabe der Illustrierten Technischen Wörterbücher.

Wir machen darauf aufmerksam, daß soeben eine „Gesellschaft zur Herausgabe der Illustrierten Technischen Wörterbücher" gegründet worden ist, welche die volle Unterstützung des VDE hat.

Wir verweisen auf den, in diesem Heft auf Seite 823 erschienenen Gründungsbericht und empfehlen den Beitritt zu dieser Gesellschaft.

Nähere Angaben sowie Beitrittserklärungen sind bei unserer Geschäftstelle, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, erhältlich.

Bekanntmachungen.

Kommission für Isolierstoffe.

Der Schlußentwurf der „Leitsätze für die Lieferung und Prüfung von Rollenpreßspan" ist nunmehr fertiggestellt.

Als Entwurf dient der in der ETZ angekündigte Entwurf 1, jedoch ist in den §§ 7—13 das Wort „Versuche" durch das Wort „Prüfungen" ersetzt worden.

Der Schlußentwurf soll in dieser Fassung dem von der Jahresversammlung 1929 für 1930 eingesetzten Ausschuß zur Annahme vorgelegt werden.

Die im Heft 19, S. 692, angekündigte Einspruchsfrist für die Entwürfe der Leitsätze Hartpapierplatten und -rohre wird bis zum 12. Juni 1930 verlängert. Vordrucke der Entwürfe können von der Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, bezogen werden. Einsprüche sind in doppelter Ausfertigung an die genannte Stelle zu richten.

Kommission für Hochspannungsschaltgeräte.

Wir machen darauf aufmerksam, daß die Kommission für Hochspannungsschaltgeräte in dem endgültigen Wortlaut der „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten für Schaltanlagen, R.E.H./1929" (siehe Vorschriftenbuch, 17. Auflage, S. 788 bis 844, Sonderdruck VDE 434) gegenüber dem in der ETZ 1927, S. 816 und 853 veröffentlichten Entwurf III der R.E.H./1928 folgende textliche Änderung in § 27 vorgenommen hat.

In dem Entwurf III (ETZ 1927, S. 818) hieß es:

„Der Ausschaltstrom ist der Effektivwert des Stromes, der zu Beginn der Trennung der Schaltstücke im Schaltgerät fließt (größte Halbwelle)."

Die Fassung der R.E.H./1929 (siehe Vorschriftenbuch S. 797) lautet:

„Der Ausschaltstrom ist der Effektivwert des Wechselstromes, der zu Beginn der Trennung der Schaltstücke im Schaltgerät fließt."

Es wird also beim Ausschaltstrom in der neuen Fassung das Gleichstromglied vernachlässigt und nur Wechselstromanteil berücksichtigt.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Bericht über die Tätigkeit des Verbandes seit der letzten Jahresversammlung in Aachen. 1929/30

Die allgemein schlechte Wirtschaftslage in Deutschland hat in der Berichtzeit leider auch die deutsche elektrotechnische Industrie stark in Mitleidenschaft gezogen, deren Besserung noch nicht abzusehen ist. Auch in der Elektrowirtschaft hat sich die bisherige fortschrittliche Entwicklung im Stromabsatz nicht in dem angestrebten Umfange verwirklicht.

Die Tätigkeit des Verbandes, der in der letzten Jahresversammlung wichtige Arbeiten verabschieden konnte, ist in der Berichtzeit gegenüber dem Vorjahre etwas ruhiger verlaufen, und infolgedessen ist die Zahl der in diesem Jahre abzuschließenden Arbeiten eine geringere. Nicht weniger herzlich als in den Vorjahren ist unser Dank auch an dieser Stelle allen Mitarbeitern in den einzelnen

Digitized by Google

Kommissionen und Ausschüssen für ihre wertvolle und opferwillige Unterstützung auszusprechen.

Um so umfangreicher waren die innerhalb der Geschäftsführung erforderlichen Arbeiten, die ihr durch die neuen Aufgaben der „ETZ-Verlag, G. m. b. H.", sowie durch die inzwischen notwendig gewordene Einrichtung und Durchführung einer eigenen Verlags-Abteilung, ferner durch die umfangreichen Vorarbeiten für das Neubau-Projekt eines zeitgemäßen Verwaltungsgebäudes für den VDE erwuchsen.

Die „ETZ-Verlag, G. m. b. H." hatte sich eingehend mit einer durchgreifenden und laufenden Überwachung der Auswirkung des ETZ-Vertrages zu beschäftigen, dann mit der Kosten-Kalkulation des „Archivs", um den für letzteres seitens der ETZ-Besitzer zu tragenden Verlust auf ein erträgliches Maß zurückzuführen.

Die Verlagsabteilung konnte zum erstenmal die Herausgabe der neuesten 17. Auflage des „Vorschriftenbuches" durchführen und durch ausgedehnte Werbung in der Fach- und Tagespresse für Verbreitung in den interessierten Kreisen sorgen. Der damit erzielte Erfolg kann als durchaus befriedigend bezeichnet werden. Auch der Umfang des Absatzes unserer Sonderdrucke ist dank unserer umfangreichen Werbearbeit gestiegen.

Das Projekt des Neubaues unseres Verwaltungsgebäudes konnte in seinen Einzelheiten durchgearbeitet und dem zuständigen Ausschusse zur Entscheidung vorgelegt werden mit dem Ergebnis einstimmiger Annahme des Projektes und der erforderlichen Bausumme. Mit den Bauarbeiten konnte bereits im Mai nach Eingang der baubehördlichen Genehmigung begonnen werden.

In der Berichtzeit haben verschiedene Beratungen des vom VDE-Ausschuß besonders gebildeten kleinen „Satzungs-Ausschusses", in denen grundsätzliche Änderungen eingehend besprochen wurden, stattgefunden.

In dem kleinen Ausschuß, den der VDE-Ausschuß in Aachen mit dem Zwecke bildete, eine Verständigung zwischen dem VDE und EV (Berlin) über Vermögens- und Reingewinnanteil an der ETZ herbeizuführen, ergab sich die Zweckmäßigkeit, beide vorgenannten kleinen Ausschüsse zu vereinigen, um eine Übereinstimmung zwischen VDE und EV (Berlin) zu finden. Zur Zeit stehen Vorschläge für die Weiterführung der Verhandlungen zur Beratung, die einen allseitig befriedigenden Erfolg erhoffen lassen.

Die Prüfstelle des VDE hatte, wie auch in den Vorjahren, eine große Zahl von Zeichenprüfungen durchzuführen. Es nahm besonders die Zahl der Prüfanträge für Rundfunkgeräte gegen früher ganz erheblich zu. Nach dem Inkrafttreten der neuen „Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanlagen (-netzen) in Verbindung stehen" am 1. Juli 1929 wurde auch die Prüfung von Wechselstrom-Netzanschlußempfängern und Schallgeräten (Lautsprecher, Kopfhörer, elektr. Schalldosen) aufgenommen, während vorher nur Netzanschlußgeräte und Gleichstrom-Netzanschlußempfänger zur Untersuchung angenommen wurden.

In das Arbeitsgebiet der Prüfstelle wurde im Berichtsjahre weiter die Prüfung plombierbarer Hauptleitungsabzweigkästen und seit dem 1. April 1930 auch die von Hochfrequenz-Heilgeräten aufgenommen. Bevor die VDE-Prüfstelle mit der Prüfung der Hochfrequenz-Heilgeräte begann, waren umfangreiche Vorarbeiten erforderlich, die von der VDE-Unterkommission für Hochfrequenz-Heilgeräte in Zusammenarbeit mit der Prüfstelle erledigt wurden. Zur Untersuchung der Stärke der Störungen dieser Geräte auf den Rundfunkempfang wurde von der VDE-Prüfstelle eine besondere Prüfstation eingerichtet.

Die Zahl der in der Zeit vom 1. April 1929 bis 1. April 1930 insgesamt durchgeführten Zeichenprüfungen beläuft sich auf 2374, davon führten 1501 zur Erteilung der Prüfzeichengenehmigung.

Der Überprüfung der mit dem VDE-Zeichen versehenen Apparate wurde besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Es wurden in der Zeit vom 1. April 1929 bis 1. April 1930 1032 Kontrollprüfungen durchgeführt, bei denen mehrfach Beanstandungen zu machen waren. Auf Grund des Ergebnisses dieser Kontrollprüfungen mußte den in Frage kommenden Firmen in einer Reihe von Fällen Vertragstrafen auferlegt und mehrfach die Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens entzogen werden.

Die zwischen dem „Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie" und der VDE-Prüfstelle getroffene Vereinbarung über die Beteiligung an den Kosten der Marktkontrolle der Isolierrohrfabriken wurde um 1 Jahr verlängert.

Die Kontrolle der Hersteller isolierter Leitungen erfolgte in gleichem Umfange wie in den Vorjahren.

Da nach der Satzung der Prüfstelle die seinerzeit erteilten Genehmigungen zur Herstellung von Erzeugnissen mit dem alten VDE-Zeichen spätestens am 30. Juni 1930 ihre Gültigkeit verlieren, so ging bei der VDE-Prüfstelle in der Berichtzeit eine erhebliche Zahl von Anträgen ein, in denen um Umschreibung der Genehmigungen auf das neue VDE-Zeichen gebeten wurde. Diese Umschreibung mußte in den meisten Fällen von einer Nachprüfung der in Frage kommenden Erzeugnisse auf Grund der zur Zeit geltenden VDE-Bestimmungen abhängig gemacht werden. Außerdem waren von den Antragstellern die in der Satzung der Prüfstelle festgelegten Bedingungen zu erfüllen, deren Erfüllung seinerzeit bei Erteilung der Genehmigung zur Führung des alten Zeichens noch nicht verlangt werden konnte.

Auch im Berichtsjahre mußte die VDE-Prüfstelle gegen eine Anzahl von Firmen wegen der unberechtigten Benutzung des VDE-Zeichens vorgehen. In leichteren Fällen wurden Verwarnungen ausgesprochen; doch machte sich verschiedentlich ein gerichtliches Vorgehen notwendig. Es wurden mehrere einstweilige Verfügungen erwirkt bzw. wurde eine weitere zivilrechtliche Verfolgung der Fälle eingeleitet. In mehreren Fällen wurde strafrechtliche Verfolgung der in Frage kommenden Firmen beantragt. Soweit endgültige Urteile vorliegen, erfolgte Veröffentlichung in der ETZ.

Die Prüfstelle hat nach dem Stande vom 1. Januar 1930 wiederum eine Zusammenstellung aller von ihr ausgesprochenen Genehmigungen zur Führung des VDE-Zeichens sowie zur Benutzung des Verbandskennfadens herausgegeben. Zu dieser Zusammenstellung ist auch ein Nachtrag nach dem Stande vom 1. April 1930 erschienen.

Die Tätigkeit des Verbandes findet ihren Ausdruck in der Zahl der abgehaltenen Sitzungen. Der Vorstand tagte sechsmal, der Ausschuß dreimal, die Kommissionen und Ausschüsse in 166 Sitzungen, von denen einige in Frankfurt a. M., Hamburg, Hannover und München abgehalten wurden.

Durch Bemühungen der Herren Generaldirektor Dr. Köttgen und Direktor Prof. Dr. Petersen war es möglich, dem Verbande für die Leipziger Messe das Eigentum eines würdigen Ausstellungstandes im Hause der Elektrotechnik in Leipzig zu verschaffen. Beiden Herren gebührt der besondere Dank des Verbandes.

An den Vorbereitungen der in Berlin im Juni stattfindenden „Zweiten Weltkraftkonferenz" beteiligte sich der Verband durch seine Mitarbeit innerhalb der Fachgruppe „Elektrizität", in der namhafte VDE-Mitglieder Generalberichte sowie Einzelberichte übernahmen.

In besonderem Umfange mußten seitens der Geschäftstelle, die die Federführung des „Deutschen Kommittees" der „Internationalen Elektrotechnischen Kommission" (IEC) hat, Vorarbeiten für die im Anschluß an die „Zweite Weltkraftkonferenz" nach Skandinavien einberufene Tagung der IEC übernommen werden. — Im November fanden unter großer Beteiligung von uns vorbereitete Sondersitzungen der IEC in Berlin statt über die Fachgebiete: Aluminium und Zähler, ferner eine Vorstandsitzung der IEC.

Die Zusammenarbeit mit den verschiedensten Reichs- und Staatsbehörden, der Reichsbahn sowie den öffentlichen technischen Instituten hat sich erfolgreich ausgewirkt, da uns von dieser Seite vielfach dankenswerte Anregungen und Anträge zuflossen.

Die technisch-wissenschaftliche Tätigkeit der zum Verband gehörenden Vereine und Gesellschaften hat sich weiter günstig entwickelt. Außer dem umfangreichen Vortragsprogramm und den Vortragsreihen des EV (Berlin) veranstalteten mehrere Vereine mit großem Erfolge technisch-wissenschaftliche Fortbildungs-Lehrgänge aus dem Gesamtgebiet der Elektrotechnik sowie dem Arbeitsgebiet des VDE, mit besonderer Berücksichtigung der grundlegenden neuen Errichtungsvorschriften und der wichtigen Frage der Erdung, Nullung und Schutzschaltung.

Die „Elektrotechnische Gesellschaft Hannover" veranstaltete am 14. September 1929 eine eindrucksvolle Heinrich Göbel-Feier, bei der am Geburtshause Göbels in Springe eine vom VDE und von der ETG-Hannover gestiftete Gedenktafel des Erfinders der Glühlampe enthüllt wurde.

Am 12./13. Oktober 1929 beging der „EV-Mannheim-Ludwigshafen" sein 30jähriges Bestehen, am 7. Dezember 1929 der „EV-Hamburg" sein 25jähriges, am 14. Dezember 1929 die „ETG-Magdeburg" ihr 30jähriges und am 8./9. März 1930 der „EV-Breslau" sein 25jähriges Bestehen. Am 24./27. Januar 1930 konnte der älteste EV. der „Elek-

Digitized by Google

trotechnische Verein", in Berlin unter Teilnahme fast aller zum VDE gehörenden Elektrotechnischen Vereine und Gesellschaften, vieler Behörden und Auslandsvertreter durch eindrucksvolle Veranstaltungen sein 50jähriges Bestehen feiern. Der Verband stiftete dem EV (Berlin) eine Bronzebüste Werner von Siemens.

Der Verband förderte eine Reihe von technisch-wissenschaftlichen Instituten und Veranstaltungen durch Geldmittel. Hierzu gehören das „Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik an der Technischen Hochschule Hannover", die „Siemens-Ring-Stiftung", die „Elektrotechnische Lehranstalt des Physikalischen Vereins Frankfurt a. M.", die Vermittlungsstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellennachweis u. a. Ferner stiftete der Verband 3 Reisestipendien für das „Deutsche Museum" in München, dem er außerdem für den Ehrenraum der Abteilung „Elektrotechnik" eine Bronzebüste von Werner von Siemens schenkte.

Der VDE beteiligte sich an der Gründung der „Gesellschaft zur Herausgabe der Illustrierten Technischen Wörterbücher" (Schlomann), die zur Erhaltung des ITW-Unternehmens erforderlich wurde, da die Weiterführung der ITW sonst gefährdet ist. In dieser Gründung ist die letzte Möglichkeit zu erblicken, die Arbeiten, die für Deutschland eine Kulturtat ersten Ranges sind, und die deshalb der deutschen technischen Wissenschaft unbedingt erhalten bleiben müssen, weiter fortzuführen. Der Mitgliedsbeitrag beträgt 300,— RM, für den jedes Mitglied der Gesellschaft ein Exemplar der ITW erhält. Es kann jährlich mit der Herausgabe eines Fachbandes gerechnet werden. Beitrittserklärungen sind an obige Gesellschaft, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, zu richten.

Am Ende der Berichtzeit hatte der Normenausschuß insgesamt 335 Din VDE-Normblätter herausgegeben, davon in der Berichtzeit 113, während 51 neue Din VDE-Normblattentwürfe veröffentlicht wurden.

Das von uns unterstützte „Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik an der Technischen Hochschule Hannover" unter Prof. Dr. Dettmar konnte als zweite Mitteilung eine Arbeit: „Wärmeverluste der elektrischen Heißwasserspeicher" veröffentlichen.

Die gemeinsam mit dem VdI von uns herausgegebene „Technische Zeitschriftenschau", deren elektrotechnischen Teil Prof. Dr. Strecker leitet, hat sich weiter günstig entwickelt; das gleiche gilt für die ab 1. Januar 1929 im Eigentum der Vereine (VDE und EV) befindliche „Elektrotechnische Zeitschrift", die Sonderhefte gelegentlich der Jahresversammlung in Aachen, des 50jährigen Jubiläums des EV (Berlin), der Frühjahrsmesse und der Weltkraftkonferenz herausgab.

Über die Tätigkeit der einzelnen Kommissionen und Ausschüsse berichtet nachstehende Zusammenstellung, der eine weitere Aufstellung der vorzulegenden Verbandsarbeiten angeschlossen ist. Diese Arbeiten gelangen in der diesjährigen Ausschußsitzung, die mit den Vollmachten einer Jahresversammlung auf Grund des letztjährigen Beschlusses der Jahresversammlung ausgestattet ist, wie üblich, zur Auslage.

Kommission für Errichtungsvorschriften I.

Diese als Teilkommission aus der früheren Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften gebildete Arbeitsgruppe hat in Ausführung des Beschlusses der Jahresversammlung 1929 (siehe ETZ 1929, S. 1134) die zu den

„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1./1930"

bis zu der Jahresversammlung 1929 noch eingegangenen Anträge bearbeitet und das Ergebnis dieser Beratungen, soweit es sich um Abänderungen des in der Jahresversammlung 1929 vorgelegten Wortlautes der Vorschriften gehandelt hat, dem Vorstande zur Genehmigung und Inkraftsetzung der genannten Vorschriften mit dem 1. Januar 1930 zugeleitet.

Der Vorstand hat die V.E.S. 1 mit dem 1. Januar 1930 in Kraft gesetzt.

Bei der Kommission ist zur Erledigung der laufenden Arbeiten ein Arbeitsausschuß eingesetzt.

Kommission für Errichtungsvorschriften II.

Diese als Teilkommission aus der früheren Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften gebildete Arbeitsgruppe hat in Ausführung des Beschlusses der Jahresversammlung 1929 (siehe ETZ 1929, S. 1134) die zu den

„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber V.E.S. 2./1930"

bis zu der Jahresversammlung 1929 noch eingegangenen Anträge bearbeitet und das Ergebnis dieser Beratungen, soweit es sich um Abänderungen des in der Jahresversammlung 1929 vorgelegten Wortlautes der Vorschriften gehandelt hat, dem Vorstande zur Genehmigung und Inkraftsetzung der genannten Vorschriften mit dem 1. Januar 1930 zugeleitet.

Der Vorstand hat die V.E.S. 2. mit dem 1. Januar 1930 in Kraft gesetzt.

Auch bei dieser Kommission ist zur Erledigung der laufenden Arbeiten ein Arbeitsausschuß gebildet worden.

Kommission für Betriebsvorschriften.

Durch die Teilung der Errichtungsvorschriften in solche für Anlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V und solche für Anlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber war auch eine Abscheidung der Betriebsvorschriften aus den bisherigen Errichtungs- und Betriebsvorschriften erforderlich geworden.

Hierdurch war weiter bedingt, das bisherige Komitee für Betriebsvorschriften in eine Kommission umzuwandeln, die als wichtigste Aufgabe zunächst die Neubearbeitung der gegenüber der Fassung vom 1. Juli 1924 nur mit geringfügigen Änderungen ab 1. Juli 1929 geltenden

„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V.B.S./1929"

durchzuführen hat. Beabsichtigt ist, die Neufassung der V.B.S. noch im Jahre 1930 als Entwurf für die Öffentlichkeit bekanntzugeben und die endgültige Neufassung dann der Jahresversammlung 1931 zur Beschlußfassung vorzulegen.

Außerdem hat diese Kommission von der früheren Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften die Bearbeitung der Brandbekämpfung übernommen. Die ab 1. Januar 1926 geltenden

„Leitsätze für die Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und in deren Nähe"

sind zur Zeit ebenfalls einer teilweisen Neubearbeitung unterzogen; auch das Ergebnis dieser Neubearbeitung, das als Entwurf inzwischen der Allgemeinheit zur Stellungnahme bekanntgegeben wurde, soll durch die Jahresversammlung 1931 verabschiedet werden.

Bergwerkskomitee.

Das nach Teilung der alten Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften in unveränderter Form beibehaltene Bergwerkskomitee hat seit der Jahresversammlung 1929 keine Sitzung abgehalten.

Als demnächst aufzunehmende Arbeiten sind Änderungen der „Leitsätze für Bagger mit zugehörenden Bahnanlagen im Tagebau" sowie der Bestimmungen für Schachtsignalanlagen (§ 40 der V.E.S. 1.) vorgesehen.

Kommission für Maschinen und Transformatoren.

Nach Annahme der neubearbeiteten „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen R.E.M./1930" und der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R.E.T./1930" durch die letzte Jahresversammlung beschränkten sich die Arbeiten im wesentlichen auf die laufende Erledigung von Anfragen und Auslegungen der VDE-Bestimmungen.

Außer der im Anschluß an die vorgenannten Arbeiten vorgenommenen Neubearbeitung der formell in das Arbeitsgebiet der Kommission für Bahnwesen fallenden „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen R.E.B./1930" liegt als neue Arbeit lediglich ein erster Entwurf von „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen R.E.S.M." vor, der in enger Zusammenarbeit mit dem Fachausschuß für Schweißtechnik beim Verein Deutscher Ingenieure aufgestellt ist.

Ob dieser Entwurf, wie beabsichtigt, bereits der Ausschußsitzung zur Beschlußfassung vorgelegt werden wird, läßt sich noch nicht übersehen.

Die im letzten Tätigkeitsbericht angezeigten Neuentwürfe zu „Regeln für die Lieferung und Prüfung von Dynamoblechen R.E.D." und „Regeln für die Bezeichnung

Digitized by Google

von Klemmen bei Maschinen nebst Anlassern und Reglern sowie bei Transformatoren" konnten noch nicht zum Abschluß gebracht werden. Auch sind die Beratungen der Unterkommission für Anschlußbedingungen über eine Neufassung der bisherigen „Normalbedingungen für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke" noch nicht zu Ende geführt, so daß die in Vorbereitung befindlichen „Regeln für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke R.A.M." voraussichtlich erst im kommenden Jahre zur Annahme vorgelegt werden können. Da sich jedoch die vorerwähnten Normalbedingungen als unhaltbar herausgestellt haben und seitens verschiedener Elektrizitätswerke Sonderbestimmungen aufgestellt sind, so wurde beschlossen, gelegentlich der diesjährigen Ausschußsitzung die Außerkraftsetzung zu beantragen.

Die Verhandlungen der Unterkommission für Rundfunkstörungen durch umlaufende Maschinen konnten gleichfalls in der Berichtzeit nicht wesentlich weitergebracht werden, da zunächst noch die Frage eines Kriteriums für die Erfassung der Störwirkung sowie die eines zweckmäßigen Prüfverfahrens zu studieren ist.

Die Kommission für Maschinen und Transformatoren hat schließlich in Zusammenarbeit mit der Normgruppe Maschinen beim Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie sich wiederum an verschiedenen Normungsarbeiten beteiligt.

Kommission für aussetzende Betriebe.

Nach Inkrafttreten der Neufassung der Errichtungs- und Betriebsvorschriften konnten die im letzten Jahre unterbrochenen Arbeiten an dem geplanten Merkblatt über die Installation von Aufzugs- und Krananlagen, das als Ergänzung zu dem bereits abgeschlossenen über die Wahl von Elektromotoren sowie von Steuer-, Widerstandsgeräten und Bremslüftern bei aussetzendem Betrieb gedacht ist, wieder aufgenommen werden.

Außerdem steht die Kommission in Beratungen mit dem Deutschen Aufzugsausschuß, der eine Erweiterung seiner „Technischen Grundsätze" nach der Seite der Aufnahme von Bestimmungen für den elektrischen Teil in Erwägung gezogen hat. Voraussichtlich wird diese Arbeit zugleich mit dem Abschluß des vorgenannten Merkblattes erledigt werden können.

Kommission für Elektrowerkzeuge.

Die Kommission selbst ist zu Sitzungen seit der Jahresversammlung 1929 nicht zusammengetreten. Dagegen hat eine Arbeitsgruppe Arbeiten aufgenommen, die bisher von der Kommission für Elektrowerkzeuge herausgegebenen

Regeln für die Bewertung und Prüfung von Hand- und Support-Schleifmaschinen,
Regeln für die Bewertung und Prüfung von Handbohrmaschinen,
Regeln für die Bewertung und Prüfung von Schleif- und Poliermaschinen

zusammenzufassen. Voraussichtlich wird der Jahresversammlung 1931 eine neue Fassung der Bestimmungen vorgelegt werden.

Kommission für Koch- und Heizgeräte.

Die Kommission für Koch- und Heizgeräte hat die „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen" neu bearbeitet. Ein Entwurf zu „Vorschriften für Elektrowärmegeräte" wurde in der ETZ 1930, S. 101, bzw. in Sonderdrucken bekanntgegeben.

Eine Vorlage der neuen „Vorschriften für Elektrowärmegeräte" für den mit Vollmacht versehenen VDE-Ausschuß 1930 kann noch nicht erfolgen, da die Arbeiten der Unterkommission für Schalter und Regler an Koch- und Heizgeräten sowie der Unterkommission für Gerätesteckvorrichtungen noch nicht zum Abschluß gekommen sind. Auch ist beabsichtigt, die neuen „Vorschriften für Elektrowärmegeräte" mit den von der Kommission für Handgeräte herausgegebenen „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren" zu einer Arbeit zusammenzufassen.

Die von der Kommission für Koch- und Heizgeräte herausgegebenen „Sonderbestimmungen für Heizgeräte für Haarbehandlung" sowie die „Vorschriften für elektrisch beheiztes Spielzeug" sind durch den Vorstand, der durch die Jahresversammlung 1929 die Ermächtigung erhalten hat, im November 1929 genehmigt und in der ETZ 1929, S. 1751, veröffentlicht.

Kommission für Freileitungen.

Die Kommission hat in Ausführung des Beschlusses der Jahresversammlung 1929 (siehe ETZ 1929, S. 1134) die zu den

„Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F./1930"

bis zu der Jahresversammlung 1929 noch eingegangenen Anträge bearbeitet und das Ergebnis dieser Beratungen, soweit es sich um Abänderungen des in der Jahresversammlung 1929 vorgelegten Wortlautes der Vorschriften gehandelt hat, dem Vorstande zur Genehmigung und Inkraftsetzung der genannten Vorschriften mit dem 1. Januar 1930 zugeleitet.

Der Vorstand hat die V.S.F. mit dem 1. Januar 1930 in Kraft gesetzt.

Die Kommission hat zur besseren Durchführung der Kleinarbeit bei ihrer Neubildung Arbeitsausschüsse eingesetzt, die entsprechend der Stoffgliederung der V.S.F. künftig die einzelnen Abschnitte dieser Vorschriften zu bearbeiten haben.

Kommission für Installationsmaterial.

Der von der Kommission für Installationsmaterial aufgestellte neue Wortlaut des § 96 b) der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K.P.I." ist durch den Vorstand, der durch die Jahresversammlung 1928 die Ermächtigung erhalten hat, im Dezember 1929 genehmigt und in der ETZ 1930, S. 69, veröffentlicht.

Die Hauptkommission hat nur eine Sitzung abgehalten; dagegen haben die Unterkommissionen mehrfach zu Anfragen Stellung genommen. Verschiedene Anträge auf Änderungen der K.P.I. wurden für später zurückgestellt.

Eine neue Fassung des § 58 c) der K.P.I. sowie der dazu gehörenden Erläuterungen wurde in der ETZ 1930, S. 691, bekanntgegeben, die dem mit Vollmacht versehenen VDE-Ausschuß 1930 zur Beschlußfassung vorgelegt wird.

Zur Zeit beschäftigt sich die Kommission mit der Aufstellung einiger neuer Normblätter.

Großer Steckerausschuß.

Die Jahresversammlung 1929 hatte den Vorstand ermächtigt, die vom großen Steckerauschuß herausgegebenen „Leitsätze für 2-polige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt (Dosensteckvorrichtungen 250 V 10 A) für Erdung, Nullung und Schutzschaltung" nach geschäftsordnungsmäßiger Erledigung aller etwa noch eingehenden Einsprüche endgültig in Kraft zu setzen.

Der Entwurf der Leitsätze war in der ETZ 1929, S. 1030 veröffentlicht. Auf Grund der eingegangenen Einsprüche wurde gemeinsam mit der Kommission für Installationsmaterial ein Schlußentwurf herausgegeben, der durch Vorstandsbeschluß im Mai 1930 mit Gültigkeit ab 1. Juli 1930 endgültig angenommen und in der ETZ 1930, S. 753, bekanntgegeben ist.

Kommission für Schaltgeräte.

Die Kommission für Schaltgeräte hat eine Sitzung abgehalten, in der verschiedene Punkte, die bei einer Neubearbeitung der „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Schaltgeräten bis 500 V Wechselspannung und 3000 V Gleichspannung R.E.S." zu berücksichtigen sind, behandelt wurden.

Es soll jedoch zunächst der Abschluß der Arbeiten des Ausschusses für den elektrischen Sicherheitsgrad abgewartet werden

Auch die vor längerer Zeit in Aussicht genommene Aufstellung von „Leitsätzen für Schaltgeräte mit Ölfüllung für Wechselspannung unter 1000 V" ist bis zum Abschluß der Arbeiten des Ausschusses für den elektrischen Sicherheitsgrad zurückgestellt worden.

Kommission für Zähler.

Die Kommission hat in einem besonderen Unterausschuß die Beratungen der durch die IEC-Verhandlungen aufgeworfenen Fragen fortgesetzt und die Stellungnahme des Deutschen Kommittees hinsichtlich der in Vorbereitung befindlichen international gültigen Liefer- und Abnahmebedingungen von Elektrizitätzählern, die gelegentlich der diesjährigen IEC-Sitzung zur Diskussion gestellt werden sollen, vorbereitet.

Die Neubearbeitung der „Regeln für Elektrizitätzähler" wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Elektrotechnischen Verein in Wien weitergebracht und soll, falls eine Erledigung der auf die Veröffentlichung evt. zu erwartenden Einsprüche noch möglich ist, dem Ausschuß zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

In Zusammenhang mit der vorstehend erwähnten Neubearbeitung wurden durch die Normgruppe Zähler des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie verschiedene Normungsarbeiten über Zähler, insbe-

Digitized by Google

sondere ein DIN VDE-Normblatt über Schaltungsbilder, Zählerschilder und Zähleraufhängung als Entwurf abgeschlossen.

Kommission für Bahnwesen.

Die Kommission hat in Ausführung des Beschlusses der Jahresversammlung 1929 (siehe ETZ 1929, S. 1134) die Neufassung der

„Regeln für die Bewertung und Prüfung von Maschinen und Transformatoren auf Bahn- und anderen Fahrzeugen R.E.B./1930",

nachdem die Neufassungen der R.E.M./1930 und R.E.T./1930 in Aachen zur Annahme gelangt waren, ausgearbeitet und dem Vorstande zur Verabschiedung und Inkraftsetzung mit dem 1. Januar 1930 vorgelegt.

Der Vorstand hat die Inkraftsetzung dieser neuen R.E.B./1930 mit dem 1. Januar 1930 ausgesprochen.

Ferner hat die Kommission bei der Unterkommission „Bahnvorschriften" einen Redaktionsausschuß gebildet, der sich z. Z. mit einer Neufassung der

„Vorschriften für elektrische Bahnen"

vom 1. Januar 1926 befaßt. Nachdem die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft für die bahneigenen Kraftwerke die Verbindlichkeit der neuen Errichtungsvorschriften V.E.S.1./1930 und V.E.S.2./1930 anerkannt hat, können die neuen „Vorschriften für elektrische Bahnen" im wesentlichen auf die Abschnitte „Fahrleitungen, Fahrzeuge und Schienenrückleitung" beschränkt werden. Der Entwurf für die Neufassung soll nach Möglichkeit auch noch im Jahre 1930 in der ETZ bekanntgegeben und die endgültige Fassung der Jahresversammlung 1931 zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Die bei der Normenstelle des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie für die Kommission für Bahnwesen gebildete Normgruppe „Bahnen" hat ihre Normungsarbeiten für das Bahngebiet fortgesetzt und im Laufe dieses Geschäftsjahres wieder verschiedene neue endgültige Normblätter fertiggestellt.

Kommission für Benennungen.

Die Unterkommission „Systematik" hat in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verbande technisch-wissenschaftlicher Vereine und dem Fachausschuß „Büchereiwesen" des Deutschen Normenausschusses eine Denkschrift an das Reichsinnenministerium ausgearbeitet und durch den Deutschen Verband an dieses Ministerium abgesandt, in der die weitesten Kreise zur Beteiligung an der Neubearbeitung der Brüsseler Dezimalklassifikation aufgefordert werden. Deutschland war durch die Geschäftstelle der Brüsseler Dezimalklassifikation besonders der Auftrag zur Neuordnung des Fachgebietes „Elektrotechnik" erteilt worden. Diese Arbeiten sind jetzt soweit abgeschlossen, daß die deutschen Vorschläge für das genannte Fachgebiet in nächster Zeit an die Geschäftstelle der Brüsseler Dezimalklassifikation weitergeleitet werden können.

Kommission für die Durchführung der VDE-bestimmungen.

Die Kommission für die Durchführung der VDE-Bestimmungen hat in ihrer neuen Zusammensetzung eine Sitzung abgehalten, in der hauptsächlich die von den Berliner städt. Elektrizitätswerken unter Mitwirkung verschiedener elektrotechnischer Fachverbände ins Leben gerufene „Arbeitsgemeinschaft der Elektro-Verbände (AEV)" besprochen wurde. Es soll zunächst abgewartet werden, welche Erfahrungen sich aus der Tätigkeit dieser Überwachungsorganisation ergeben.

Eine besondere Unterkommission wurde beauftragt, Merkblätter herauszugeben bzw. die früher herausgegebenen Merkblätter einer Neubearbeitung zu unterziehen.

Kommission für Fernmeldetechnik.

Durch einen von der Kommission eingesetzten Redaktionsausschuß werden z. Z. die

„Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen"

vom 1. Januar 1924 einer Neubearbeitung unterzogen. Der Entwurf soll noch im Jahre 1930 in der ETZ bekanntgegeben und die endgültige Fassung der Jahresversammlung 1931 zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Außerdem hat die Kommission durch die Unterkommission „Galvanische Elemente" einige an den

„Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anodenbatterien"

vom 1. Januar 1928 erforderlich gewordene Änderungen beraten und nach Zustimmung der Hauptkommission durch den Vorstand verabschieden und mit dem Tage der Verkündung in der ETZ in Kraft setzen lassen.

Ebenfalls sind einige Änderungen an den

„Regeln für die Bewertung und Prüfung von galvanischen Elementen"

erforderlich, zu denen in der Zwischenzeit die noch fehlenden Normblattentwürfe DIN VDE 1205 und 1206 in der ETZ veröffentlicht wurden. Die Änderungen an diesen Regeln sollen in Anbetracht der Dringlichkeit ebenfalls nach Abschluß der Verhandlungen dem Vorstande zur Inkraftsetzung mit dem Tage der Verkündung in der ETZ zugeleitet werden.

Kommission für Isolierstoffe.

Die Unterkommission für Preßspan hat die Arbeiten über Rollenpreßspan vollendet und die „Leitsätze für die Lieferung und Prüfung von Rollenpreßspan" veröffentlicht.

Des weiteren ist das Normblatt über „Tafelpreßspan" fertiggestellt worden.

Von der Unterkommission für geschichtete und geklebte Isolierstoffe sind die „Leitsätze zur Prüfung von Hartpapierplatten" und die „Leitsätze zur Prüfung von gewickelten Hartpapierrohren mit kreisförmigem Querschnitt" verabschiedet.

Ein dritter Entwurf über Preßstücke findet sich in Vorbereitung; seine Verabschiedung in diesem Jahre ist zweifelhaft.

Die übrigen Unterkommissionen

für gepreßte Isolierstoffe,
für Lackstoffe,
für Lacke,
für hochwärmefeste Isolierstoffe,

sowie für die Aufstellung von Prüfmethoden für die Feuersicherheit und Vereinheitlichung der Prüfmethoden,

haben ihre Arbeiten im letzten Jahr z. T. erheblich gefördert, so daß zu hoffen steht, daß sie im nächsten Berichtsjahr zum Abschluß kommen werden.

Kommission für Meßinstrumente.

Die Unterkommission für Meßwandler hat auf Grund des seinerzeit veröffentlichten, infolge der ergangenen Einsprüche aber nicht zur Annahme vorgelegten Entwurfes von Änderungen an den bisherigen „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Meßwandlern" einen Neuentwurf der „Regeln für Wandler R.E.W." bearbeitet, der aber voraussichtlich erst 1931 zur Beschlußfassung vorgelegt wird.

Außer dieser Bearbeitung war die Unterkommission zusammen mit der Kommission für Zähler bei der Vorbereitung der Stellungnahme des Deutschen Komitees der IEC zu den Verhandlungen des Advisory Committee No. 13 on Measuring Instruments beteiligt.

Kommission für Erdung.

Der in Aussicht genommene Neuentwurf der Niederspannungs-Erdungsleitsätze konnte im Berichtsjahr soweit abgeschlossen werden, daß seine Veröffentlichung erfolgte und seine Annahme durch die diesjährige Ausschußsitzung möglich erscheint. Der im Tätigkeitsbericht des letzten Jahres angedeuteten Forderung der Heraufsetzung der Spannungsgrenze von 42 V wurde Rechnung getragen.

Der in Aussicht genommene Entwurf einer Arbeit über Erdungstangen wird voraussichtlich bis zum nächsten Jahr fertiggestellt sein.

Kommission für Anlasser und Steuergeräte.

Die Kommission hat in Zusammenarbeit mit der Kommission für Schaltgeräte die durch die Arbeiten des Ausschusses für den elektrischen Sicherheitsgrad notwendig gewordene Überprüfung ihrer „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten R.E.A./1928" hinsichtlich der Prüfspannungen und Kriechwege für diese Geräte vorgenommen und sich mit ihr auf einen einheitlichen Vorschlag geeinigt. Da jedoch der Vorschlag noch nicht als endgültig zu betrachten ist, weil hiervon auch noch andere Kommissionen betroffen werden, so konnte eine endgültige Umarbeitung der R.E.A. bislang nicht vorgenommen werden, wiewohl eine solche in Anbetracht des Umstandes, daß die zur Zeit geltenden Prüfspannungen besonders im Gebiete der höheren Nennspannungen als übertrieben hoch zu bezeichnen sind, dringend erwünscht gewesen wäre.

Digitized by Google

Abgeschlossen konnte lediglich eine Abänderung betr. ölgefüllte Geräte für schlagwetter- und explosionsgefährdete Räume werden, derzufolge diese Geräte nicht mehr den R.E.A. unterliegen. Diese auf Veranlassung des Sonderausschusses „Schlagwetterschutz-Vorschriften" vorgenommene Änderung wird gelegentlich der diesjährigen Ausschußsitzung zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Kommision für Handgeräte.

Die Kommission für Handgeräte hat die bisherigen „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren" einer Neubearbeitung unterzogen.

Mit Rücksicht darauf, daß eine Zusammenlegung der „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren" mit den von der Kommission für Koch- und Heizgeräte aufgestellten „Vorschriften für Elektrowärmegeräte" erfolgen soll, wird der neue Wortlaut der „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren" dem mit Vollmacht versehenen VDE-Ausschuß 1930 noch nicht vorgelegt.

Eine Unterkommission hat einen Entwurf zu „Vorschriften für elektromedizinische Netzanschlußgeräte zur Galvanisation, Faradisation, Sinusstrombehandlung, Glühkaustik und Endoskopie" aufgestellt, der jedoch erst der Jahresversammlung 1931 zur Beschlußfassung vorgelegt werden wird.

Von der Kommission für Handgeräte sind früher u. a. herausgegeben worden:

Vorschriften für elektrisches Spielzeug,
Vorschriften für elektrische Fanggeräte und
Vorschriften für elektrische Gas- und Feueranzünder.

Durch die neue Fassung des § 15 der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V/V.E.S. 1" erübrigen sich Sonderbestimmungen, so daß die Kommission für Handgeräte bei dem mit Vollmacht versehenen VDE-Ausschuß 1930 beantragt, die drei vorerwähnten Arbeiten außer Kraft zu setzen.

Die Kommission für Handgeräte beantragt ferner bei dem mit Vollmacht versehenen VDE-Ausschuß 1930, die in den „Vorschriften für Christbaum-Beleuchtungen" im § 4 bis zum 31. Dezember 1929 festgesetzte Karenzzeit bis zum 31. Dezember 1930 zu verlängern. Eine Veröffentlichung dieses Antrages ist in der ETZ 1930, S. 692, erfolgt.

Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad.

Der Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad hat 1928 einen 2. Entwurf zu „Vorschriften für den elektrischen Sicherheitsgrad von Starkstromanlagen" in der ETZ 1928, S. 1557, veröffentlicht. Auf Grund der eingegangenen Einsprüche ergab sich die Notwendigkeit, die Frage der Prüfspannungen für Geräte bis 10 kV besonders zu behandeln. Eine hierfür eingesetzte Arbeitsgruppe hat sich dieser Aufgabe unterzogen. Die Vorschläge der Arbeitsgruppe wurden in einer Sitzung des Hauptausschusses für den elektrischen Sicherheitsgrad behandelt. Ein Abschluß der Arbeiten ist jedoch erst für 1931 zu erwarten, da noch verschiedene andere inzwischen eingegangene Abänderungsanträge behandelt werden müssen.

Der vom Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad gebildete Unterausschuß für Kondensatoren konnte seine Arbeiten nicht fortsetzen, da die Beratungen der Prüfspannungen für Geräte bis 10 kV, an denen dieser Unterausschuß besonders interessiert ist, erst zum Abschluß gebracht werden müssen. Aus diesem Grunde werden die in Aussicht genommenen „Leitsätze für elektrische Kondensatoren" auch erst der Jahresversammlung 1931 zur Beschlußfassung vorgelegt werden können.

Der Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad hat sich eingehend mit den Fragen, die die Internationale Elektrotechnische Commission (IEC) in ihrer diesjährigen Tagung in Stockholm behandeln wird, befaßt. Insbesondere wurde der Standpunkt des VDE gegenüber den verschiedenen Vorschlägen anderer Länder festgelegt.

Ausschuß für Klein- und Kleinspannungs-Transformatoren.

Der Ausschuß ist zur Zeit mit der Aufstellung von Regeln für Klingeltransformatoren im Anschluß an die bereits in Kraft befindlichen „Regeln für die Konstruktion und Prüfung von Schutztransformatoren mit Kleinspannungen R.E.T.K./1929" befaßt; auch die letztgenannten Bestimmungen sollen, da die in der Zwischenzeit damit gemachten Erfahrungen verschiedene Änderungen als wünschenswert erscheinen ließen, überarbeitet werden. Außerdem wurde ergangenen Anträgen zufolge in das Arbeitsgebiet auch die Bearbeitung von Bestimmungen für Röhren- und Trockengleichrichter aufgenommen. Die einzelnen Arbeiten werden in Unterausschüssen vorbereitet. Vermutlich erscheinen die verschiedenen Bestimmungen in einer zusammenfassenden Arbeit, deren einzelne Kapitel den Sonderaufgaben der betr. Geräte Rechnung tragen, während die für alle Transformatoren gemeinsamen Gesichtspunkte in einem allgemeinen Abschnitt gemeinsam behandelt werden.

Kommission für Schwachstrombeeinflussung.

Sowohl die Arbeiten der Kommission, die sich einerseits auf eine Änderung der Anleitung zur Prüfung der Zulässigkeit von Näherungen zwischen Fernmeldeleitungen und oberirdischen Drehstromleitungen und anderseits auf eine Änderung der „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und Drehstromanlagen" selbst zwecks Berücksichtigung von Doppelerdschlüssen erstrecken, wie auch die der Unterkommission „Gleichrichterleitsätze" konnten auch im Berichtsjahre nicht zum Abschluß gebracht werden, da sich Verhandlungen zwischen den beiden Hauptinteressenten — der Deutschen Reichspost und den Elektrizitätswerken — und Versuche als notwendig herausgestellt haben.

Bis zur Klärung der strittigen Punkte werden die technischen Beratungen ausgesetzt.

Kommission für Isolieröle.

Die Kommission hat in der Berichtzeit keine Sitzungen abgehalten; sie wird vermutlich erst im kommenden Geschäftsjahr wiederum zusammentreten, um zu den von der IEC gefaßten Beschlüssen Stellung zu nehmen.

Die Kommission war durch den Sachbearbeiter an den Verhandlungen des Ausschusses 9 des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik beteiligt.

Kommission für Überspannungschutz.

Die bereits im Tätigkeitsbericht des vergangenen Jahres ausgesprochene Vermutung, daß die zum Teil recht umfangreichen Arbeiten der Kommission für Überspannungschutz nicht so rechtzeitig abgeschlossen werden könnten, daß die beabsichtigte Neubearbeitung der „Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen" in diesem Jahre zur Beschlußfassung vorgelegt werden könnte, hat sich bestätigt.

Die Klärung der in den einzelnen Unterausschüssen aufgeworfenen Spezialfragen erforderte umfangreiche Arbeit, so daß im wesentlichen bislang nur ein Abschnitt — nämlich betr. Einbau von Überspannung-Schutzapparaten — abgeschlossen werden konnte.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Die Kommission konnte in der Zwischenzeit die von vielen Seiten dringend erwarteten Arbeiten für das Prüfverfahren zur Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten auf Störarmut abschließen, so daß die Prüfstelle in der ETZ vom 27. März 1930 den Beginn der Zeichenprüfungen für Hochfrequenz-Heilgeräte ankündigen konnte.

Die an den

„Regeln für den Bau und die Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten"

vom 1. Juli 1929 erforderlich gewordenen Änderungen sind in der ETZ vom 3. April 1930 veröffentlicht und durch Beschluß des Vorstandes mit dem 1. April 1930 in Kraft getreten.

Außerdem hat die Kommission bei ihrer Neubildung eine besondere Unterkommission „Störbefreiung" eingesetzt, der unter Ausnutzung der Erfahrungen bei der Festlegung der Prüfungsbestimmungen für Hochfrequenz-Heilgeräte die Aufgabe zuteil geworden ist, auch andere als Rundfunkstörer erkannte Geräte der Zeichenprüfung auf Störarmut durch die Prüfstelle zuzuführen. Die Unterkommission wird hierzu ein Prüfverfahren festlegen und dann mit den beteiligten Konstruktions-Kommissionen über die zur weitestmöglichen Behebung von Rundfunkstörungen geeigneten Konstruktionsmaßnahmen beraten.

Kommission für Erdstrom.

Die Kommission hatte seit der Jahresversammlung 1929 keine Arbeiten auszuführen, so daß auch in dem genannten Zeitraum keine Sitzungen stattgefunden haben.

Ausschuß für Normalspannungen.

Die vom Ausschuß für Normalspannungen herausgegebenen „Normen für Betriebspannungen elektrischer Starkstromanlagen" sind einer Neubearbeitung unterzogen worden, wobei jedoch in der Hauptsache verschie-

Digitized by Google

dene Begriffe einheitlich festgelegt worden sind. An den Zahlenwerten sind Änderungen gegenüber der bestehenden Fassung nicht vorgenommen worden.

Der neue Wortlaut wird in der ETZ veröffentlicht und nach geschäftsordnungsmäßiger Behandlung der auf die Veröffentlichung etwa eingehenden Einsprüche voraussichtlich der Jahresversammlung 1931 zur Beschlußfassung vorgelegt werden.

Messe-Ausschuß.

Der Messe-Ausschuß hat wie in früheren Jahren auch auf der Frühjahrsmesse 1930 in Leipzig die Messestände auf unvorschriftsmäßiges Material hin besichtigt. Außer den Messeständen im Haus der Elektrotechnik und in Halle 5 wurden diesmal auch die übrigen Hallen auf dem Gelände der technischen Messe sowie auch die verschiedenen großen Messehäuser in der Stadt selbst besucht.

Die Auskunftstelle des VDE, für die im Haus der Elektrotechnik ein besonderer Stand käuflich erworben ist, konnte eine große Anzahl Auskünfte über die Verbandsvorschriften an Messebesucher erteilen und stand den Ausstellern wie auch den Einkäufern vielfach beratend zur Seite.

Ausschuß für Schaltbilder.

Der Ausschuß hat in der Berichtzeit durch die zuständigen Unterausschüsse verschiedene Änderungsanträge an den Normblättern DIN VDE 710, 712, 713, 715, 716, 717 und 719 bearbeitet und durch den Beuth-Verlag die geänderten Fassungen der vorgenannten Normblätter sowie eine Neuauflage von Din-Taschenbuch 2 veranlaßt.

Aufstellung der der Ausschußsitzung 1930 vorzulegenden Verbandsarbeiten.

1. Kommission für Maschinen und Transformatoren.
   a) Regeln für die Bewertung und Prüfung von Gleichstrom-Lichtbogen-Schweißmaschinen R.E.S.M.
      Entwurf 1, Ankündigung: ETZ 1930, S. 652 (Sonderdruck 4).
   b) Normalbedingungen für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke (Außerkraftsetzung).
      Veröffentlicht: ETZ 1930, S. 692.
2. Kommission für Installationmaterial. Änderung des § 58c) der Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung K.P.I./1928.
   Entwurf: ETZ 1930, S. 69.
   Endgültig: ETZ 1930, S. 691.
3. Kommission für Zähler.
   Regeln für Elektrizitätzähler R.E.Z.
   Entwurf 1, Ankündigung: ETZ 1930, S. 753. (Sonderdruck 9.)
4. Kommission für Isolierstoffe.
   a) Leitsätze für die Lieferung und Prüfung von Rollenpreßspan.
      Entwurf 1, Ankündigung: ETZ 1930, S. 622.
      Schlußentwurf: . . . . . .
   b) Leitsätze zur Prüfung von Hartpapierplatten.
      Entwurf 1, Ankündigung: ETZ 1930, S. 692.
      Schlußentwurf: . . . . . .
   c) Leitsätze zur Prüfung von gewickelten Hartpapierrohren mit kreisförmigem Querschnitt (Rundrohre).
      Entwurf 1, Ankündigung: ETZ 1930, S. 692.
      Schlußentwurf: . . . . . .
   d) Normblatt über Tafelpreßspan.
      Entwurf 1: ETZ 1929, S. 766.
      Schlußentwurf: . . . . . .
5. Kommission für Meßinstrumente.
   Regeln für Wandler R.E.W.
   Entwurf 1, Ankündigung: ETZ 1930, S. . . . (Sonderdruck . . . .).
6. Kommission für Erdung.
   Leitsätze für Schutzmaßnahmen in Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, L.E.S. 1.
   Entwurf 1, Veröffentlicht: ETZ 1930, S. 753.
7. Kommission für Anlasser und Steuergeräte.
   Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlasser und Steuergeräte R.E.A./1928 (Änderungen).
   Veröffentlicht: ETZ 1930, S. 520.
8. Kommission für Handgeräte.
   a) Verlängerung der in § 4 der Vorschriften für Christbaum-Beleuchtungen vorgesehenen Karenzzeit bis zum 31. Dezember 1930.
      Endgültig: ETZ 1930, S. 692.
   b) Außerkraftsetzung der:
      Vorschriften für elektrisches Spielzeug,
      Vorschriften für elektrische Fanggeräte und der
      Vorschriften für elektrische Gas- und Feueranzünder.
      Endgültig: ETZ 1929, S. 1885.

Bei den unter 1a, 3, 5 und 6 angeführten Bestimmungen ist es im Augenblick noch fraglich, ob diese so rechtzeitig abgeschlossen werden können, daß eine Beschlußfassung durch den Ausschuß möglich ist. Für den Fall, daß diese Beschlußfassung nicht möglich ist, wird vom Ausschuß für den Vorstand Vollmacht erbeten, die Verabschiedung dem Vorstand des VDE zu übertragen.

Mitgliederbewegung.

Sie war in der Berichtzeit folgende:

Bestand am 15. Mai 1929	10 353	Mitglieder
Bestand am 15. Mai 1930	10 582	Mitglieder
Zuwachs	229	Mitglieder.

Die Zahl der Verbandsmitglieder verteilte sich am 15. Mai 1930 auf die 33 zum Verband gehörenden Vereine wie folgt:

Unmittelbare Mitglieder	432
Elektrotechnischer Verein Aachen e. V.	121
Elektrotechnischer Verein des Berg. Landes e. V.	125
Elektrotechnischer Verein e. V. (Berlin)	3157
Elektrotechnischer Verein Braunschweig	100
Elektrotechnischer Verein zu Breslau	133
Elektrotechnischer Verein Chemnitz	405
Deutsche Elektrotechnische Gesellschaft zu Danzig	77
Dresdner Elektrotechnischer Verein	481
Elektrotechnischer Verein Düsseldorf E. V.	129
Elektrotechnische Gesellschaft zu Frankfurt a. M.	413
Elektrotechnische Gesellschaft Halle a. S. E. V.	106
Elektrotechnischer Verein in Hamburg	346
Elektrotechnische Gesellschaft Hannover E. V.	204
Hessische Elektrotechnische Gesellschaft Darmstadt	125
Elektrotechnischer Verein zu Kassel e. V.	115
Elektrotechnische Gesellschaft zu Köln e. V.	200
Elektrotechnischer Verein Leipzig e. V.	232
Elektrotechnische Gesellschaft E. V. zu Magdeburg	202
Elektrotechnischer Verein Mannheim-Ludwigshafen e. V.	363
Elektrotechnischer Verein München (e. V.)	319
Elektrotechnischer Verein Niederrhein E. V.	136
Elektrotechnische Gesellschaft zu Nürnberg	227
Oberrheinischer Elektrotechnischer Verein E. V. Karlsruhe i. B.	166
Oberschlesischer Elektrotechnischer Verein	171
Ostdeutscher Elektrotechnischer Verein Königsberg/Pr.	91
Pommerscher Elektrotechnischer Verein	177
Elektrotechnischer Verein des rhein.-westf. Industriebezirks e. V.	798
Elektrotechnischer Verein an der Saar	102
Schleswig-Holsteinischer Elektrotechnischer Verein in Kiel	101
Elektrotechnischer Verein Südbaden	129
Thüringer Elektrotechnischer Verein Erfurt	181
Elektrotechnischer Verein Trier	61
Württembergischer Elektrotechnischer Verein	454
	10 582

Die Zahl der Mitglieder, die uns in der Berichtzeit durch den Tod entrissen wurden, ist erfreulicherweise nicht sehr groß. Besonders schmerzlich traf uns der Verlust unseres jüngsten Ehrenmitgliedes, Geheimrat Dr. Weber. Von sonstigen verstorbenen Mitgliedern seien genannt:

Gantenberg, Direktor, Duisburg.
Henrich, Direktor, Dipl.-Ing., Dresden.
Mayer, Thomas, Ing., München.
Mohl, August, Direktor, Dipl.-Ing., Hof (Saale).
Lucas, L., Obering., Dr., Hagen i. Westf.
Overmann, Ferdinand, Generaldirektor, Hagen.
Roekstuhl, Adolf, Prof., Chemnitz.
Seifert, Richard, Hamburg.
Steger, Obering., Erfurt.
Thoma, Heinrich, Bergdirektor, Miechowitz.

Digitized by Google

Thomass, Wilhelm, Ing., Bamberg.
Weber, Carl Ludwig, Geh. Reg.-Rat, Dr., Berlin.
Ziemann, Direktor, Freiburg i. Br.

Allen, die vielfach verdienstvollen Anteil an unserem Verbande genommen, ist ein ehrendes Andenken sicher.

Der Verband dankt an dieser Stelle herzlichst allen Vorsitzenden, Schriftführern und ganz besonders den Schatzmeistern der zum Verband gehörenden Elektrotechnischen Vereine und Gesellschaften für ihre opferwillige, ehrenamtliche Tätigkeit. Wir bitten dringend alle Verbandsmitglieder, die Schatzmeister in ihrem mühevollen Amt durch rechtzeitige Zahlung der Beiträge unter klarer Anschriftenangabe weitmöglichst zu unterstützen.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.

An die Technischen Zeitschriften und Verbände mit der Bitte um Bekanntgabe an ihre Leser bzw. Mitglieder.

Die VDE-Prüfstelle hat einen Nachtrag nach dem Stande vom 1. IV. 1930 zu der „Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens sowie der zugewiesenen Firmenkennfäden für isolierte Leitungen nach dem Stande vom 1. I. 1930" herausgegeben.

Dieser Nachtrag wird gegen Einsendung des Portos kostenlos abgegeben.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 12. VI. 1930, abds. 7½ h, Staatl. Akademie für Technnik, Hörsaal 199: Vortrag Dipl.-Ing. Cypra, „Verbess. d. Leistungsfaktors durch Starkstromkondensatoren".

Elektrotechn. Verein des Berg. Landes, Elberfeld. 11. VI. 1930, abds. 8 h, „Saal der Technik", Alexanderstr. 18: Vortrag Dr. Hammers, „Wesenszüge physikal.-techn. Erkennens" (m. Lichtbildern u. Vorführ.).

Physikalische Gesellschaft zu Berlin u. Deutsche Gesellschaft für technische Physik. 13. VI. 1930, abds. 7½ h, gr. Hörsaal d. Physikal. Instituts der T. H.: Vortrag Jul. Hartmann, „Über die konstruktive Entwickl. d. Gleichrichters".

„Relma", Reichsverband der Elektro-Maschinenfabriken, Apparatebau- und Reparaturwerke e. V. Düsseldorf. 21. bis 23. VI. 1930: 11. Jahresversammlung in Nürnberg.

Reichsverband des deutschen Elektro-Installateur-Gewerbes e. V., Frankfurt a. M. 22. bis 24. VI. 1930: Verbandstag in Königsberg mit Vorträgen über wirtschaftliche und technische Themata.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

O. Feuerlein †.

Am Morgen des 19. Mai 1930 verschied nach langer, schwerer Krankheit Otto Feuerlein, Dr. phil., Dr.-Ing. E. h.

Mit ihm ist einer der Begründer der neuzeitlichen Glüklampentechnik dahingegangen, der die Entwicklung der elektrischen Glühlampe in dem für sie wichtigen Zeitabschnitt im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts an maßgebender Stelle beeinflußt hat. Sein Name ist eng verknüpft mit der Durchbildung der Tantallampe, der er, auf den Boltonschen Arbeiten aufbauend, in langjährigen Versuchen die für die Metaldrahtlampe vorbildliche Form gab. Er darf für sich in Anspruch nehmen, als Erster erfolgreich die Metalldrahtlampe in die Glühlampentechnik eingeführt und deren spätere Entwicklung eingeleitet zu haben.

Otto Feuerlein wurde am 11. XII. 1863 zu St. Gallen in der Schweiz geboren und studierte von 1881 bis 1884 in Stuttgart, wo er, 21jährig, promovierte. Sein weiterer Entwicklungsgang führte ihn 1888 zu Siemens & Halske, bei denen er als Vorstand des Projektenbüros und Leiter des Ausstellungswesens seine ersten Erfolge verzeichnete. Er bearbeitete 1900 vorbildlich die Organisation des elektrotechnischen Teils der Weltausstellung in Paris. Auch im Installationswesen betätigte er sich erfolgreich; die ersten Sicherungen mit auswechselbaren Stöpseln verdanken ihm ihre Entstehung. Im Jahre 1902 übernahm Feuerlein die Leitung des Glühlampenwerkes der Siemens & Halske AG. und ist seit diesem Zeitpunkt der Glühlampentechnik mit ihrem vielseitigen Aufgabenkreis treu geblieben. Insbesondere nahm er an der Weiterentwicklung der Metalldrahtlampe, der Fertigstellung der ersten Metalldrahtlampe, der Tantallampe, der organisatorischen Durchbildung der Glühlampenherstellung und allen mit der Glühlampe zusammenhängenden Patentfragen regen Anteil. Feuerlein ist derjenige gewesen, der die Halterung des Drahtes in die Form gebracht hat, wie sie auch heute noch im allgemeinen in den Drahtlampen beibehalten ist. Die vielseitige Berührung, in die er durch seine Tätigkeit mit der amerikanischen Glühlampenindustrie kam, brachte ihm als einzigen Ausländer die Ehrenmitgliedschaft der National Electric Lamp Association USA. Als sich im Jahre 1920 die drei großen, führenden deutschen Glühlampenwerke zur Osram-Gesellschaft zusammenschlossen, übernahm Otto Feuerlein als Vorstandsmitglied die Technische Hauptwerksleitung. Zunehmende körperliche Behinderung veranlaßte ihn 1923, seinen Posten niederzulegen. Aber auch nach diesem Zeitpunkt stellte Otto Feuerlein seine großen Erfahrungen und sein vielseitiges Wissen in den Dienst der Weiterentwicklung der Glühlampe, bis eine schwere Krankheit im Herbst v. J. ihn zwang, von jeder weiteren Tätigkeit abzusehen.

O. Feuerlein †.

Jetzt hat der Tod ein arbeitsreiches Leben beendet, und eine in der Entwicklung eines Sonderzweiges der Elektrotechnik führende Persönlichkeit ist von uns gegangen.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Aus der Entwicklung des Druckluftschalters.

In der ETZ 1929, S. 1479, befindet sich eine Abhandlung über Druckluftschalter von K. A. Wiedamann, Berlin. Der erste Satz dieser Abhandlung lautet: „Die ersten Konstruktionen von Schaltern mit Druckluftlöschung des Lichtbogens sind um die Jahrhundertwende in Amerika aufgetaucht."

Digitized by Google

Die Ausführungen des Verfassers entsprechen in diesem ersten Satz nicht den Tatsachen in bezug auf erstes Vorkommen derartiger Schalter in Amerika. Der Unterzeichnete hat bereits im Mai 1895 einen Druckluftschalter für hohe Spannungen ausgeführt, und dieser Schalter wurde durch den deutschen Gebrauchsmusterschutz Nr. 44862 in Deutschland geschützt und dadurch der Öffentlichkeit bekannt. Der Schutz lautete:

„Elektrischer Hochspannungsausschalter, bei welchem bei Stromunterbrechung sich bildende Funken durch ein Gebläse ausgelöscht werden."

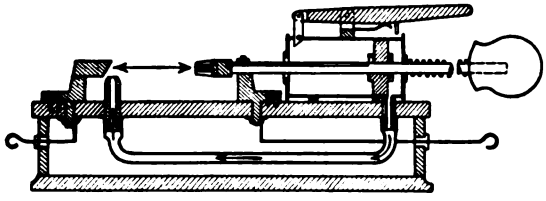


Abb. 1. Druckluftschalter (1895).

Aus Abb. 1 ist die Wirkungsweise dieses Schalters leicht zu erkennen. Beim Schließen des Schalters wird eine Feder gespannt, die einen Kolben in einem Zylinder betätigt. Durch einen Druck auf den Hebel oberhalb des Zylinders wird der Kolben frei und durch den Federdruck wird die hinter dem Kolben befindliche Luft aus dem Zylinder durch die Schlauchleitung in der Richtung der Pfeilstriche zwischen die sich gleichzeitig öffnenden Kontakte gepreßt und bläst so den sich bildenden Lichtbogen sofort aus. Abb. 2 zeigt das Modell des ersten Musterappa-

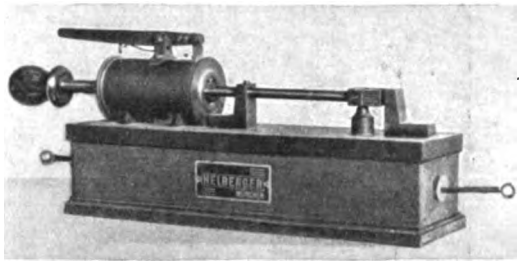


Abb. 2. Modellausführung des Druckluftschalters von Helberger.

rates. Mit diesem Modell wurden eingehende Versuche von Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz), ausgeführt; bei diesen Versuchen hat sich der Schalter als unbedingt brauchbar erwiesen. Die Schalter wurden damals für eins der ersten Hochspannungswerke in Deutschland in Vorschlag gebracht, aber von der leitenden Stelle abgelehnt, wegen der einer Mausefalle ähnlichen Ausführung!

Ähnliche Luftdruckschalter wurden einige Jahre später von der Fa. Hugo Helberger an ihren Punktschweißmaschinen im Primärstromkreis angewandt und hatten den Zweck, das Ausschalten präziser zu bewirken. Das Nachziehen eines wenn auch kleinen Lichtbogens, hatte fehlerhafte Schweißstellen verursacht, die durch das Verhindern des sich bildenden Lichtbogens beseitigt wurden.

Wie aus diesen Ausführungen hervorgeht, sind also die ersten elektrischen Druckluftschalter nicht in Amerika, sondern in Deutschland hergestellt und bekannt gemacht worden.

München, 3. IV. 1930.

Hugo Helberger, Ingenieur.

LITERATUR.

Besprechungen.

Lehrbuch der technischen Physik für fortgeschrittene Studenten u. Ingenieure. Bd. 3: Physik der Stoffe. Herausg. v. Dr. G. Gehlhoff unter Mitw. zahlr. Fachgelehrter. Mit 376 Abb. i. Text u. auf 5 Taf., XVI u. 555 S. in gr. 8°. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1929. Preis geh. 57 RM, geb. 60 RM.

Dieser 3. Band des Gehlhoffschen Lehrbuches der techn. Physik bildet den Abschluß und man muß sagen die Krönung des ganzen Werkes. Denn diese physikalische Technologie oder Physik der Stoffe herauszugeben, war ein ganz ausgezeichneter Gedanke. Ganz modern, kurz, klar und knapp findet man über alle wichtigeren Werkstoffe der Technik das, was zu ihrer Beurteilung nötig ist, und dazu die ganzen physikalischen Untersuchungsmethoden. Eine große Menge wichtigen, in der Literatur zerstreuten Materials ist zusammengebracht und von Sachkennern des betreffenden Gebiets einheitlich verarbeitet.

Die Einleitung bildet eine ausgezeichnete kurze Übersicht über den Feinbau der Stoffe von R. Swinne, die alles Wichtige aus der Atomphysik und den angrenzenden Gebieten der Chemie behandelt. Dann folgen die Grundlagen der Kristallphysik von E. Schieboldt und anschließend der Zusammenhang zwischen physikalischen Eigenschaften und Bau der Kristalle von R. Swinne. Eine sehr gründliche und vollkommene Übersicht über die Metalle gibt dann G. Masing. Es werden behandelt zunächst Untersuchungsmethoden, Erstarrungsvorgang, Legierungskunde, physikalische Eigenschaften, plastische Deformation, Rekristallisation, und schließlich werden die technischen Metalle (Cu, Ni, Cr, Al, Mg, Edelmetalle) und ihre Legierungen einzeln besprochen. Dem Eisen und seinen Legierungen ist ein besonderer Abschnitt von F. Wever gewidmet und ebenfalls dem Wolfram von E. Lax und M. Pirani. Dann folgt ein Abschnitt über Glas von G. Gehlhoff und M. Thomas und einer über die Erden (Keramik, Zemente und Hochofenschlacken) von K. Erdelt und W. Steger. Die Faserstoffe (natürliche und künstliche Fasern) behandelt H. Mark. Als letzten Abschnitt bringt H. Schering eine Übersicht über Isolierstoffe.

Bei der Fülle des Gebotenen ist es unmöglich, das Einzelne für sich zu würdigen. Die Namen der Bearbeiter zeigen schon, daß jeder als erfahrener Spezialist seines Gebiets mit überlegener Sachkenntnis das bringt, was wichtig und brauchbar ist. Es gibt kaum eine Frage der Materialkunde, über die man nicht rasch, kurz und klar das findet, was man wissen will. Ein sehr eingehendes Sachregister erleichtert das Suchen außerordentlich.

Ich kann mir nicht denken, daß jemand, der heute mit Werkstoffen zu tun hat, auf dieses Buch verzichten könnte. Die Materialkunde spielt heute in allen Zweigen der Technik und der Wissenschaft eine so beherrschende Rolle, daß das Buch sicher bald vergriffen sein wird. Es braucht eigentlich keine Empfehlung, denn ein Blick hinein wird meistens genügen, um festzustellen, was für ein ungeheures theoretisches und praktisches Material in diese 520 Seiten hineingearbeitet ist, und wie lebendig und praktisch dieses Material ist.

Man kann nur den Herausgeber zu seiner Idee und die Mitarbeiter zu der gelungenen Darstellung beglückwünschen. Die Ausstattung des Buches ist eine ausgezeichnete. W. O. Schumann.

Handbuch der Experimentalphysik. Unter Mitwirk. v. zahlr. Fachgen. herausg. v. W. Wien u. F. Harms unt. Mitarb. v. H. Lenz. Bd. 9. 2. Teil: Wärmekraft- und Wärmearbeitsmaschinen. Von Prof. A. Loschge. Mit 270 Abb., X. u. 362 S. in gr. 8°. Akademische Verlagsges. m. b. H., Leipzig 1929. Preis geh. 34,30 RM, geb. 36 RM.

Als Teil eines großen Physikbuches hat das vorliegende Werk den Zweck, die Wärmemaschinen als Anwendungsgebiet der physikalischen Wärmelehre darzustellen. Der Inhalt deckt sich infolgedessen mit dem, was man auf den Hochschulen unter „Theoretischer Maschinenlehre" versteht. Nach einer kurzen Einführung in die Lehre von den Kreisprozessen werden der Reihe nach die Kolbendampfmaschinen, Dampfturbinen, Dampfkessel, Verbrennungskraftmaschinen und Kompressoren behandelt; jeder Abschnitt zerfällt im wesentlichen in zwei Gruppen von Unterabschnitten, von denen sich die eine mit der Arbeitsweise der Maschine und den zugehörigen theoretischen Ableitungen beschäftigt, während in der zweiten die Regelvorgänge erläutert werden. Die Sonderaufgaben aus dem Gebiete der Festigkeitslehre, die beim Bau der einzelnen Maschinen zu lösen sind, werden ebenfalls kurz behandelt. Besonders hervorzuheben ist wie bei allen Arbeiten Loschges auch hier die überaus klare und kurze Art der Darstellung. In dem Abschnitt über Kolbendampfmaschinen ist der in älteren Handbüchern mit Vorliebe allzu breit angelegte Teil über die Schiebersteuerungen auf einen kurzen Raum zusammengedrängt, während die Besprechung der Verluste entsprechend breiter angelegt ist. Bei den Dampfturbinen ist die Theorie der Turbinenstufen mit Teilreaktion bemerkenswert, besonders interessant eine eingehende Studie über die Parsonsche Kennzahl, deren günstigste Werte für verschiedene Bauarten sehr weit voneinander abweichen. In der Darstellung der Dampfkessel und Feuerungen, deren Konstruktion sich zur Zeit in einer lebhaften Weiterentwicklung befindet, haben die letzten Neuerungen noch keine Berücksichtigung gefunden. Erwünscht wäre auch im Rahmen dieses Buches

Digitized by Google

eine Darstellung der physikalischen Grundlagen des Wasserumlaufs in Röhrenkesseln. — Das Buch ist als Nachschlagewerk wegen der knappen Form der Darstellung sehr zu empfehlen, besonders wertvoll ist es jedoch für den Studierenden des Maschinenbaufaches, der hier die Grundlagen der Theorie der Wärmemaschinen gerade in der für ihn passenden Art und Weise vorgetragen findet; es ist in erster Linie ein ganz hervorragendes Lehrbuch.
Zinzen.

Das Wasserschloß bei Hochdruckspeicheranlagen. Unter bes. Berücks. des Kammerwasserschlosses m. Überfall. Von Dr.-Ing. O. Streck. Mit 36 Textabb. u. 7 Taf., V u. 68 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis kart. 9,50 RM.

Durch den vermehrten Ausbau der Wasserkräfte in den letzten Jahren, insbesondere auch durch den verstärkten Ausbau von Hochdruckanlagen, sind zahlreiche Probleme heute in den Vordergrund getreten, denen man früher wenig Aufmerksamkeit geschenkt hat. Dazu gehört vor allen Dingen auch die Frage der richtigen und zweckmäßigen Ausbildung des Wasserschlosses, wobei hier insbesondere auch die wirtschaftlichen Fragen große Bedeutung haben. Das im Verlag von Julius Springer, Berlin, neu erschienene Buch von Dr.-Ing. O. Streck über das Wasserschloß bei Hochdruckspeicheranlagen füllt eine bisher in der Literatur vorhandene Lücke aus; insbesondere ist das Buch auch dadurch wertvoll, daß verschiedene Beispiele vollständig durchgerechnet sind, und somit eine Bearbeitung in der Praxis erleichtert wird. Das Buch kann sowohl seinem Inhalt nach als auch wegen seiner Ausstattung warm empfohlen werden.
Walch.

Der Lizenzvertrag erläutert an Beispielen aus der Rechtspraxis. Von Patentanwalt Dr. H. Hederich. 9. veränd. Aufl. Mit 80 S. in 8°. Verlag Friedr. Huth, Charlottenburg 4, 1929. Preis geh. 1.80 RM.

Die Arbeit ist in der neunten Auflage dem veränderten Standpunkt der Rechtsprechung angepaßt worden. Sie gibt eine Übersicht über die wichtigsten Bestimmungen und Entscheidungen für den Lizenzvertrag mit reichlichen Quellenangaben. Von der Aufstellung von Mustervertägen hat der Verfasser bei der Schwierigkeit und Vielgestaltigkeit derartiger Verträge mit Recht Abstand genommen und statt dessen ein sehr detailliertes Verzeichnis von Fragen aufgestellt, das es dem Benutzer erleichtert, im Einzelfalle bei der Bearbeitung von Verträgen keinen wesentlichen Punkt unberücksichtigt zu lassen.
H. Herzfeld I.

Meyers Lexikon. 7. Aufl. i. vollst. neuer Bearb. Mit etwa 5000 Textabb. u. über 1000 Taf., Karten u. Textbeil. Bd. 9: Oncken-Recherche. Mit zahlr. Abb., Taf. u. 830 S. in gr. 8°. Verlag Bibliographisches Institut, Leipzig 1928. Preis geb. 30 RM.

Aus dem vorliegenden 9. Band werden den Techniker die Abschnitte über Oszillographen, Patent, Phasenmesser, Photographie, Physik, Pumpen, radioaktive Stoffe usw. besonders interessieren, und er wird anerkennen, daß unter den Stichworten auch die Namen hervorragender Techniker und Naturwissenschaftler, wie Otto, Paalzow, Pacinotti, Parsons, John Perry, Pintsch, Pirelli, Poggendorff, Poulsen nicht vergessen wurden. Auf einige Einzelheiten, die dem Elektrotechniker auffallen müssen, und die vielleicht bei einer Neuauflage berücksichtigt werden könnten, möge hingewiesen werden. Wenn Pferdekraftstunde als „Arbeitsleistung einer Pferdestärke während einer Stunde" und Pferdestärke als „Einheit der Arbeitsleistung" definiert werden, so wären hier besser die wissenschaftlich korrekten Bezeichnungen „Arbeit" bzw. „Leistung" angebracht. Unter Periode ist der Fundamentalbegriff der Wechselstromtechnik nicht erwähnt, ebenso unter Permanenz nicht die so benannte Eigenschaft eines Magneten. Phasendifferenz tritt nicht nur „beim Zusammenwirken von Wechselströmen" auf; die Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung spielt eine mindestens ebenso große Rolle. Bei Permalloy hätte einiges über die Verwendung dieses Materials gesagt und bei Pirelli auf das Pirellikabel hingewiesen werden können. Im Abschnitt Porzellan vermißt man einen Hinweis auf das heute so wichtige technische Porzellan.

Mit dem 9. Bande, der ebenso wie die früheren außerordentlich reichhaltig und mit vielen Karten, Abbildungen und bunten Tafeln ausgestattet ist, liegen nun ¾ des gesamten Werkes vor. Man hat auf Grund der bisher erschienenen Bände den Eindruck, daß das Werk gut gelungen ist und für die Benutzung in Fach- und Laienkreisen warm empfohlen werden kann.
W. Kraska.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der Geschäftswelt. — Im Bericht der Mix & Genest A.G., Berlin-Schöneberg, für das Jahr 1929, in dem ihr Umsatz gegen 1928 um etwa 10 % gestiegen ist, heißt es, daß der Bedarf an Einrichtungen, die, wie Fernsprech-, Rohrpost- und Kleinförderanlagen, der Zuverlässigkeit und Schnelligkeit des Verkehrs sowie der Ersparnis von Arbeitskräften dienen, gerade in Zeiten wirtschaftlicher Not besonders hervorzutreten pflege, und es eine Folge der scharfen Kämpfe zwischen den einzelnen Gruppen der Schwachstromindustrie gewesen sei, daß trotz dieses großen Bedarfs die Preise dauernd zurückgingen. Auf dem Gebiet der Apparatelieferungen haben Umsatz und Auftragseingang infolge der starken Anforderungen der Fernsprechteilnehmer an Nebenstellenapparaturen zugenommen, während im Bau von Selbstanschlußämtern die Wirkung der gespannten Finanzlage der Reichspost überwog; der Umsatz ist hier zurückgegangen. Am meisten litt das im Mittelpunkt des Wettbewerbs stehende Geschäft mit privaten Abnehmerkreisen trotz starker Nachfrage unter unzureichenden Preisen. Die Einnahmen aus vermieteten Anlagen betrugen rd. 4 Mill RM. Die Abteilung Rohrpost- und Kleinförderanlagen war besser als 1928 beschäftigt. Im laufenden Jahr ist der Auftragseingang bisher hinter der Vorjahresziffer zurückgeblieben; vor allem fehlen neue Aufträge auf Selbstanschlußämter. Der in der Öffentlichkeit mehrfach geäußerten Kritik an den Grundsätzen der Reichspost für die Vergebung von Bestellungen auf Selbstanschlußämter gegenüber hält der Vorstand die Beschränkung der Aufträge auf einen engen Kreis von Lieferfirmen technisch und wirtschaftlich für gerechtfertigt. Mit Nachdruck weist er aber darauf hin, daß die in den letzten Jahren der Reichspost auferlegten Etatsbeschränkungen erheblichen Arbeitsmangel hervorgerufen und als Folge wiederholte Entlassungen von Beschäftigten verursacht hätten, die auch in Zukunft unvermeidlich sein würden, wenn Reichspostaufträge größeren Umfangs weiter ausbleiben. Mix & Genest waren Ende 1929 an der „Volta" Telephon- und Signalbau G. m. b. H. (0,268 Mill RM Grundkapital), der Rohr- und Seilpost-Anlagen G. m. b. H. (0,2 Mill RM), der Mix & Genest Hansawerke G. m. b. H. (0,15 Mill RM) und an der Companhia Telephonica Paranaense, Ltda., Curityba/Brasilien (0,3 Mill Milreis) mit dem vollen Grundkapital beteiligt. Geschäftsgewinn: 5 118 005 RM (4 252 627 i. V.), Reingewinn: 1 441 899 RM (1 150 872 i. V.), Dividende: wieder 8 % auf 16 Mill RM Stammaktienkapital. — Die Neueinrichtung der Grubenlampenwirtschaften und notwendig gewordene größere Abschreibungen haben 1929 der Concordia Elektrizitäts-AG., Düsseldorf, bei 780 356 RM Bruttonutzen (616 964 i. V.) erstmalig einen Verlust von 105 473 RM gebracht (i. V. Reingewinn 175 819 RM, Dividende 4 % auf 4,320 Mill RM A.-K.). Das Auslandgeschäft ist nach wie vor durch die hohen Gestehungskosten und fremden Zollmauern erschwert.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Auf die beiden Hauptgruppen elektrotechnischer Waren des Tarifunterabschnitts 18 B hat sich der Außenhandel im April 1930 wie folgt verteilt:

Waren	Mengen dz		Werte 1000 RM	
	April	Jan./April	April	Jan./April
Einfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	2 899	11 288	820	3 312
Elektrot. Erzeugnisse	2 523	12 064	2 186	11 165
Ausfuhr				
Elektrische Maschinen (einschl. Teile)	25 340	134 300	7 784	37 433
Elektrot. Erzeugnisse	102 955	400 264	36 542	154 820

Die Einfuhr weist gegen den Vormonat (6258 dz bzw. 3,700 Mill RM) eine Verringerung um 836 dz (13 %) und 0,694 Mill RM (19 %) auf; gegenüber dem Parallelmonat des Vorjahrs (12 403 dz bzw. 4,223 Mill RM) ist sie um 6981 dz (56 %) bzw. 1,217 Mill RM (29 %) gesunken. Für die Ausfuhr, einschl. 7238 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 2,810 Mill RM, ergibt sich ebenfalls eine Abnahme, u. zw. gegen den März (136 942 dz bzw. 50,745 Mill RM) um 8647 dz (6 %) bzw. 6,419 Mill RM (12,6 %) und im Vergleich zum April 1929 (146 903 dz bzw. 50,183 Mill RM) um 18 608 dz (13 %) und 5,857 Mill RM (11,6 %). In den abgelaufenen vier Monaten hat gegenüber der gleichen Periode des Vorjahrs der Import um 10 149 dz (30 %) bzw. 1,500 Mill RM (9 %) abgenommen; er umfaßte 1483 Lichtmaschinen (6163 i. V.), 30 510 Dynamos, Elektromotoren usw. (56 875 i. V.), 922 Bogen- usw. Lampen (1136 i. V.), 2,04 Mill Metalldrahtlampen (1,629 i. V.) und 80 500 Kohlefaden- usw. Lampen

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 879; 1930, S. 695.

Digitized by Google

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		April	Januar/April		April	Januar/April	
		1930	1930	1929	1930	1930	1929
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	24	126	436	704	2 533	2 597
907 b/g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	2 708	10 346	10 986	23 098*	123 772*	104 733*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	167	816	399	1 538*	7 995*	6 567*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	144	1 091	2 075	3 892*	17 813*	16 051*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	584	2 357	9 429	51 959*	166 962*	176 996*
910 a/c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	34	82	49	217	1 225	1 774*
911 a	Metallfadenlampen	137	920	718	935	3 967*	3 884*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	8	42	14	26	124	136*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	2	36	47	18	115	112*
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittlungseinrichtungen; Bestandteile davon	27	118	197	1 172*	5 708*	5 936*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	303	1 707	2 006	4 449*	20 556*	18 104*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	192	628	662	2 723*	10 147*	11 691*
912 B	Bügeleisen; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	—	—	13	533	2 820	2 033
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	123	737	607	1 296	5 328*	5 074*
912 D	Röntgenröhren; in der Ausfuhr auch Bestandteile davon	4	10	6	23	94	67*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	210	763	957	2 359*	8 590*	8 516*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	4	48	56	816*	3 652*	3 991*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	615	3 132	4 468	24 728*	111 422*	101 588*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	48	195	144	1 493*	5 609*	6 325*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	65	123	177	3 267	23 552	22 373
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	21	70	28	6	6	6
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	2	5	27	72	252	217*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	2 977*	12 327*	9 165*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	—	1	2
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	5 422	23 352	33 501	128 295*	534 564*	507 932*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*3 006*	*14 477*	*15 977*	*44 326**	*192 253**	*181 822**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	16	112	117	230	3 643	4 909
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	6	23	27	72	305*	240
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	82	197	288	640	2 801	2 896
648 d	Elektroden	475	1 761	2 518	22 302	89 208	89 498
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	—	173	6 524*	22 973*	20 877*
740 a	Glühlampenkolben	—	61	63	1 061	5 615	5 611
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	85	548	491	8	8	8
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	150	505	223			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	159	701	859	10 755*	52 780*	45 419*

(21 800 i. V.). Der Export ist aber um 26 632 dz (5 %) und 10,431 Mill RM (5,7 %) gewachsen; auf ihn entfielen 42 342 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 12,205 Mill RM und der Stückzahl nach 27 343 Lichtmaschinen (27 451 i. V.), 249 099 Dynamos, Elektromotoren usw. (230 485 i. V.), 11 579 Bogen- usw. Lampen (14 426 i. V.), 22,359 Mill Metalldrahtlampen (19,771 i. V.) und 0,352 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,405 i. V.). Der Überschuß der Ausfuhr stellte sich auf 511 212 dz im Wert von 177,776 Mill RM (474 431 dz bzw. 165,845 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 25: Wer stellt das Isoliermaterial Radonit her?

Abschluß des Heftes: 31. Mai 1930.

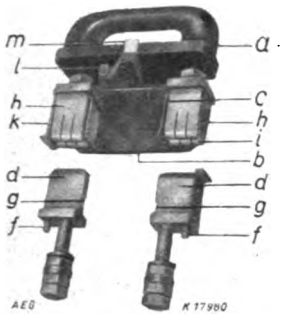
Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Griffsicherungen mit Abschmelzmarke.

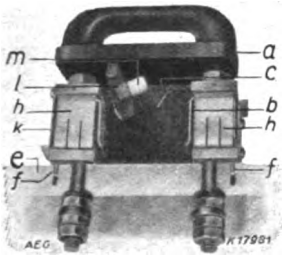
Mitteilung der AEG.



a = Griffplatte,
b = Schutztrennwand,
c = Schmelzstreifen,
d = feste Kontakte,
f = Paßstifte,
g = Rasten,
h = Bronzefedern,
i = Einsätze,
k = Anschlagwinkel,
l = drehbarer Teil der Anzeigevorrichtung,
m = rote Abschmelzmarke.

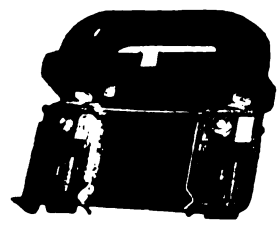
Abb. 1. Griffsicherung mit unversehrtem Schmelzeinsatz, Ausführung für 200 A.

Die Griffsicherungen mit Abschmelzmarke bieten folgende Vorteile: Während bisher in den Verteilungsanlagen beim Abschmelzen einer Sicherung stets längere Zeit verging, bis die durchgebrannte Sicherung gefunden war, ist es nunmehr mit einem Blick über die Verteilungsanlage möglich, die Stelle zu erkennen, an der ein Sicherungsstreifen abgeschmolzen ist. Ein zweiter Vorteil besteht darin, daß die Anlage nicht spannungslos gemacht werden muß, wenn ein Schmelzstreifen ausgewechselt werden soll, da der den Schmelzstreifen tragende Oberteil der Griffsicherung gefahrlos, schnell und bequem von den festen Kontakten in der Schalttafel abgezogen werden kann. Die Sicherung ist jedoch nicht unter Last verwendbar, darf also nur in stromlosem Zustand herausgezogen werden, d. h. sie ist wie ein Trennschalter zu behandeln. Die beiden genannten Vorteile ermöglichen eine Herabsetzung der Betriebspausendauer beim Ansprechen bzw. Auswechseln einer Sicherung. Die wirtschaftliche Bedeutung dieses Vorzugs kommt hauptsächlich bei größeren Verteilungsanlagen zur Geltung. Einen weiteren Vorteil bieten die Griffsicherungen durch die Raumersparnis bei dem Zusammenbau zu Verteilungsanlagen, da die an und für sich bereits klein bemessenen Sicherungen auf beschränktem Raum nebeneinander untergebracht werden können, weil sie gegeneinander durch eine Schutzwand abgeschirmt sind.



a = Griffplatte,
b = Schutztrennwand,
c = Schmelzstreifen,
e = Schalttafel,
f = Paßstifte,
h = Bronzefedern,
k = Anschlagwinkel,
l = drehbarer Teil der Anzeigevorrichtung,
m = rote Abschmelzmarke.

Abb. 2. Griffsicherung mit abgeschmolzenem Einsatz, Ausführung für 200 A.



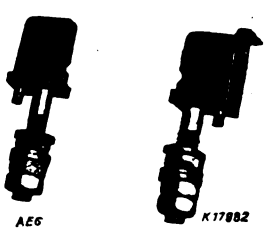


Abb. 3. Griffsicherung mit unversehrtem Schmelzeinsatz, Ausführung für 250 A.

Die Griffsicherungen mit Abschmelzmarke werden von der AEG hergestellt für Stromstärken von 35 bis 400 A und für Spannungen bis 380 V. Jede dieser Sicherungen besteht aus dem abziehbaren Oberteil, dem Schmelzstreifen und dem aus zwei Kontaktstücken bestehenden Unterteil.

Die Platte a (Abb. 1 u. 2) mit dem Handgriff sowie die der Abschirmung dienende Schutztrennwand b sind aus Isolierstoff hergestellt. An der Platte a sind die Kontakte h und die Anzeigevorrichtung l befestigt. Der Schmelzstreifen c wird durch unverlierbare Muttern festgezogen.

Das Abschmelzen dieses Streifens wird von der Abschmelzmarke angezeigt, deren um die Platte a herumreichendes Ende m rot gefärbt ist, um eine bessere Sichtbarkeit zu erreichen. Der ganze drehbare Teil l wird durch eine Feder gegen den Streifen c gedrückt (Abb. 1 u. 3). Schmilzt der Streifen c durch, so wird l gedreht. Die rote Marke m ist dann von vorn nicht mehr sichtbar (Abb. 2 u. 4). Der Platzbedarf der Sicherung wird durch die Abschmelzmarke nicht vergrößert. Durch die äußerst einfache Bauart der Anzeigevorrichtung wird ein stets sicheres Ansprechen gewährleistet.

Die beiden festen Kontakte d, die den Unterteil der Sicherung bilden, werden an der Schalttafel e mit Hilfe von Muttern, Gegenmuttern und besonderen Sicherungsscheiben befestigt. Die an jedem dieser Kontaktstücke vorgesehenen kräftigen runden Paßstifte f, die in entsprechende Bohrungen der Schalttafel eingreifen (Abb. 2), sollen dazu dienen, ein Verdrehen der Kontaktstücke zu verhindern. Die Rasten g sind angebracht, um auch bei starken Kurzschlüssen ein Abschleudern des Oberteils zu verhindern. Ein verkehrtes Einsetzen der Sicherung, das beim Auswechseln von Schmelzstreifen in der Eile leicht erfolgen könnte, wird durch zwei Anschlagwinkel k unmöglich gemacht, von denen der eine an einem der festen Kontaktstücke, der andere an dem einen Kontaktstück des Oberteils befestigt ist. Es sei noch bemerkt, daß auch bei schnellem Auswechseln von Sicherungen nicht die Gefahr eines Kurzschlusses entstehen kann, wie er bei offenen Streifensicherungen, die auf der Tafel ausgewechselt werden müssen, leicht z. B. durch Abgleiten eines Werkzeuges verursacht wird, wenn nicht die ganze Anlage vorher spannungsfrei gemacht wird. Dieser Fall kann bei den Griffsicherungen nie eintreten, da bei diesen das Auswechseln des Sicherungsstreifens an dem abgezogenen Oberteil erfolgt. Um ferner bei unsachgemäßem Einsetzen des Oberteils ein Verbiegen der Kontaktfedern an diesem zu verhindern, sind bei den Sicherungen für Stromstärken bis 200 A die doppelt gebogenen Bronzefedern h mit kräftigen U-förmig gestalteten Einsätzen i ausgerüstet (Abb. 1), während die Sicherungen für 250 bis 400 A mit kräftigen Fingerkontakten versehen sind, die durch Stahlfedern angedrückt werden.

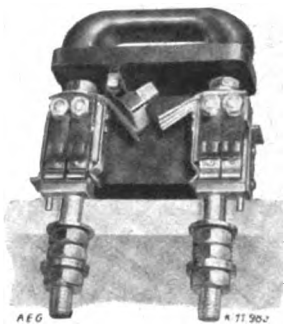


Abb. 4. Griffsicherung mit abgeschmolzenem Einsatz, Ausführung für 400 A.

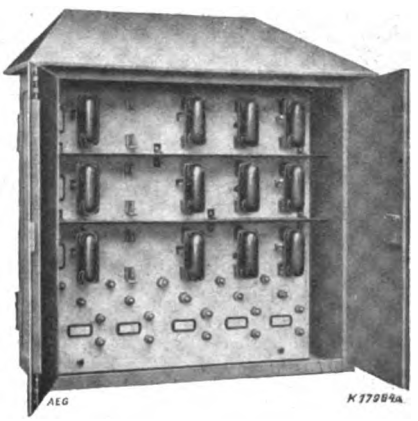


Abb. 5. Schrank mit Griffsicherungen.

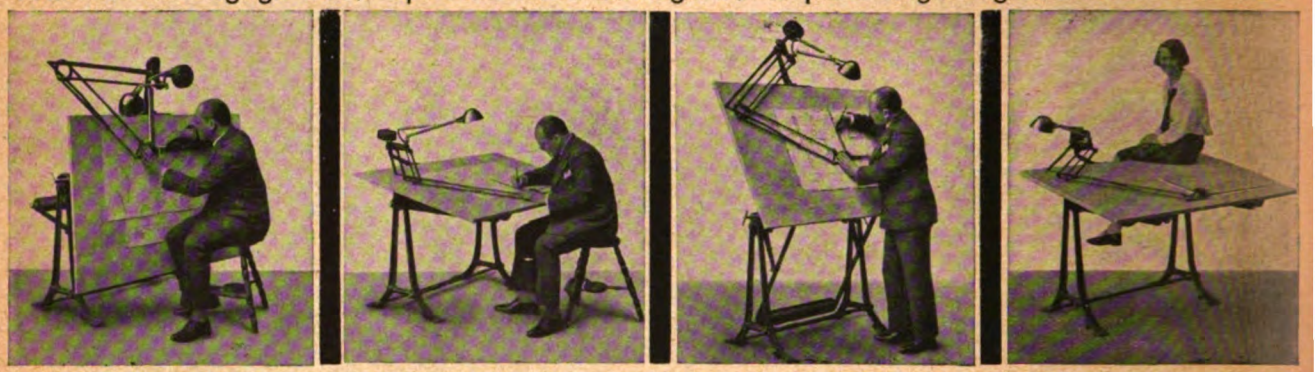
Die Sicherungen, die für gleiche Nennstromstärke unter sich austauschbar sind, vermögen verhältnismäßig starke Kurzschlüsse abzuschalten. Das Isoliermaterial der Giffe wird dabei in keiner Weise angegriffen.

In Abb. 5 ist ein Anwendungsbeispiel gezeigt.

Digitized by Google

Fingerspitzenkontrolle aller Bewegungen
Größte Genauigkeit der Arbeit

Vollkommen ausgeglichen / Spielend leicht beweglich / In jeder Lage augenblicklich feststellbar



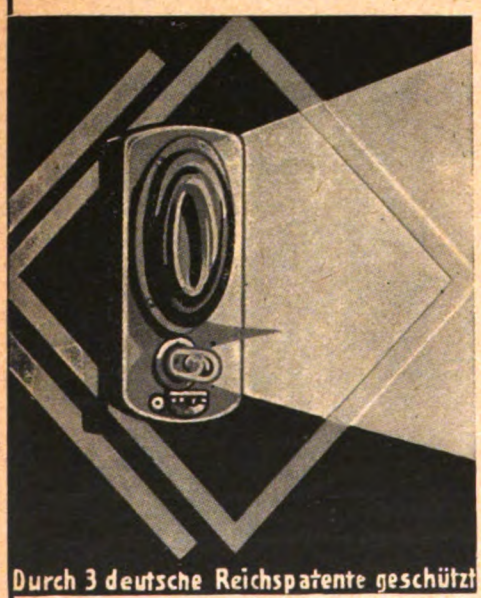
Keine Federn / Keine Abnutzung / Keine Kippgefahr / Geringes Gewicht / Kleinster Raumbedarf

ISIS PRÄZISIONS-ZEICHENTISCH Patente angemeldet
PRÄZISIONS-ZEICHENMASCHINE

eine wissenschaftlich richtig aufgebaute und nach den Grundsätzen des guten Maschinenbaues durchkonstruierte Gesamtheit

DR. GRAF GMBH GOTHA 12

Notbeleuchtung D.R.P.



Durch 3 deutsche Reichspatente geschützt

Automatisch wirkend!

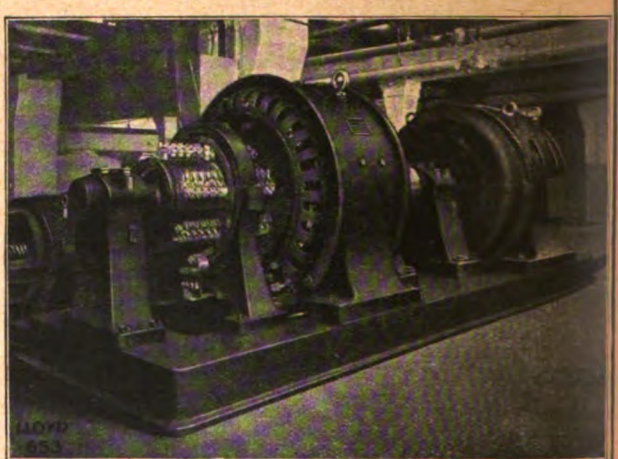
Selbsttätiges Aufladen der Akkumulatoren nicht nur bei Gleich-, sondern auch bei Wechselstrom!

Unbedingte Betriebssicherheit!

Tausende im Gebrauch!

Elektro-Schalt-Werk, A.-G.
Göttingen 4

LLOYD
SPEZIAL-MASCHINEN



Drehstrom - Gleichstrom - Umformer
Drehstrom - Synchron - Motor 500 PS, 5000 Volt, 1000 UpM. Gleichstrom - Dynamo 340 kW, 230 Volt für Papiermaschinen-Antrieb

LLOYD DYNAMOWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BREMEN.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 12. Juni 1930 | Heft 24

Geleitwort

zur Zweiten Weltkraftkonferenz, Berlin 1930.

Von Dr. Oskar von Miller.

Unendliche Schätze stellt die Natur der Menschheit für die Hebung ihrer Wohlfahrt zur Verfügung.

Um diese Schätze am zweckmäßigsten zu gewinnen, zu verteilen und zu verwenden, genügen nicht die Erfahrung und die Arbeit einzelner Menschen, einzelner Körperschaften oder Länder, sondern es muß die ganze Welt zusammenhelfen, wenn es gelingen soll, das körperliche und seelische Wohlbefinden der Menschen immer mehr zu heben.

Zu den wichtigsten Schätzen der Natur gehören die Energiequellen, die uns die Möglichkeit bieten, die schwachen Kräfte, die der Mensch selbst besitzt, ins ungemessene zu steigern. Um dies zu erreichen, ist es vor allem nötig, durch Austausch der örtlichen Erfahrungen und Kenntnisse zunächst ein klares Bild über das Vorkommen der Energie, ihre Art, ihre Lage, ihre Ergiebigkeit zu erhalten, weil nur dadurch eine rationelle Heranziehung der verschiedenen Energiequellen möglich ist.

Um die rohen Kräfte in nutzbare Energie zu verwandeln, ist es notwendig, die Fortschritte, die in den verschiedenen Ländern von Gelehrten, Ingenieuren, Fabriken und Unternehmungen bezüglich der Erzeugung, Speicherung und Umwandlung der Energie gemacht wurden, international zu vergleichen, zu sichten und die aussichtsreichsten Verfahren weiter zu verfolgen.

Sobald man über die Energiequellen und ihre zweckmäßigste Ausnutzung in allen Teilen der Welt unterrichtet ist, kann man prüfen, an welchen Stellen ein Überfluß, an welchen ein Mangel herrscht und wie der Überfluß an einer Stelle zum Ausgleich eines Mangels an anderer Stelle herangezogen werden kann, sei es, indem man transportable Energiequellen wie Kohle, Öl u. dgl. über Länder und Meere verschickt, sei es, indem man ortsgebundene Kräfte, wie die Wasserkräfte, über ganze Provinzen und Länder verteilt oder auch von einem Land in das andere überträgt.

Über die Mittel des Transportes müssen ebenfalls die Erfahrungen ausgetauscht werden, um die besten Methoden der Fernübertragung und Verteilung ausbilden zu können.

Bisher noch zu wenig beachtet, aber für die Zukunft von allergrößter Bedeutung ist die Frage, wie in den verschiedenen Ländern die erhältlichen Energiemengen in immer stärkerem Maße für die Zwecke des Verkehrs, der industriellen und gewerblichen Betriebe, der Landwirtschaft, der Beleuchtung sowie der Wärme- und Kälteerzeugung zum Nutzen der Menschheit Verwendung finden können. Zu diesem Zwecke ist es nötig, den Bedarf festzustellen und die Steigerung des Bedarfes mit der Steigerung der kulturellen Ansprüche auf lange Sicht zu ermitteln. Je mehr die Mittel des Transportes und der Verteilung der Energie verbessert werden, desto mannigfaltiger werden die Anwendungsgebiete, und es ist deshalb nicht zu verwundern, daß mit der Entwicklung der Elektrotechnik, die für den Transport und die Umwandlung der Energie von allergrößter Bedeutung geworden ist, auch die Verwendung der Energie in ungeahntem Maße zugenommen hat und noch weiterhin zunehmen wird.

Erst seit die Elektrotechnik den Beweis erbracht hat, daß man große Kräfte, die an einem Ort zur Verfügung stehen, mit wirtschaftlichem Erfolg übertragen und verteilen kann, hat die Ausnutzung der Energiequellen eine ungeahnte Bedeutung erlangt. Manche Fortschritte dieser Art sind, wie die erste große Kraftübertragung von Lauffen nach Frankfurt, zum ersten Male auf deutschem Boden den Ingenieuren und Wirtschaftlern der ganzen Welt bekanntgegeben worden. Möge auch die in Deutschland stattfindende Zweite Weltkraftkonferenz dazu beitragen, weitere Fortschritte in der Gewinnung, Erzeugung, Verteilung und Verwertung der Energie anzubahnen, um hierdurch die Schätze der Natur in immer höherem Maße dem Menschen dienstbar zu machen.

Digitized by Google

Zweite Weltkraftkonferenz, Berlin 1930

Generalberichte [1]

Sektion 1
Elektrizität in Haus- und Landwirtschaft
Dir. A. Petri

Sektion 2
Elektrizität in Industrie und Gewerbe
Dr.-Ing. R. Bingel

Sektion 3
Belastungsgebirge und Stromtarife
Dir. H. Henney

Sektion 4
Wirtschaftsprobleme der Hochtemperaturentgasung
Dipl.-Ing. B. Ludwig

Sektion 5
Gasabsatz
Dr.-Ing. K. Lempelius

Sektion 6
Kosten und Betriebsvergleich verschiedener Energiearten beim Abnehmer
Dr.-Ing. K. Rummel

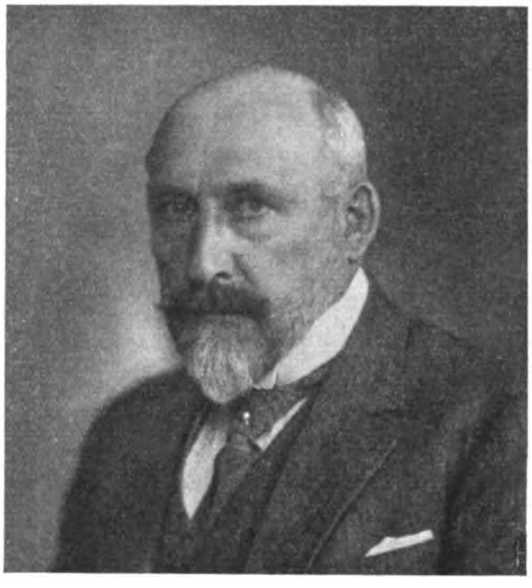
Sektion 7
Bau und Betrieb von Energiegroßanlagen
Dr.-Ing. M. Rehmer

Sektion 8
Werke mit kombinierter Energiewirtschaft, insbesondere auch Heizkraftwerke
Dr.-Ing. F. Marguerre

Sektion 9
Brennstoff-, Kraft- und Wärmewirtschaft in einzelnen Ländern
Prof. Dr.-Ing. W Pauer

Sektion 10
Dampf- und Gasturbinen und Kolbenmaschinen
Prof. E. Josse

Sektion 11
Kessel und Feuerungen
Dr. F. Münzinger



Dr.-Ing. E. h. **Carl Köttgen**
Vorsitzender der Zweiten Weltkraftkonferenz

Sektion 19
Schaltanlagen einschl. automatischer Steuerung von Kraftwerken sowie Fernmessung und Nachrichtenübermittlung
Dr.-Ing. H. Probst

Sektion 20
Energieübertragung und Energiefluß in einfach und mehrfach gekuppelten Netzen
Prof. Dr.-Ing. W. Petersen

Sektion 21
Erdung, Blitzschutz und gegenseitige Beeinflussung in Starkstrom- und Schwachstromleitungen
Prof. Dr.-Ing.
R. Rüdenberg

Sektion 22
Einzelprobleme der Elektrizitätswirtschaft verschiedener Länder
Dr.-Ing. Adolph

Sektion 23
Weltprobleme der Energiewirtschaft
Dipl.-Ing. F. zur Nedden

Sektion 24
Wasserrechtliche Fragen
Präs. P. Schlegelberger
und F. Wilke

Sektion 25
Gesetze und staatliche Einflußnahme auf die Gas- und Elektrizitätswirtschaft
Geh. Baurat E. Block

Sektion 26
Eisenbahnen mit Dampf- und elektrischem Betrieb
Reichsbahndir. Dr.-Ing.
F. Fuchs und Reichsbahndir. Dr.-Ing. W. Wechmann

Sektion 27
Energiewirtschaft auf Schiffen
Ministerialrat W. Laudahn

Sektion 12
Feste Brennstoffe, Gewinnung, Handel und Verarbeitung
Prof. Dr.-Ing. P. Rosin

Sektion 13
Methodik und technisch-wirtschaftliche Fragen bei der Ausnutzung von Wasserkräften
Prof. Dr.-Ing. D. Thoma

Sektion 14
Staumauern
Geh. Baurat Dr.-Ing. Soldan

Sektion 15
Wirtschaftliche Fragen der Großkraftspeicherung
Prof. Dr.-Ing. R. Haas

Sektion 16
Wasserkraftwirtschaft in einzelnen Ländern
Ministerialrat Dr.-Ing. Krieger

Sektion 17
Zusammenarbeit verschiedener Energieerzeugungsanlagen
Prof. A. Rachel

Sektion 18
Bau von Großgeneratoren und -transformatoren und anderen elektrischen Maschinen
Prof. Dr.-Ing. M. Kloss

Sektion 28
Gewinnung von natürlichen und künstlichen Ölen, ihre Umwandlung und die Eigenschaften der Motor-Treibstoffe
Dr. K. Sohn

Sektion 29
Ortsfeste Verbrennungsmotoren und Verbrennungsmotorforschung
Prof. Dr.-Ing. Nägel

Sektion 30
Fahrzeug- und Flugzeugmotoren
Dr. Heller und Min.-Dir. Dr. Brandenburg

Sektion 31
Kraftübertragung in Fahrzeugen und in Werkstätten
Prof. Dr.-Ing. Kammerer

Sektion 32
Forschungsarbeiten
Prof. Dr.-Ing. Föttinger

Sektion 33
Normungsprobleme und Methodik der Statistik
Dr.-Ing. Neuhaus und Dr. Leiße

Sektion 34
Ausbildung
Prof. U. Lohse

[1] Mit den Namen der Generalberichterstatter.

Digitized by Google

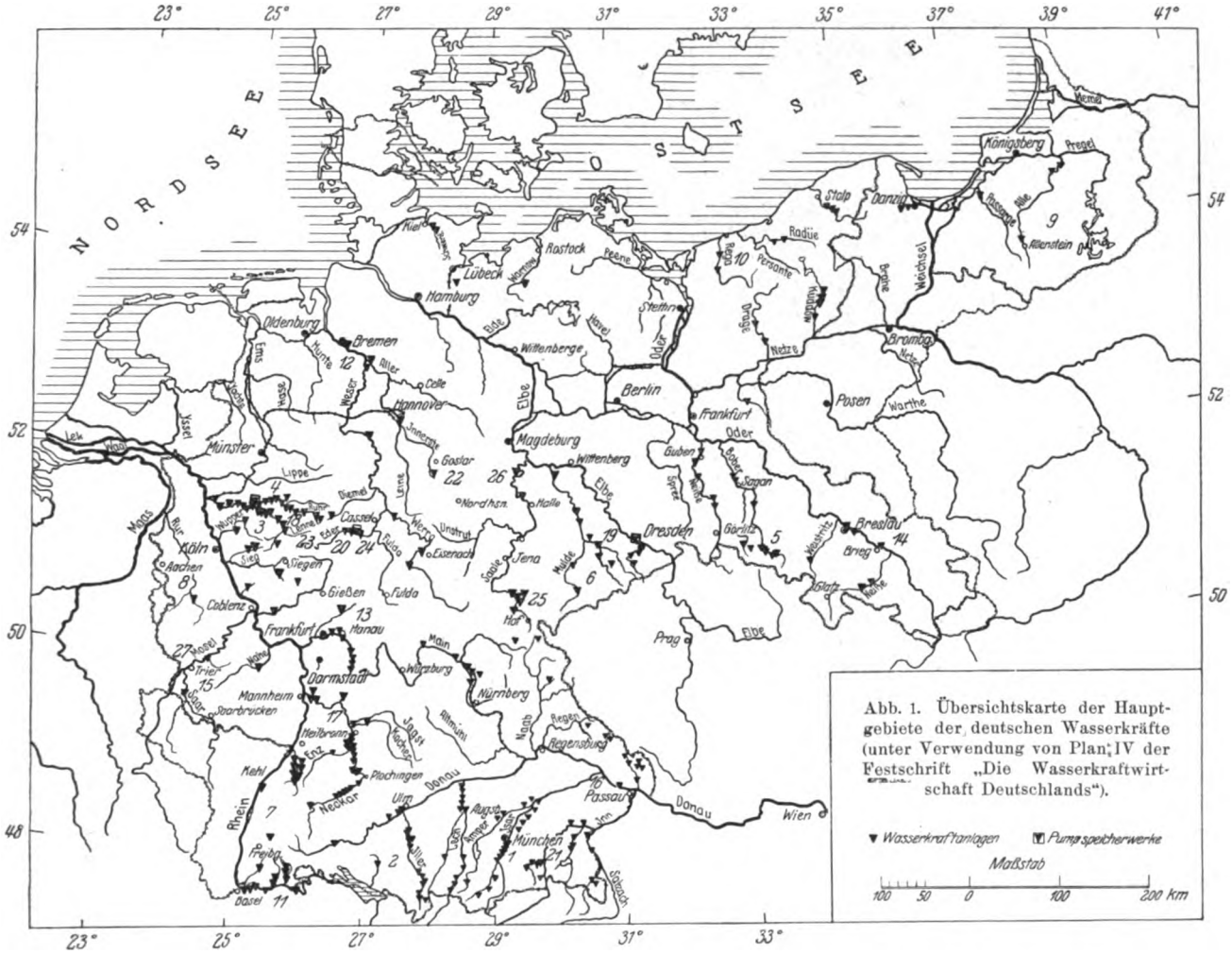
Die Energiequellen Deutschlands.

I. Die Wasserkräfte.

Von Prof. Oberbaurat **E. Mattern**, Berlin.

1. Geographische Verteilung.

Die deutschen Wasserkräfte gehören dem Flachlande, dem Mittel- und z. T. dem alpinen Hochgebirge an. Entsprechend dieser Geländegestaltung kommen Niederdruckanlagen bis etwa 10 m Gefällhöhe, Mittelnutzhöhen von 10 bis 50 m und Hochdruckwerke mit Gefällen bis 360 m vor. Den Norden beherrscht das Flachland mit geringen Niederschlagshöhen (jährlich rd. 600 mm) und Gefällen. Hier lassen sich aber vielfach natürliche Seeregelungen und



Erläuterungen zur Übersichtskarte (mit Benennung der größeren Werke). Die Zahlen beziehen sich auf die Zahlen in der Karte.

I. Hochgebirge

1. **Bayern**, teilweise mit Seeausgleich (Walchensee-Leitzachwerk). Mittlere Isar. Innwerk
2. **Württemberg** (Illerkraftstufen)

II. Mittelgebirge

3. **Wuppergebiet.** Anlagen überwiegend mit **Jahresspeicherausgleich**, daneben Tagesausgleichweiher für Trinkwasser- und Kraftgewinnung sowie Niedrigwassererhöhung der Triebbäche. Die Wiege des deutschen Talsperrenbaues neben den ehemalig deutschen Vogesensperren (Kraftwerk Solingen)
4. **Ruhrgebiet.** Überwiegend Jahresspeicher, daneben Tagesweiher. Für Grundwasserspeisung und Kraftgewinnung (Möhnekraftwerk)
5. **Schlesien.** Mit Jahresspeichern für Hochwasserschutz und Kraftgewinnung (Mauer, Marklissa, Goldentraum)
6. **Sachsen.** Überwiegend mit Talsperrenausgleich für Trinkwasser, Hochwasserschutz und Kraftgewinnung (Wurzen)
7. **Baden**, z. T. mit Talsperrenausgleich (Murgkraftwerk)
8. Nordeifel (Kraftwerk Heimbach)

III. Flachland

9. Ostpreußen } mit Ausgleich durch natürliche
10. Pommern } od. künstliche Speicher Friedland, Groß-Wohnsdorf, Roßnow

IV. Flußkanalisierungen

11. Oberrhein (Rheinfelden, Laufenburg, Augst-Wylen, Eglisau)
12. Weser (Hemelingen, Dörverden)
13. Main (Aschaffenburg, Krotzenburg)
14. Oder (Jannowitz, Breslau)
15. Saar und Mosel (Mettlach, Dhron)
16. Donau (Kachlet)
17. Neckarkanalisierung (Untertürkheim, Ladenburg, Wieblingen usw.)

V. Pumpspeicheranlagen

18. Hengstey
19. Niederwartha
20. Edertalsperre
21. Leitzachwerk

VI. Im Bau (Staubecken zugleich für Kraftgewinnung)

22. Talsperren u. Wasserkraftanlagen im Westharz
23. Sorpestaudamm in Westfalen für Grundwasserspeisung
(zu 5) Staubecken in der Neiße bei Ottmachau
24. Bringhausen (Pumpspeicherwerk)
25. Bleilochsperre (Thüringen)
(zu 7) Schluchseewerk im südlichen Schwarzwald (Baden)
(zu 11) Ryburg-Schwörstadt am Oberrhein

VIII. Planungen

Preußen

26. Ostharz an der Bode
27. Südeifel an der Ur — (zu 8) Nordeifel an der Rur

Bayern

(zu 1) Lechtalsperren
(zu 1) Ausbau der unteren Isar und des Inn

Baden

(zu 11) Oberrhein (Dogern, Reckingen, Säckingen, Waldshut-Kadelburg)
(zu 7) Speicherkraftwerk Egg

Digitized by Google

künstliche flache Staubecken anlegen. Das Mittelgebirge Deutschlands bietet geräumige Talbecken für Stauweiher und mittlere Gefälle, die Niederschlagshöhen schwanken

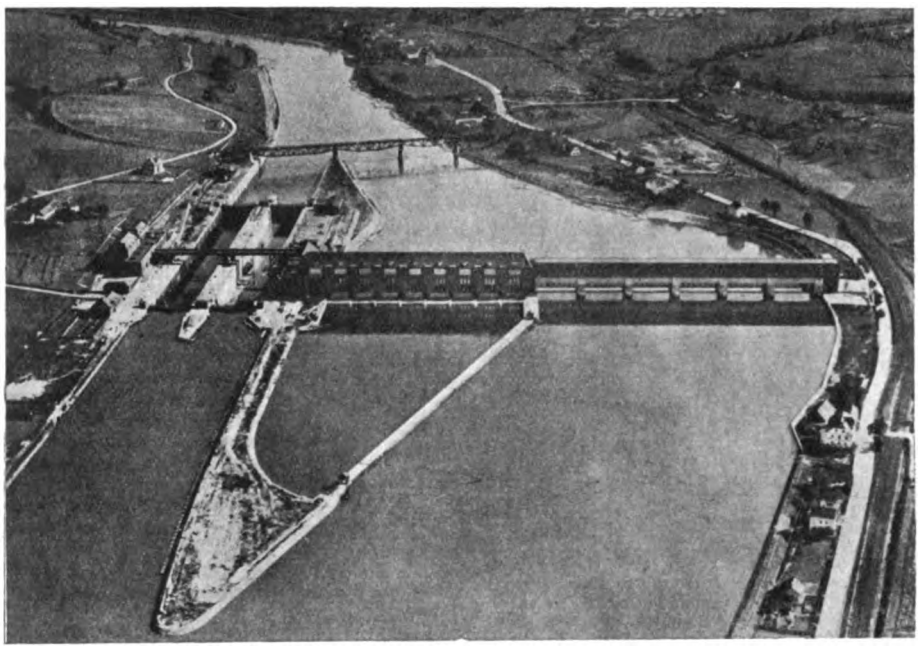


Abb. 2. Kachletstufe bei Passau.

um 1000 mm jährlich. Im Süden zeigt sich z. T. eine alpine Wasserwirtschaft mit hohen Niederschlägen bis mehr als 2000 mm im Jahr und steilen Gefällen, reicher Wasserführung im Sommer und knappem Winterwasser. Große Seen bieten hier die Möglichkeit zum natürlichen Ausgleich des Wasserabflusses; vereinzelt können auch, unbeschadet der starken Geschiebeführung der Flußläufe, künstliche Staubecken, z. B. am Lech in Bayern, hergestellt werden.

Erwähnt seien im einzelnen u. a. die Wasserkraftverhältnisse von Ostpreußen (Regelung natürlicher Seen für Landeskultur, Kraftwerke Friedland und Groß-Wonsdorf), Schlesien (Hochwasserschutzbecken mit Kraftgewinn, Werke: Marklissa — Mauer — Goldentraum), Pommern mit einer Reihe kleiner Staubecken und Kraftwerke, ferner das Wupper- und Ruhrgebiet mit seinen Sammelbecken für Trinkwassergewinnung und Triebwasservermehrung, der Ruhr-Talsperrenverein mit seinen großen Anlagen für Grundwasserspeisung neben der Kraftgewinnung, die Kraftverhältnisse in Bayern[1] (Wasserkraftwerke oberhalb München, Walchenseewerk, Mittlere Isar, Inn- u. Alzwerke, Margarethenwerk u. a. m.), in Baden (Murg- und Schluchseewerk), die Neckarkanalisierung, der Oberrhein, Basel-Bodensee[2]), Donau-Main-Kanal, die Donau (Kachletstufe, Abb. 2) und schließlich Sachsen (s. Abb. 1 und die dazugehörigen Erläuterungen). Auf einige Einzelheiten wird noch eingegangen werden.

2. Grundlagen für den Ausbau.

Grundsätzliches über Wassermenge und Gefälle[3]. In der Ausnutzung der Wassermengen geht man heute, wo die Kraftwerke meistens mit Wärmekraftwerken zusammenarbeiten, höher als früher. Ehedem nutzte man eine neunmonatliche Wassermenge aus. Die neuen Betriebsformen haben andere Bedingungen geschaffen; heute geht man auf ein Betriebswasser hinaus, das an 4, 3, ja 2 Monaten im Jahre in den Flüssen vorhanden ist. Die Flußkanalisierungswerke werden daher auf das 2 ... 2½fache Mittelwasser, Talsperrenwerke mit langen Zuleitungen für beschränkte Spitzenleistung auf das dreifache Mittelwasser ausgebaut, während man für Kraftwerke, die am Fuße von Talsperren oder einer Seespeicherung gelegen sind, also kurze Rohrleitungen haben, und wo die Maschinen starke Schwankungen für Augenblicksleistungen vertragen, das Betriebswasser bis auf das Achtfache und höher, je nach dem Verwendungszweck der Kraft steigert. So z. B. hat das Walchenseewerk (Abb. 3) eine mittlere Leistung von wenig mehr als 20 000 PS und ist auf fast 170 000 PS ausgebaut.

Bei der Gefällgewinnung ist man bemüht, hohe Stufen zusammenzufassen, wo die örtlichen Verhältnisse es erlauben. Am Oberrhein werden die Wehre in die tiefeingeschnittenen Täler des Stromes eingebaut (Laufenburg, Augst-Wyhlen, Eglisau, Ryburg-Schwörstadt u. a., ferner Mettlach an der Saar u. a. m.). Lange Betriebskanäle mit hohen Staustufen von 20 m und mehr haben die Mittlere Isar, das Innwerk, die Alzwerke, die Neckarkanalisierung, der Donau-Main-Kanal usw. Der im allgemeinen im Gebirge anerkannte Stollenbau ist in Deutschland nicht immer anwendbar, weil dadurch der Kulturwirtschaft an langen Flußschleifen leicht Wassermengen schadenbringend entzogen werden. Eher findet sich dazu die Möglichkeit im Hochgebirge (Murgwerk). Das Walchenseewerk ist ein Beispiel der verschiedensten Arten von Gefällerschließung (Kanal, mehrfache Stollen, Druckrohre) und einer natürlichen Seeregelung. Entwürfe für Regelung natürlicher Seen zur Trinkwasservermehrung sind vom Verfasser für das Gebiet der Oberen Spree (Schwielochsee) aufgestellt worden[4].

[4] Weiteres s. Techn. u. Wirtsch. 1919, S. 733.

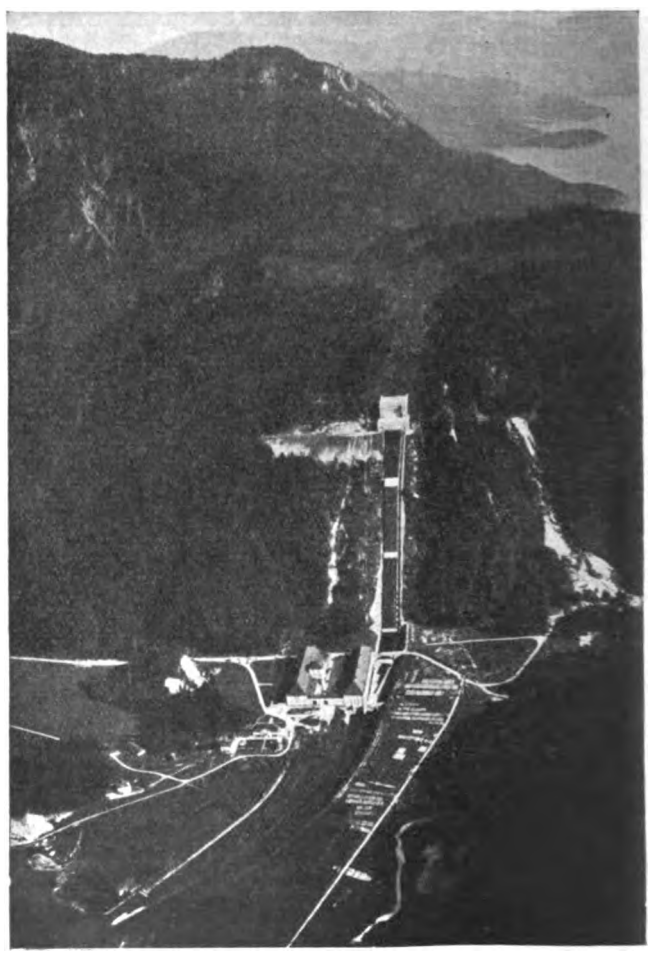


Abb. 3. Walchenseewerk.

[1] ETZ 1917, S. 596; 1918, S. 490; 1919, S. 492; 1920, S. 745; 1924, S. 307; 1925, S. 1 u. 985; ferner Z. VDI. 1922, S. 1013, 1923, S. 1 u. Wasserstraßenjahrbuch 1922, S. 87.

[2] Näheres Z. VDI. 1924, S. 752; ETZ 1919, S. 492.

[3] Vgl. auch Dt. Bauzeitung 1925; Konstruktion u. Bauausführung Nr. 8, S. 161 u. f.

Digitized by Google

Beispiele eigenartiger Rohrleitungen bieten das Kraftwerk der Talsperre der Stadt Nordhausen (Gefälle 192 m) mit vielen Höhen- und Tiefpunkten in der Linienführung[5], die mancherlei Sicherungen nötig machten, die Hochdruckleitung des Murg- und Schwarzenbachwerkes, die mit 360 m das größte deutsche Gefälle hat, und die Dükerüberführung der Leitzachwerke in Bayern[6]. An der Radaune im Freistaat Danzig ist bei Groß-Bölkau ein Eisenbetonrohr von ungewöhnlichen Abmessungen (Durchmesser 3,6 m) für Spitzenleistungen ausgeführt. Die eisernen Druckrohre der Mittleren Isar haben bis 5 m Durchmesser.

3. Stand des Ausbaues.

Die neuzeitliche Entwicklung der deutschen Wasserkraftnutzung ging im Anfange dieses Jahrhunderts von den Talsperren aus, und die Wasserkraftnutzung fand damals einen wesentlichen Teil ihrer Einträglichkeit durch diese an sich kostspieligen Unternehmungen, die aber vielseitige Nutzwirkungen ermöglichen. Als die erste Anlage

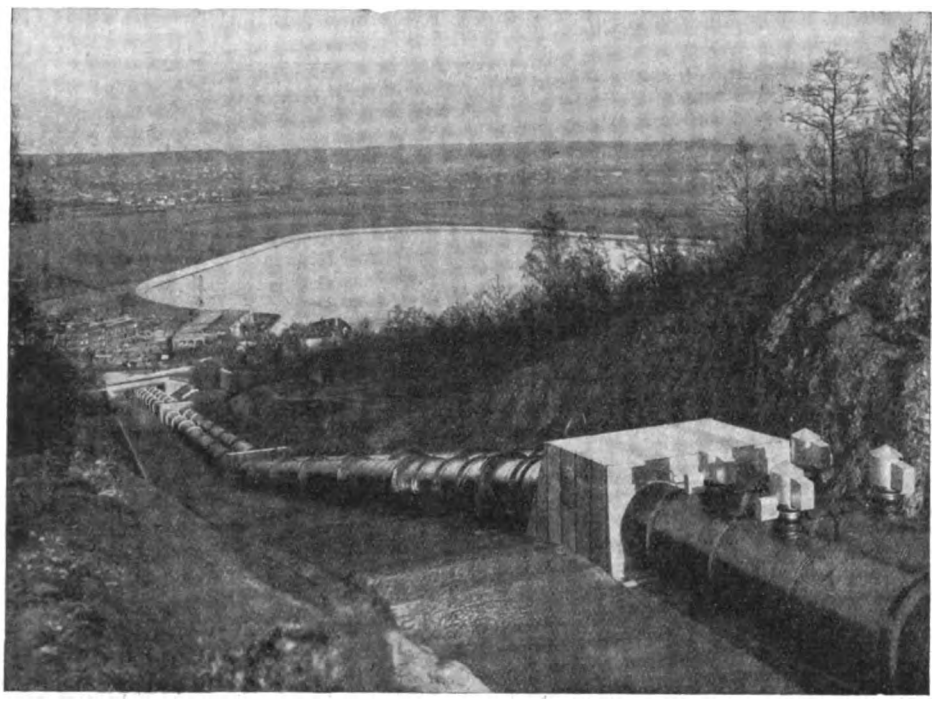


Abb. 4. Pumpspeicherwerk Niederwartha.

dieser Art sei die unter Leitung des Verfassers erbaute Kraft- und Trinkwasserversorgung von Solingen im Rheinland erwähnt, die noch dadurch ein besonderes Gepräge erhält, daß im Maschinengebäude ein Hoch- und Niederdruckwerk vereinigt sind. Ersteres wird mit 50 m Gefällhöhe von der Talsperre, letzteres mit 5 m Höhe von der Wupper angetrieben[7]. Nach dem Kriege machte die hydraulische Kraftwirtschaft zunächst eine große Aufwärtsbewegung infolge der Knappheit und Teuerung der Kohlen. Der Aufstieg, der sich zum Teil in Ausführungen, mehr noch in Planungen erkennbar machte, flaute aber bald ab, als wieder eine feste Geldwährung gefunden wurde, und heute stehen die Wasserkräfte in Deutschland wie auch anderwärts im schweren wirtschaftlichen Kampfe mit der Wärmekraftwirtschaft, vornehmlich deshalb, weil die vollkommenere Wärmetechnik die Verwertung hoher Dampfdrücke und bessere Ausnutzung der Kohlenenergie ermöglicht. Dazu treten die Knappheit an Geldmitteln, die gesteigerten Bau- und Betriebskosten, der hohe Zinsfuß für die ansehnlichen bei Wasserkraftwerken und Talsperren anzulegenden Kapitalien, die erheblich höher sind als bei Dampfkraftwerken.

Nicht nur die hydraulische Energiewirtschaft, sondern der gesamte deutsche Wasserbau, sowohl im Verkehrs- wie Kulturwasserbau, befindet sich zur Zeit in einer Art Krise. Es zeigt sich ein mit Hindernissen belastetes Bauwesen, veranlaßt nicht nur durch die geldliche Bedrücktheit, sondern im Verkehrswasserbau auch durch die Abneigung vieler wirtschaftlicher Kreise gegen den Bau von Kanälen und durch den Wettbewerb anderer Verkehrsmittel, besonders der Eisenbahnen. Einige der großen wasserbaulichen und staatlichen Schiffahrts- und Kraftunternehmungen sind dadurch ganz zum Stillstand gekommen, z. B. der Masurische Seenkanal, bei anderen, wie bei der Neckarkanalisierung, haben angefangene Bauabschnitte jahrelang stillgelegen, noch andere wie der Donau-Main-Kanal ziehen sich bei schleppendem Baufortgange ins Ungewisse hin.

Nach dieser im ganzen aber doch vorübergehenden Abflauung scheint die Erkenntnis wieder durchzudringen, daß die schwieriger werdenden Abbauverhältnisse der Kohle und besonders das kommende Ende der Braunkohle sowie ihre Bedeutung für die chemische Industrie die Kohlenpreise und damit den Zukunftswert der Wasserkräfte steigern werden. Weitblickende Wirtschaftsführer wenden darum ihre Aufmerksamkeit erneut der Wasserkraft, im besonderen den Speicherungen in Talsperren und den Pumpspeicher-Spitzenwerken zu, diesen auch, um den sonst unverkäuflichen Nachtstrom der Dampfelektrizitätswerke abzusetzen und die Wärmekraftwerke gleichmäßig auszunutzen. Dieser Gesichtspunkt ist neuerdings auch für den Speicherbetrieb in den Stauhaltungen der Flußkanalisierungen mit hohem Stau wesentlich geworden. Man erkennt im übrigen immer mehr, daß die Frage des Kraft- und Talsperrenbaues eine nicht rein bautechnische ist, sondern neben der wirtschaftlichen auch eine hervorragend betriebstechnische und energiewirtschaftliche Seite hat, die vornehmlich durch das Zusammenarbeiten verschiedenster Wasserkraft- und Wärmekraftanlagen bedingt ist.

Gebirgswasserkräfte.

Die ertragversprechenden Werke der Wasserkraftwirtschaft sind naturgemäß stärker gefördert worden als die in privatwirtschaftlichem Sinne überwiegend mit Zuschuß arbeitenden Betriebe des Wasserstraßenverkehrs. Eine Reihe von Werken ist neuerdings ins Leben gerufen und ihre Verwirklichung begonnen oder gefördert. Im Elbe- und Harzgebiet sind u. a. die großen Sperren an der oberen Saale zu nennen, deren Bau eingeleitet ist und deren endgültige Finanzierung gesichert erscheint (Bleilochsperre 215 Mill m³, Hohenwarthe 190 Mill m³). Ebenso ist der Söse-Staudamm im Südwestharz (50 m Höhe) annähernd fertiggestellt.

Im Schwarzwald ist das Schluchseewerk zur Ergänzung der Rheinkraft in Angriff genommen[8]. Von den bayerischen Werken ist u. a. der weitere Ausbau der Mittleren Isar[9] und die Erweiterung der Leitzachwerke (Erhöhung der Spitzenleistung auf 27 000 kWh, ebenfalls mit einer Pumpspeicheranlage verbunden) gefördert worden. In Schlesien wurde im Rahmen des Talsperrensystems am Bober und Queis das Spitzenwerk Boberullersdorf mit 15 m Stau und 2 Mill m³ Speicherinhalt, ferner das Stauwerk bei Boberröhrsdorf und an der Iller das Werk von Unterdettingen in Betrieb genommen. In Sachsen sind eine Reihe von Talsperren mit Kraftwerken erbaut worden. Die Talsperre der Stadt Nordhausen wurde nach dem Entwurf des Verfassers erhöht, um größeren Stauraum zu gewinnen[10]. Immerhin kommen andere gut ausbauwürdige Wasserkraftprojekte nicht zur Verwirklichung, wie z. B. im Ostharz an der Bode und in der Nordeifel. Das hat seine besonderen Gründe. In deutschen Mittelgebirgen sind im Gegensatz zum alpinen Hochgebirge derartige Unternehmungen vielfach mit anderen Interessen, wie der Landeskultur, der Grundwasserspeisung, dem Hochwasserschutz usw., sehr enge verbunden, die die freie Auswertung der Kraftmöglichkeiten einengen. Dazu kommt, daß Landwirt-

[5] Abgebildet in Mattern, Ausnutzung der Wasserkräfte, 3. Aufl. S. 362. Verlag Wilh. Engelmann, Leipzig 1921.
[6] Höhenplan bei Mattern, wie Fußnote 5 S. 518.
[7] Genaue Beschreibung: Z. Bauwes. 1904, S. 295.
[8] Wasserkr. u. Wasserwirtsch. Bd. 24, S. 105 (1929).
[9] VDI-Nachr. 1928. Nr. 3. Wasserkraftjahrbuch 1927/28, S. 8.
[10] Z. VDI 1923, S. 613.

Digitized by Google

schaft und Hochwasserschutz nur schwer oder gar nicht zur Übernahme von Baukosten geneigt sind, falls nicht der Staat unterstützend eingreift. Da aber, wie betont, auch weitgehende allgemeine staatliche Interessen der Landeskultur mit solchen bedeutenden Unternehmungen verknüpft, Reich und Staat aber, wie bemerkt, z. Z. knapp an Geldmitteln sind, solche Pläne aber nicht aus der Hand zu geben und zur Ausnutzung der freien Industrie zu überlassen geneigt sind, so stockt die Nutzbarmachung und kommt bei manchen an sich recht wertvollen Speichermöglichkeiten nicht vom Fleck.

Ein neues Mittel, um die Wasserkräfte in ihrem Wettbewerb mit den Wärmekräften zu stärken, ist die Pumpspeicherung für Gewinnung von Spitzen- und Augenblicksdeckungen (Abb. 4). Die Anfänge gehen bis auf das letzte Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts in kleinen Anlagen zurück, die im Auslande (Italien, Schweiz) wie auch in Deutschland ausgeführt sind. Vorteilhaft sind hierbei kurze Wasserzuleitungen, um sich den Bedarfsschwankungen schnell anschließen zu können. Wegen der hohen Übertragungskosten und Stromverluste ist es vorteilhaft, wenn man mit dem Speicherwerk nahe an den Verbrauchsmittelpunkt herangehen kann, während ständig abgegebene Grundkraft eher aus entfernten Gebieten geholt werden darf. Diese Gunst der Örtlichkeit ist bei natürlichen Spitzenwasserkräften selten und auch bei künstlichen Pumpspeicherungen nur ausnahmsweise vorhanden. Die Kosten für die Krafteinheit aus Talsperren-Spitzenwerken und der Pumpspeicherung können hiernach durch die letztere erheblich gesenkt werden. Der Kraftabsatz und damit die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens erscheinen meist gesichert, ohne daß bei Pumpspeicherungen, die an Staubecken errichtet werden, die sonstigen Vorteile für die Landeskultur, Landwirtschaft, Trinkwasserversorgung, für die Triebwerke und die Schiffahrt durch Beiträge aufgewogen werden. Die Nutzwirkungen fallen manchen dieser Wirtschaftsgebiete mitunter kostenlos zu.

Die erste große deutsche Anlage war das Pumpspeicherwerk in Verbindung mit der Schwarzenbachsperre (Abb. 5), das vor einigen Jahren in Betrieb genommen wurde[11] (Hubhöhe 366 m). Aus dem Wesergebiet sei das nachträglich eingebaute Pumspeicherwerk an der Edertalsperre[12] mit 37,5 m Förderhöhe erwähnt. Im Ruhrgebiet ist die vereinigte Pumpspeicherung und Flußklärung von Hengstey (Herdecke[13]) für das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk, in Niederwartha, nahe bei Dresden, die eigenartige Pumpspeicheranlage mit einem Staudamm von 42 m Höhe für die Spitzendeckung der Überlandversorgung in Sachsen kürzlich dem Betriebe übergeben[14]. Zu nennen sind ferner noch die entsprechende Erweiterung der Leitzachwerke in Bayern[15] und die Pumpspeicherung von Mittweida. Die Preußische Elektrizitäts AG. errichtet gegenwärtig eine bedeutende Pumpspeicheranlage bei Bringhausen (Wesergebiet) mit einer Förderhöhe von 300 m. Deutschland darf heute als das führende Land auf diesem Kraftgebiet bezeichnet werden.

Kraftwasser- und Schiffahrtstraßen. Der Bau von gemeinsamen Schiffahrts- und Kraftwasserstraßen beschäftigt die deutschen Verwaltungen und die Öffentlichkeit seit langen Jahren, und es sind auch eine Reihe von Werken an der Weser, der Oder und dem Main, am Rhein und der Donau ausgeführt worden. Zur Zeit im Bau sind solche Anlagen bei der Neckarkanalisierung, und das große Werk in der Donau am Kachlet bei Passau ist fertiggestellt. Im mittleren Laufe der größeren Flüsse sind dabei Gefälle bis 20 m und bedeutende Wassermengen bis 1000 m³/s (Ryburg-Schwörstadt) ausgebaut worden, wobei man für die Bemessung der Schiffschleusen von dem 1200- bis 2000 t-Kahn ausgeht, um dem durchgehenden großen Verkehr zu dienen und die Wasserstraße gleich leistungsfähig mit dem Landverkehr der Eisenbahnen und Lastkraftwagen zu machen. Der Kernpunkt ist hierbei die Frage der Fließgeschwindigkeit für die Schiffahrt, die Entleerung des abgesperrten Flußlaufes (für die Landeskultur) sowie die Frage der Ausnutzung der Stauhaltungen für beschränkten Speicherbetrieb und die Schiffahrt. Während in den Strömen mit breitem Querschnitt Wassergeschwindigkeiten von mehreren Metern ohne Schaden für die Schiffahrt hingenommen werden können, liegt die Sache in engen Schiffahrtskanälen wesentlich anders. Die Schiffahrt braucht hier ruhiges Wasser, die Kraftausnutzung bedingt fließendes Wasser. Wo liegt die Grenze? Eine zu große Fließgeschwindigkeit erzeugt Widerstände für die sich fortbewegenden Schiffe und damit steigt der Kohlenverbrauch. Stromab ist die Steuerfähigkeit vermindert, besonders für leerfahrende Fahrzeuge. Man wird in kleinen Kanälen, wo getreidelt wird, $v = 40$ cm/s als Höchstmaß, in 600 ... 1000 t-Kanälen 60 bis 70 cm/s als Grenze ansehen müssen, während man in ganz großen Kanälen und bei Flußkanalisierungen wohl höher gehen darf. Ein Mindestmaß von Wasser muß im entleerten Flußlauf für die Zwecke der Landwirtschaft und Landeskultur verbleiben[16].

An der Kachletstufe[17] hat nach einem Probebetrieb im Herbst 1927 der endgültige Betrieb eingesetzt. Ferner ist bei der Neckarkanalisierung in Untertürkheim, Ladenburg, Wieblingen und Neckarsulm-Kochendorf usw. der Betrieb eröffnet und die Staustufen von Münster und Cannstatt bei Stuttgart, Obereßlingen, Horkheim oberhalb Heilbronn und Heidelberg u. a. sind im Bau und annähernd fertig. Jede Staustufe besteht aus Wehr, Schleuse und Krafthaus und wird für das 180-Tage-Wasser ausgebaut. Begonnen hat der Bau des Großkraftwerkes Ryburg-Schwörstadt a. Rh. auf der deutsch-schweizerischen Grenze[18]. Der künftige Ausbau des Schiffahrtsweges wird dabei berücksichtigt, ohne daß man zunächst die Schleusen baut, um die Wasserkraft von unnötiger Belastung freizuhalten.

Abb. 5. Blick auf die Schwarzenbach-Talsperre mit Stausee.

Der Talsperrenbau für Kraftzwecke[19] hat in dem erwähnten Rahmen der beschränkten Geldmittel immerhin merkbaren Zuwachs, besonders im Staate Sachsen, erhalten. Einige dieser Anlagen sind oben erwähnt.

Die Speicherungen im norddeutschen Flachlande nehmen lebhaften Fortgang, nachdem die Erfahrungen in Pommern erwiesen haben, daß auch in sandigem Gelände Staubecken geschaffen und dadurch ansehnliche Gefälle bis 20 m gewonnen und in einer Reihe von Kraftwerken genutzt werden konnten, die zwar nicht überragende Leistungen aufweisen, aber immerhin in dieser Richtung bahnbrechend und aufklärend gewirkt haben. Auch Hanghochbecken dürften unter solchen örtlichen Verhältnissen keine unüberwindlichen Schwierigkeiten bereiten, was für die Spitzendeckung wichtig werden kann. Allerdings ist hier der starke und schnelle Wasserstandswechsel in den Stauweihern bedenklich wegen des dadurch zeitweise im Dammkörper entstehenden inneren Über-

[11] ETZ 1926, S. 1288.
[12] ETZ 1913, S. 182.
[13] ETZ 1930, S. 733.
[14] Ein Aufsatz hierüber wird demnächst in der ETZ erscheinen.
[15] Wasserkr. u. Wasserwirtsch. Bd. 24, S. 163 (1929).
[16] Weiteres s. Mattern, Die Wasserstraßen, Hafen- und Landeskulturarbeiten in Wirtschaft und Verkehr. Leipzig 1922, S. 289 u. f. Techn. Wirtsch. 1919, S. 506 u. 733.
[17] ETZ 1927, S. 957.
[18] Z. VDI. 1928, S. 801.
[19] Genaueres s. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Band Talsperren, S. 24.

Digitized by Google

druckes. Das Staubecken von Ottmachau an der Neiße (Odergebiet) von rd. 140 Mill m³ Stauraum, in erster Linie zur Aufhöhung des Niedrigwassers der Oder für Schiffahrtszwecke bestimmt, ist im Bau und soll mit einem Spitzenwerk von etwa 9300 kW Leistung verbunden werden[20]. Weitere Speicherungen dieser Art werden geplant.

Staudämme von bisher ungewöhnlicher Höhe, bis 60 m, sind z. Z. in Deutschland an der Sorpe[21] (Ruhrgebiet) und Söse (Westharz) im Bau und werden vielfach geplant. Auch hierzu gab das Verlangen nach sparsamer Bauweise den Anstoß. Ob so hohe Dämme auch in unseren stark kultivierten Tälern die geeignete Bauart sind und damit einen technischen und wirtschaftlichen Fortschritt bedeuten, werden die Betriebserfahrungen ergeben. Wenn zwar das eigentliche Stauwerk billiger ist, so erfordern große Dammstaubecken kostspielige Hochwasserentlastungs- und Betriebsanlagen, die die Ersparnis am Dammkörper wieder aufheben können.

Die gemauerten Talsperren haben in Deutschland bisher 60 m nicht überschritten, doch liegen durchgearbeitete Pläne für Mauern über 100 m vor, wie wir sehen werden.

Beim Bau der gemauerten Talsperren ist man auf der Grundlage einer genauen Theorie und besserer Kenntnis der Eigenschaften der Baustoffe zu einer wesentlich höheren Ausnutzung ihres Widerstandsvermögens gekommen als vor dem Kriege. Vornehmlich werden Schwergewichtsmauern mit gekrümmtem Grundriß ausgeführt. Der Bogenform, besonders der vereinigten Bogen- und Stützmauer, wird bei den gemauerten Talsperren wegen der großen wirtschaftlichen Erfolge stets mehr Aufmerksamkeit zugewendet, weniger Anklang hat die aufgelöste Bauweise gefunden, da sie keine Kostenersparnisse mit sich bringt, wohl aber bei den klimatischen Verhältnissen in Mitteleuropa mancherlei Bedenken hat, die durch die Erfahrungen in Nordamerika und Italien entstanden sind. Deutschland weist bisher nur eine Ausführung dieser Art von mäßiger Höhe (23 m) mit kleinem Stauinhalt auf. Geologische Untersuchungen haben bei Ausführung dieser Stauwerke eine erhebliche Bedeutung gewonnen[22].

4. Ausbaupläne.

Es sollen hier nur einige der bedeutendsten Pläne kurz erwähnt werden. Im Ostharz sind für den Ausbau der Bode genaue Entwürfe für mehr als 100 Mill m³ Talsperrenraum aufgestellt und neuerdings für Spitzenkraft- und Pumpspeicherwerke von zusammen 78 000 kW Ausbauleistung vom Verfasser bearbeitet[23]. Die Ausbaumöglichkeiten an der Bode gehören zu den besten in Deutschland. Auch schweben bedeutende Pläne dieser Art der AEG in der Südeifel für die Urtalsperre mit 800 Mill m³ Stauinhalt[24], die eine Sperrmauer von mehr als 100 m Stauhöhe bedingt; Pumpspeicherung ist dabei in erheblichem Umfange vorgesehen. Ferner sind in der Nordeifel an der Rur mehrere großzügige Entwürfe im Wettbewerb (Rurtalsperrengesellschaft, Siemens-Schukkertwerke, Stadt Düren, Prof. Franzius und Proetel) mit Pumpspeicherung ausgearbeitet. Nach einem Obergutachten von Baudirektor Link und dem Verfasser dieses Aufsatzes sind diese Pläne umgearbeitet worden und ihre Ausführung innerhalb des sog. Westfonds war geplant[25]. Zu erwähnen sind noch die Ausbaupläne für die untere Isar, den Inn und Lech, z. T. mit erheblich großen Speicherräumen am Lech, das Speicherkraftwerk Egg bei Säckingen (südl. Schwarzwald, etwa 120 000 kW Ausbauleistung und 120 Mill kWh Jahreserzeugung), die Oberrheinkraftwerke Dogern, Recklingen, Säckingen, Waldhut-Kadelburg mit zus. etwa 170 000 kW Ausbauleistung und 1280 Mill kWh Jahresarbeit[26]. Die Finanzierung dieser Oberrheinwerke ist im ganzen gesichert und mit dem baldigen Beginn des Baues ist zu rechnen. Der Ausbau für die Großschiffahrt wird vorgesehen.

Man ersieht aus solchen Beispielen die Aufgaben, die die deutschen Ingenieure zu lösen bestrebt sind nach den Bedingnissen der Theorie und den Anforderungen der Praxis. Dabei sei sogleich bemerkt, daß bei diesen Lösungen die Versuche in Laboratorien an Modellen eine wesentliche Rolle spielen und zu Wegweisern der deutschen hydraulischen Technik im großen Maße geworden sind.

Das wissenschaftliche Versuchswesen weist einen erfreulichen Fortschritt auf. Zur weiteren Klärung u. a. über die Formgebung der Querschnitte, die inneren Spannungen, die zulässige Baustoffanstrengung und viele Einzelheiten ist ein Talsperrenausschuß beim Deutschen Nationalen Komitee der Weltkraftkonferenz aus Vertretern des Reichs, der Länder und des Deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverbandes gegründet worden. Ein weiterer Schritt auf diesem Weg ist die gegenwärtige Umarbeitung der „Preußischen Anleitung für Bau und Betrieb von Sammelbekken", die erstmalig im Jahre 1907 erlassen wurde[27] und jetzt von einem hierfür geschaffenen Ausschuß des Deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraftverbandes neu gestaltet wurde. Die Erfahrungen einer langen starken Entwicklung in aller Welt haben wir darin zum Niederschlag zu bringen versucht.

Bisher hat man im Wasser- wie im Erdbau vielfach allein nach Erfahrung gearbeitet. Es scheint, daß gegenwärtig neue wissenschaftliche Grundlagen geschaffen werden, auf denen sich möglicherweise andere Bauformen entwickeln werden. Im Erdbau werden durch Erforschung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens und der Wasserbewegung im Erdreich, in Rohrleitungen und in Rohrabschlüssen Erkenntnisse gewonnen für die Errichtung von Erdbauwerken, insbesondere von Staudämmen von bisher bei uns unbekannter Höhe, und für die Beurteilung der Standsicherheit von Böschungen in tiefen Einschnitten und an hohen Dämmen. Dadurch wird auch die bisher von mancher Seite als nicht durchführbar bezeichnete Berechnung der Querschnitte solcher hohen Staudämme auf Stand- und Gleitsicherheit verläßlicher. Es ist dies ein großes Feld der Versuchsanstalten der Staaten und der Technischen Hochschulen.

Der Einfluß der natürlichen Geschiebeführung durch die Staue und Kraftwerke und die Einwirkung der Staue auf die Umgestaltung der Flußbetten wird neuerdings, nachdem dies auf der Weltkraft-Teilkonferenz Basel 1926 eingehend erörtert wurde, wieder mehr erforscht, da dies eine für den Betrieb der Wasserkraftwerke sehr wichtige Angelegenheit ist. Es ist hier noch ein weites Feld offen. Ich hatte Gelegenheit, dieses Gebiet an einem geschiebeführenden, hochwassergefährlichen Gebirgsflusse zu studieren. So einfach wie in Modellversuchen spielen sich diese Vorgänge in der Natur allerdings nicht ab, weil meist vielerlei andere Einflüsse, z. B. von Talsperren, oberhalb gelegenen Kraftwerken, Flußregelungs- und Unterhaltungsarbeiten usw. mitsprechen, auch ein neuer Gleichgewichtszustand im Flusse, der durch die Einbauten gestört wurde, erst in langen Jahren erwartet werden kann. Ein allerdings nicht einfacher Beobachtungsdienst an den Flüssen könnte praktische Erfolge ergeben.

Die gegenwärtige Weltkraftkonferenz wird sich wie die Teilkonferenz von 1926 nach dem vorliegenden Verhandlungsplane mit dem Versuche einer allgemeinen Regelung aller dieser Dinge zu beschäftigen haben[28].

5. Die Wasserkräfte Deutschlands.

Die deutschen Wasserkräfte sind schon vielfach mit mehr oder minder Sicherheit untersucht worden. Der gesamte Vorrat in den Gebirgstälern und Flüssen, sowohl für die ausgebauten als auch ausbauwürdigen Wasserkräfte, wird auf etwa 4,5 Mill kW geschätzt, davon sind etwa 25 bis 30 % = 1,2 ... 1,3 Mill kW ausgebaut. Die Gesamtjahreserzeugung kann hiernach zu 35 ... 36 Mrd kWh angenommen werden, mit einer wirklichen Nutzleistung von etwa 24 Mrd kWh. Das sind rd. 570 kWh auf den Kopf der Bevölkerung (heute etwa 400 ... 440 kWh). Maßgebend für die in einem Lande vorhandenen Wasserkräfte kann nur die mittlere Leistung sein. Würde man die Ausbauleistung zugrunde legen, so käme man zu einer übermäßig hohen Zahl, da die heute viel vorhandenen Spitzenwerke nur etwa 500 ... 1000 h oder wenig mehr im Jahre arbeiten, während Laufwerke immerhin 4000 ... 4500 nutzbare Jahresstunden erreichen. Die Angaben über Wasserkräfte sind noch aus anderen Gründen schwankend. Weiter unten ist der Einfluß des Entwurfs betont, sofern er mehr oder minder die Gunst der Örtlichkeit ausnutzt. Dazu kommt noch folgendes. Wenn man z. B. die Pumpspeicherkräfte mit einrechnet, die ja doch ihrem eigentlichen Wesen nach keine Wasserkräfte sind, da sie Eigenkraft nicht besitzen, sondern meist mit Wärmekraftnachstrom, allerdings mittels hydraulischer Anlagen, betrieben werden, also nur Kraftumsetzung herbeiführen, so erhöht sich die Zahl um ein bedeutendes, ohne daß doch eigentlich mehr Wasserkräfte geboten werden. Immerhin geben vorstehende Zahlenangaben einen ungefähren Anhalt.

Deutschlands hydraulische Hauptkraftgebiete liegen in den bayerischen Alpen, am Oberrhein und im Badener

[20] Dt. Wasserwirtschaft 1930, S. 96.
[21] Zentralbl. Bauverw. Bd. 47, S. 445 (1927).
[22] Zentralbl. Bauverw. Bd. 50, S. 287 (1930).
[23] Zentralbl. Bauverw. Bd. 48, S. 338 (1928).
[24] Zentralbl. Bauverw. Bd. 46, S. 420 (1926).
[25] Zentralbl. Bauverw. Bd. 49, S. 255 (1929).
[26] Dt. Wasserwirtschaft 1930, H. 3.
[27] Zentralbl. Bauverw. Bd. 27, S. 526 (1907).
[28] S. Berichterstattung Basel 1926, Bd. 1, S. 444 u. 952, Bd. 2, S. 425.

Digitized by Google

Zahlentafel 1. Neuere Wasserkraftwerke in Deutschland mit mehr als 10 000 kW Leistung †.

Land, Ort	Betriebsart L = Lauf Sp = Speicher	Gefälle m	Ausbau- oder Spitzenleistung kW	Jahresmittelleistung kW	Jahreserzeugung Mill kWh	Verwendungszweck	Bemerkungen
I. Alpines Hochgebirge							
Bayern (Württemberg)							
Margarethenwerk (Alz)	L	38	18 000	13 500	—	elektrochemische Zwecke	
Alzwerke Holzfelden	L	63	30 000	22 500	bis 170	wie vor	
Töging (Inn)	L	31	80 000	57 000	500	wie vor	
Mittlere Isar (Finsing, Aufkirchen Eitting, Prombach)	L	11, 26, 25 21	90 000	61 000	480	Überlandversorgung (Bayernwerk)	
Walchenseewerk	Sp (Jahresspeicher)	195	122 000	22 500	175	wie vor	die Absenkung des Walchensees erzielt eine nutzbare Speichermasse von 70 Mill m³
Isarwerke III	L	17 ... 18	18 000	8 000	90	wie vor	
Illerkraftwerke (Tannheim, Unteropfingen, Unterdettingen)	Sp (Stundenspeicher)	18, 18, 15, 5	24 000	14 500	135	wie vor	
Leitzachwerke	Sp (Monatssp.)	125 ... 130	18 000*	6 000	—	Versorgung v. München	* Neuerdings auf 27 000 kW erweitert, mit Pumpspeicherung.
Meitingen	L	15	12 000	8 000	—	Überlandversorgung	
II. Mittelgebirge.							
Baden							
Murg-Schwarzenbach-Kraftwerk	Sp (Tages- u. Jahresspeicher)	149, 362 bzw.360	64 000	17 000	124		mit Pumpspeicherung, III. Ausbau mit 30 000 kW Leitung ist vorgesehen. Talsperre 14,2 Mill m³
Schluchseewerk (im Bau)	Sp	201	90 bis 100 000	—*	72 (130) *		erste Ausbaustufe mit Speicherbecken v. 108 Mill. m³. * Einschl. Pumpspeicherarbeit. Bei Vollausbau bis 300 000 kW Ausbauleistung und 350 Mill kWh Jahreserzeugung
Preußen							
Heimbach (Maasgebiet)	Sp (Jahressp.)	110	16 000	5 000	30	,,	Talsperre 45,5 Mill m³
Eder (Hemfurt) (Wesergebiet)	Sp (Jahressp.)	40	16 700	3 200	24	,,	Talsperre 202 Mill. m³, neuerdings durch Pumpspeicherung erweitert
Thüringen							
Bleilochsperre (im Bau)	Sp	—	—	—	—		Wasserspeicher 215 Mill. m³
III. Flachland.							
Friedland (Ostpr.)	Sp (Wochensp.)	14	15 700	13 100	22	,,	
IV. Flußkanalisierungen.							
Baden							
Oberrhein							
Rheinfelden	L	6,5	19 000	18 000	150 ... 170	elektrochemische Zwecke u. Überlandversorg.	auf der Oberrheinstrecke Bodensee—Basel können insges. 520 000 kW 200 tägig im Jahr gewonnen werden. (Z. VDI. 1924, S. 752.) Jahresleist. ewa 3800 Mill kWh. Der Schiffahrtsausbau ist für ein 1200- ... 1500 t-Schiffe geplant
Augst-Wylen	L	8,4	22 500	16 000	135	,,	
Laufenburg	L	11,7	52 000	43 000	300	,,	
Eglisau	L	6,4	25 000	22 500	200	,,	
Ryburg-Schwörstadt	L	8 ... 12	80 000	—	650	,,	
Mainkanalisierung (Aschaffenburg—Bamberg)	L	3,5 ... 6,5	—	60 000	330	,,	einige Stufen, Aschaffenburg usw., sind ausgebaut. Im ganzen etwa 17 Kraftstufen
Preußen							
Mosel							
Mettlach (Saar)	L	10,0	10 000	4 000	30*	,,	* Bei Vollausbau.
Dhron (Mosel)	L	8,7	10 000	1 800	—	,,	
Weserkanalisierung							
Werke: Hemelingen, Dörwerden	L	—	—	—	—	,,	
Donaukanalisierung							
Kachlet	L	3,8 ... 8,9	48 000	33 000	250	,,	Wassermenge 700 m³/s 1200 t-Schiff. 15 000 t-Schiff. Gesamtleist. i. J. 270 000 kW und 1500 Mill kWh einschl. Lechüberführung.
Neckarkanalisierung							
(Strecke Mannheim—Plochingen), Untertürkheim, Ladenburg, Wieblingen, Neckarsulm-Kochendorf, Heidelberg, Horkheim, Obereßlingen usw.	L	5,6 ... 7,3		22 500* 45 000**	125* 350**	,, ,,	* Bisheriger Ausbau. ** Bei Vollausbau im ganzen 26 Staustufen, davon sind z. Z. 10 Stufen ganz oder annähernd fertig.
Pumpspeicher-Anlagen							
Schwarzenbach (s. oben unter II)	Sp			—	—	,,	
Niederwartha (bei Dresden)	Sp	140	90 000	—	60	,,	bis 1,9 Mill m³ oberer Ausbauraum, unteres Staubecken ebenso groß mit 42 m hohem Erddamm. Absperrung eines kesselartigen Tales
Hengstey (Herdecke) (Ruhr)	Sp	163	110 000	—	120	,,	oberes Speicherbecken 1,6 Mill m³ Nutzraum (künstliches Hochbecken)
Erweiterung Eder (Hemfurt)	Sp	37,5	15 400	—	—	,,	als oberes Becken wird das vorhandene Staubecken benutzt (s. unter II.)
Leitzachwerk (Bayern)	Sp	125 ... 130	21 500	—	—	,,	
Bringhausen (im Bau)	Sp	300	90 000	—	—	,,	oberes Becken fast 800 000 m³

† Vgl. Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft f. Bauingenieurwesen 1926, S. 84. — Wasserkraftjahrbuch 1924, S. 33. — Kommunalwirtschaft 1927, Nr. 13. — Mattern, Ausnutzung der Wasserkräfte, 3. Aufl., 1921, S. 931 u. f. — Wasserkraft u. Wasserwirtschaft.

Digitized by Google

Hochland. Die Rheinstrecke Basel—Straßburg ist Deutschland durch den Krieg verloren gegangen. Allerdings wird nach dem Versailler Vertrage die Hälfte des Wertes der tatsächlich gewonnenen Kraft an Deutschland vergütet, aber ihre produktive Kraft ist unersetzlich[29]. Von der gesamten hydraulischen Arbeit entfallen auf die bayerischen Wasserkräfte im Jahresmittel etwa 1,36 Mill kW mit einer Jahresarbeit von 12 Mrd kWh. Für den niederschlagsreichen Badischen Schwarzwald wird die Gesamtleistung auf 750 000 kW berechnet. Auf der Oberrheinstrecke Bodensee—Basel können etwa 520 000 kW an 200 Tagen gewonnen werden. An diesen ist je zur Hälfte Deutschland und die Schweiz beteiligt. Die gesamten Wasserkräfte Preußens einschließlich des Berg- und Hügellandes im übrigen Norddeutschland werden auf fast 2 Mill kW angegeben. Von großen Anlagen mit über 5400 kW sind bisher rd. ¾ Mill kW in etwas mehr als 30 Werken ausgebaut. Über die Anlagen mit mehr als 10 000 kW Leistung, die zumeist erst nach dem Kriege entstanden sind, gibt die Zahlentafel 1 Aufschluß. Daneben besteht eine große Zahl mittlerer und kleiner Lauf- und Spitzenwerke, z. T. mit Talsperren von mehr als 100 Mill m³ Stauraum verbunden, wie die Kraftwerke an den schlesischen Hochwasserschutzsperren, an der Möhnetalsperre, im Wuppergebiet, in Sachsen, Pommern usw.

Das neue Gutachten von O. v. Miller gibt den Strombedarf Deutschlands für das Jahr 1935 zu 34 Mrd kWh an. Da somit die Wasserkräfte, die gegenwärtig etwa 16 % der deutschen öffentlichen Stromversorgung decken, nicht ausreichen, der Braunkohlenstrom von nicht allzulangem Bestande sein wird und die abnehmenden Vorräte kaum noch Anreiz zur Anlage neuer Großzentralen auf Braunkohlenfeldern bieten, anderseits der Steinkohlenstrom teuer ist, so bemüht man sich heute, den Bezug aus ausländischen Wasserkräften zu sichern. Deutschland hat hierfür eine glückliche Lage, indem es in nordsüdlicher Richtung zwischen wasserkraftreichen Ländern (Norwegen, Schweden, Österreich, Schweiz) liegt, deren Eigenbedarf nicht an ihren Vorrat heranreicht. Daher ist aus diesen Gebieten die Kraftzufuhr möglich, und diese Frage wird sicherlich die nächsten Jahre lebhaft beschäftigen. Auch wird dieser Gegenstand, wie schon im Jahre 1926 in Basel, auf der bevorstehenden Weltkraftkonferenz behandelt werden. Neben den Kosten wird dabei die Betriebsicherheit für die Stromversorgung ein entscheidender Gesichtspunkt sein.

6. Betriebsplan.

Die Zusammenarbeit von Wasser- und Wärmekraft, Niederdruck- und Hochdruckanlagen, Flußwasser-, Sperren- und Pumpspeicherkraft zu einem einheitlichen System der Energiewirtschaft ist heute kennzeichnend. Der Betriebsplan für alle diese Austauschbetriebe ist im allgemeinen: Die Flußwasser- und Dampfkräfte arbeiten als Tagesgrundstrom, die Talsperren- und Pumpspeicherwerke als Spitzenstrom. Die Spitzen im Jahreslauf werden teils durch Dampfkräfte, teils durch Wasserkräfte gedeckt, z. B. im Betriebe Oberrhein-Baden liefert der Rhein vornehmlich die Sommer- und Grundkraft, das in Ausführung begriffene Schluchseewerk im Schwarzwald soll in Zukunft die Winterspitzen decken. Doch ist im Betriebe oft die Lage des Einzelfalles maßgebend.

7. Wirtschaftliche Formen der Unternehmungen (Organisation).

Es besteht gegenwärtig ein Ringen zwischen Privat- und Staatswirtschaft, besonders in Preußen, aber auch zwischen Reich, den Ländern, Provinzen und Privatunternehmern. In Süddeutschland und Sachsen ist der Betrieb überwiegend staatlich. Zusammenschlüsse größten Umfanges mit maßgebender Beteiligung des Reiches und der Länder sind getätigt oder im Werden begriffen. Wir sind auf dem Wege zu einem einheitlichen, ganz Deutschland überspannenden Großversorgungsnetz.

Bei der Durchführung kommt es zunächst meist darauf an, die an der Wasserkraftwirtschaft Beteiligten zur Einigung und einheitlichen Arbeit zusammenzubringen. Das Wasser wird heute gleichsam als fließendes Gold geschätzt, und leicht entstehen daraus gegensätzliche Interessen. Da somit fast stets mehrere Belange obwalten und gleichzeitig zu erfüllen sind, kann es vorteilhaft sein, eine überparteiliche Stelle als Bauherrn und Träger mit der Leitung des Unternehmens und des Betriebes zu betrauen. Wo jedoch reine Kraftwirtschaft vorliegt, dürfte vielfach die Privatindustrie als die beweglichste Form in erster Linie am Platze sein.

8. Finanzierung.

Der Grundsatz von Leistung und Gegenleistung drängt zur Anerkennung, z. B. bei Talsperrenanlagen, einer Kostenverteilung von etwa zwei Drittel auf Kraftwirtschaft, ein Drittel auf Landeskultur. Oft fällt allerdings der Kraftnutzung die ganze Finanzierung zu. Die Trinkwasserversorgung ist dabei neben dem Kraftgewinn die beste Grundlage für die Wirtschaftlichkeit. Um die Schwierigkeiten der Geldbeschaffungen zu mindern, strebt man, die Lasten tunlichst auf viele Schultern zu verteilen. Der Hochwasserschutz wird gedeckt aus der Schadenverhütung, meist durch staatliche oder provinzielle Beihilfe. Bei den Flüssen, die mehrere Länder durchströmen, sollten die anliegenden Staaten auf zwischenstaatlicher Grundlage zu den Kosten beitragen, da alle Nutzen aus einer geordneten Wasserwirtschaft ziehen.

Bei Speicherungen steht heute im Mittelgebirge und Flachland die Landeskultur voran (Hochwasserschutz, Landwirtschaft, Trink- und Brauchwasserversorgung). Die Zeit kann kommen, wo alle Wasservorräte hierfür in Anspruch zu nehmen sein werden. Der Kraftgewinn kommt dabei in der Regel in zweiter Linie, für die Geldbeschaffung aber meist in erster Linie in Betracht. Im Hochgebirge, besonders im alpinen Hochgebirge, hat die Kraftwirtschaft in dieser Hinsicht größere Freiheit. Es kann aus Mangel an Raum nicht näher auf diese an sich hochwichtigen Fragen eingegangen werden.

(Ein Aufsatz über die Wasserkräfte Österreichs folgt in einem späteren Heft.)

[29] ETZ 1919, S. 492.

II. Die Brennstoffe.

Von Dr. **B. Thierbach**, Berlin.

1. Die Kohle und ihre Abkömmlinge.

Die Lagerstätten.

Deutschlands wichtigste Energiequelle sind seine Bodenschätze an festen Brennstoffen. Von diesen überragte bis vor wenigen Jahrzehnten an Bedeutung die Steinkohle; neuerdings aber tritt die Braunkohle mit ihr in erfolgreichen Wettbewerb.

Über die Mächtigkeit der abbauwürdigen Lagerstätten in Deutschland läßt sich ein einheitliches Urteil nicht gewinnen, da der Begriff der Abbauwürdigkeit sehr schwankend ist. Im allgemeinen gelten heute für Steinkohle Teufen bis zu 1500 m als abbauwürdig; ein Tiefergehen auf 2000 ... 2500 m ist für die Zukunft aber zu erwarten, sobald es gelingt, das Arbeiten unter den dann auftretenden höheren Temperaturen zu ermöglichen. Bei der Braunkohle beschränkt man sich z. Z. fast ausschließlich auf den Tagebau. Da die in diesem förderbare Braunkohle aber voraussichtlich in einem nach Jahrzehnten zählenden Zeitraume erschöpft sein wird, verdienen die Bestrebungen, auch die Untertaggewinnung wirtschaftlich zu gestalten, große Beachtung.

Eingehende Feststellungen über die Schätze der Welt und der einzelnen Länder an Kohlen wurden auf dem 12. internationalen Geologenkongreß zu Toronto im Jahre 1913 bekanntgegeben. Nach diesen Feststellungen, die allerdings inzwischen z. T. revidiert worden sind, betragen die sicheren und die wahrscheinlichen Kohlenvorräte der Erde bis 2000 m Teufe 5 743 (nach neueren Forschungen 5 133) Mrd t; 11,26 % oder 647 Mrd t entfallen davon auf Europa. Das Deutschland der Nachkriegszeit ist an letzterem Betrag mit 28,4 % oder 181 Mrd t beteiligt und steht, nachdem wir durch den Vertrag von Versailles rd. 111 000 Mill t Steinkohlenvorräte verloren haben, unter den europäischen Staaten z. Z. an zweiter Stelle, während es vor dem Kriege die erste einnahm. Etwa 3,5 % des Weltkohlenreichtums stehen ihm heute zur Verfügung.

Der Braunkohlenvorrat der Erde wurde 1913 zu 13 Mrd t angegeben, von denen 9 Mrd t als sicher anzusehen sind.

Unter Berücksichtigung der bisherigen Fördermengen und bestimmter Annahmen über die Steigerung des Kohlenabsatzes hat man verschiedentlich festzustellen versucht, zu welchem Zeitpunkte die Kohlenvorräte der Erde und auch die des Deutschen Reichs erschöpft sein werden. Viel

Digitized by Google

Wert ist derartigen Berechnungen aber nicht beizumessen; denn die Annahmen über die künftige Entwicklung des Kohlenverbrauches sind durchaus unsicher, weil man die auf diese einwirkenden Faktoren heute nicht für Jahrzehnte, geschweige denn für Jahrhunderte auch nur ahnen kann. Die mannigfaltigen Möglichkeiten der Veredelung der Kohle, durch die ihr Wert ganz beträchtlich gehoben werden wird, sind z. Z. erst in bescheidenem Maß durchforscht und lassen noch keine Schlüsse auf die Zukunft zu; das Tempo, in dem die deutschen Wasserkräfte ausgebaut werden, hängt von so vielen verschiedenen Umständen ab, daß einigermaßen zuverlässige Voraussagen unmöglich sind. Auch die Ein- und Ausfuhr elektrischer Arbeit kann auf die gegenwärtigen Verhältnisse sich stützende Entwicklungsberechnungen völlig umstoßen; man denke nur an die auch auf der Weltkraftkonferenz zur Erörterung stehenden Pläne der Elektrizitätsversorgung Deutschlands von den Wasserkräften der nordischen Länder aus. Prognosen, die sich auf Jahrhunderte erstrecken, erscheinen in der Energiewirtschaft überhaupt zwecklos, weil neue Kraftgewinnungsarten sie jederzeit hinfällig machen können.

Abb. 1 zeigt die wichtigsten Vorkommen der Steinkohle und der Braunkohle sowie die bedeutendsten Moore und das Ölvorkommen des Deutschen Reichs.

Förderung.

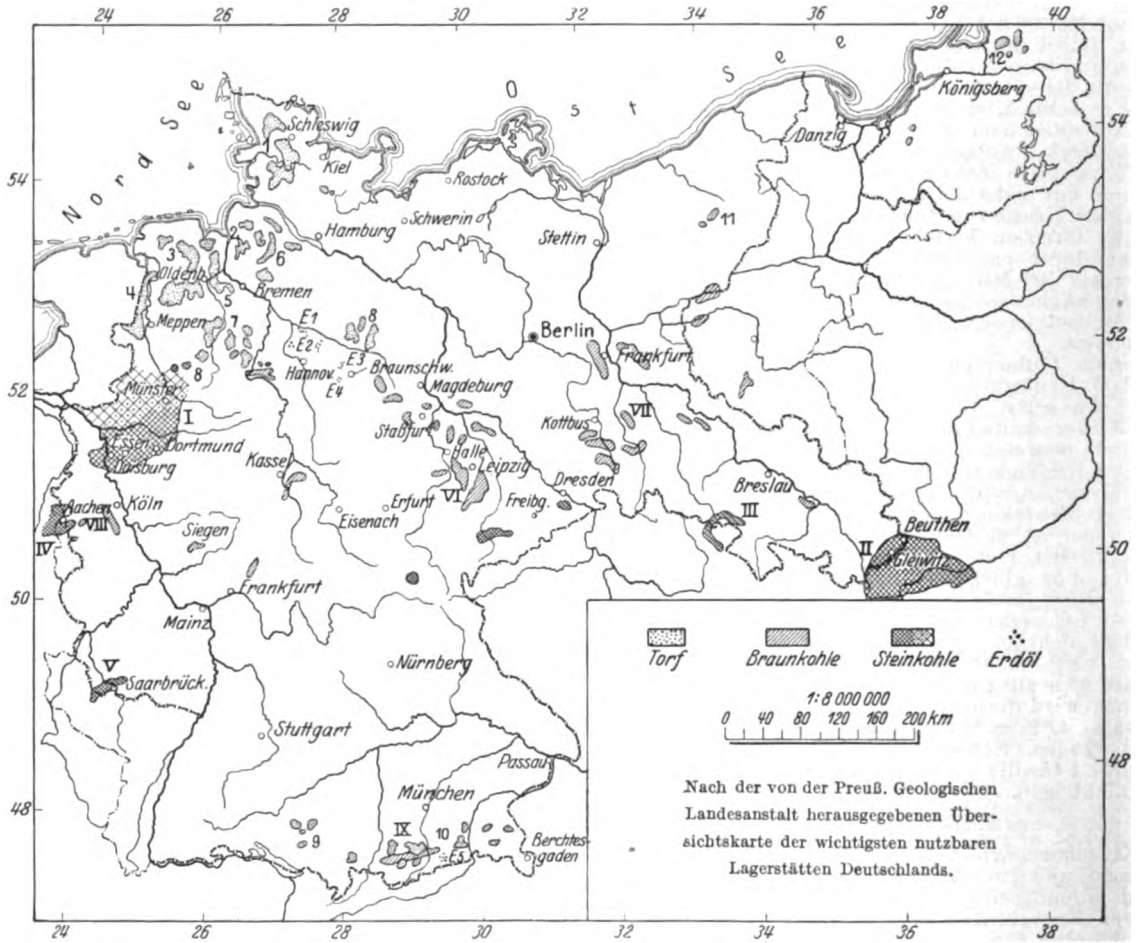
Über die Förderung der deutschen Kohle liegen seit Jahrzehnten sehr genaue und zuverlässige statistische Angaben vor, die jedermann zugänglich sind, der sich für diese Fragen interessiert. Daher sollen hier nur einige wertvolle Zusammenstellungen Platz finden:

Die Förderung der Braunkohle ist weit stärker als die der Steinkohle gestiegen, hauptsächlich veranlaßt durch das schnelle Anwachsen der in den Braunkohlengebieten liegenden elektrischen Großkraftwerke und durch die Ansiedlung chemischer Großindustrien auf den Braunkohlenlagern. Wie man aus den folgenden Vergleichszahlen ersieht, wurden dem Gewicht nach im Jahr 1928 bereits mehr Braunkohlen als Steinkohlen gefördert:

Förderung	1913	1928	1929
	Mill t		
Steinkohlen	140,8	150,9	163,4
Braunkohlen	87,2	165,6	174,5

Auf den Energiewert (Wärmeeinheiten) bezogen, betrug die Steinkohlenförderung 1928 freilich noch das Vierfache der Braunkohlengewinnung. Rechnet man nämlich 2 t ungewaschene Steinkohle = 9 t Rohbraunkohle = 3 t Braunkohlebriketts und 1 t ersterer = 0,78 t Steinkohlenkoks, so ergeben sich für die Jahre 1926/28 nachstehende Förderzahlen:

Förderung	1926	1927	1928	1929
	Mill t			
Steinkohle	145,3	153,6	150,9	163,4
Braunkohle	30,9	33,4	36,9	38,8



Hochmoore

1 Schleswig-Holsteinsche Moore	4 Bourtanger Moore	7 Triangeler Uchter Moore	10 Bayrische Moore
2 Aurich-Wiesmoor	5 Oldenburger Moore	8 Diepholz-Gifhorner Moore	11 Pommersche Moore
3 Kloster, Wester, Vehner Moore	6 Stader Moore	9 Württemberger Moore	12 Ostpreußische Moore

Kohlenvorkommen

Steinkohlen	Braunkohlen	Erdöllagerstätten
I Ruhrrevier	VI Mitteldeutsche Braunkohle	E 1 Wietze
II Oberschlesien	VII Ostelbische Braunkohle	E 2 Hänigsen-Nienhagen
III Niederschlesien	VIII Rheinische Braunkohle	E 3 Ölheim
IV Aachen	IX Bayrische Braunkohle	E 4 Öberg
V Saarrevier		E 5 Tegernsee

Abb. 1[1]. Die deutschen Lagerstätten von Torf, Kohle und Erdöl.

[1] Die als Unterlage benutzte Karte ist als Tafel II dem im Verlag von Reimar Hobbing, Berlin SW 61, erschienenen Werk „Die deutsche Bergwirtschaft der Gegenwart" beigefügt.

Digitized by Google

Von den verschiedenen festen Brennstoffen wurden 1929, nach Umrechnung auf Steinkohle, in Deutschland gefördert, bzw. hergestellt:

Stein- und Braunkohle	202,2	Mill t
Hüttenkoks	38,6	„ „
Gaskoks	4,9	„ „
Steinkohlenbriketts	5,6	„ „
Braunkohlenbriketts	42,3	„ „

Abb. 2. Schwelwerk Gölzau der Schwelwerke Minna Anna AG. Berlin (AEG).

Daß Deutschland das weitaus ergiebigste Braunkohlenland der Erde ist, geht aus folgendem Vergleich hervor: Während seine Steinkohlenförderung im Jahr 1928 nur 12,2 % der Weltgewinnung dieses Brennstoffs betrug, hatte die Braunkohle einen Anteil von nicht weniger als 65,5 % an ihrer Weltförderung. Die hohe Bedeutung der Braunkohle für das deutsche Wirtschaftsleben ist aus diesen Zahlen ersichtlich.

Trotzdem stellt die unmittelbare Verbrennung der Kohle eine schwer zu verantwortende Energie- und auch Stoffvergeudung dar, weil dabei nicht nur große Wärmemengen ungenutzt entweichen, sondern auch wertvolle in der Kohle enthaltene Bestandteile dem Feuer zum Opfer fallen. Die Veredelung der Kohle ist daher eines der bedeutsamsten Probleme der Energiewirtschaft, das man auf den mannigfaltigsten Wegen zu lösen versucht. Die wichtigsten sollen hier kurz erörtert werden:

a) Das Verkoken, Ent- und Vergasen. Die älteste Methode der Kohleveredelung ist das Verkoken unter gleichzeitiger Gewinnung von Leucht- und Kraftgas, Teer und der zahlreichen in letzterem enthaltenen Stoffe. Die Kokserzeugung aus Steinkohle war in den Jahren 1926/28 in Deutschland folgende:

Kokserzeugung	1926	1927	1928	1929
	Mill t			
In den Kokereien der Hüttenwerke	27,3	33,2	33,9	38,6
In den Gasanstalten	4,5	4,6	4,6	4,9
Leuchtgaserzeugung Mrd m³	3,25	3,46	3,66	3,66

Welchen Wert die Gewinnung der Nebenprodukte außer dem Koks für die deutsche Wirtschaft besitzt, erkennt man daraus, daß z. B. allein in den Zechenkokereien des Ruhrgebiets 1928 folgende Stoffe und Mengen gewonnen wurden:

Schwefelsaures Ammoniak . .	363 000 t
Steinkohlenteer	698 000 „
Benzol	200 000 „
Kokereigas	9 000 000 m³

Verbreitet und bedeutungsvoll ist ferner die Vergasung der Kohle für den Betrieb von Generatorgasmotoren geblieben; aus 160 ... 190 kg Steinkohle oder Koks erhält man, auf Heizgas bezogen, 1 Mill WE.

Die Verkokung der Braunkohle wird in Deutschland seit mehr als 60 Jahren betrieben, und der Braunkohlenkoks, Grude genannt, findet in den Haushaltungen viel

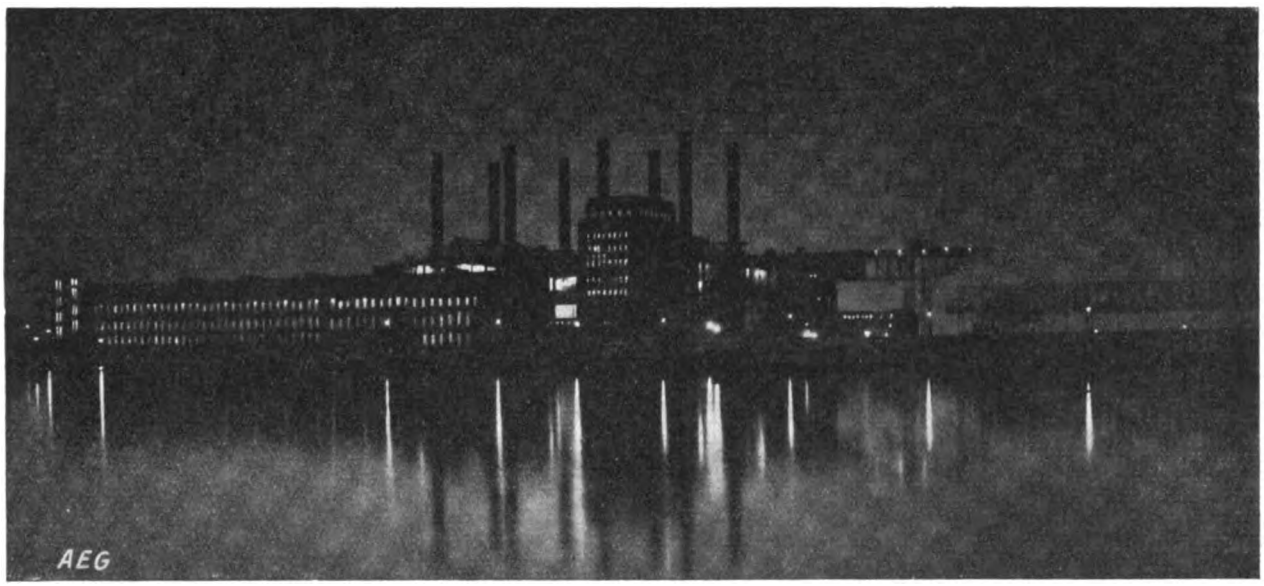


Abb. 3. Großkraftwerk Klingenberg in Berlin (Kohlenstaubfeuerung)

Die Abkömmlinge der Kohle.

Das Streben der Techniker und Wirtschaftler der ganzen Welt ist heute darauf gerichtet, den Wirkungsgrad der Energiegewinnungs- und -verwertungsanlagen zu heben, neue Umsetzungs- und Verwendungsarten für die verschiedenen Energieformen zu finden und einzuführen. „Verbesserung des Energieabsatzes" ist daher auch das Leitthema der Zweiten Weltkraftkonferenz.

Bei der unmittelbaren Verfeuerung der Kohle, sei es unter dem Kessel zur Dampferzeugung, sei es im Zimmerofen zur Wärmeabgabe, sind in den letzten Jahren sehr bedeutende Fortschritte erzielt worden. Rechnete man früher in Großkraftwerken mit einem Verbrauch von etwa 1 kg Kohle/kWh, so ist es heute gelungen, diese Zahl auf 0.6 kg herabzudrücken und bei den im Bau befindlichen Neuanlagen, z. B. im Berliner Westkraftwerk, hofft man mit etwa 0,5 kg/kWh auszukommen.

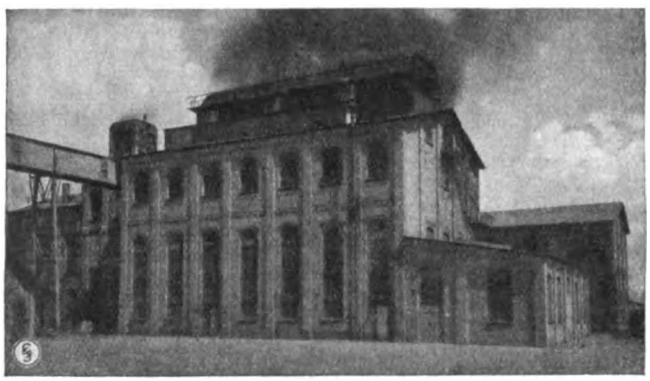
Verwendung. Seitdem man die Tieftemperaturverkokung, die Schwelerei, Abb. 2, durchgebildet hat, gewinnt die Braunkohlenverkokung erhöhte Bedeutung.

b) Das Brikettieren. Auch die Veredelung der Kohle durch Brikettierung ist hier zu erwähnen. Von Kleinfeuerung abgesehen, werden Briketts gerne in Generator- (Sauggas-) Anlagen verwendet; 220 ... 250 kg davon ergeben 1 Mill Heizgas-WE.

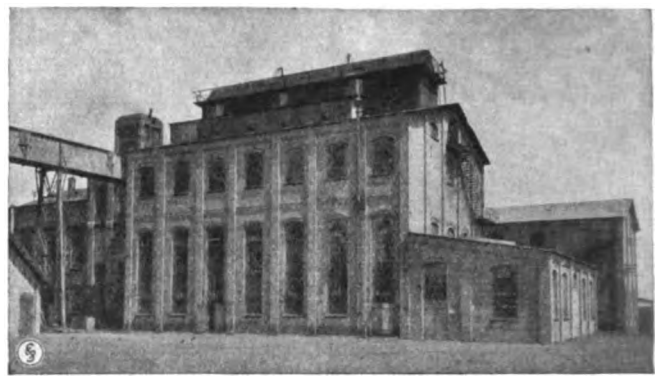
c) Die Kohleverflüssigung. An der Kohleverflüssigung wird zur Zeit an mehreren Stellen, z. B. Leunawerke, Duisburg-Meiderich, nach verschiedenen Verfahren gearbeitet. Wenn einzelne dieser auch das Stadium der Laboratoriumsversuche bereits seit einiger Zeit überwunden haben, so läßt sich heute doch noch kein zuverlässiges Bild von der wirtschaftlichen Bedeutung der Methoden zur Herstellung von Ölen und sonstigen flüssigen Kraftstoffen aus Kohle gewinnen.

Digitized by Google

d) Die Kohlenstaubverwendung. Auch diese muß als eine Kohleveredelung angesprochen werden, weil sie zum Verbrauch bisher als minderwertig angesehener Kohlensorten geführt hat und die hochwertigen Sorten für den Export frei machen hilft. Die Kohlenstaubfeuerung hat in die Industrie schnell Eingang gefunden, sie wird mit Steinkohle und mit Braunkohle durchgeführt. Nach einer Statistik aus dem April 1928 bestanden damals in Deutschland Kohlenstaubfeuerungen für 3,88 Mill t Steinkohle und 0,93 Mill t Braunkohle; für weitere 0,83 Mill Tonnen waren Anlagen im Bau (Abb. 3).



a Filter ausgeschaltet



b Filter eingeschaltet

Abb. 4. Brikettfabrik mit Elektrofilter zur Entstaubung der Trocknerbrüden, Bauart SSW

e) Die Kohlenrückgewinnung. Eine sparsame Wärmewirtschaft muß darauf bedacht sein, Brennstoffe, welche während irgendwelcher Herstellungsprozesse verloren gehen, zurückzugewinnen. Auch hierauf ist in Deutschland schon frühzeitig geachtet worden, und in Verbindung mit der Bekämpfung der Rauch- und Rußplage, die man sich in neuester Zeit mit Eifer angelegen sein läßt, haben diese Bestrebungen erhöhte Bedeutung gewonnen. Mit der Wiedergewinnung des bei der Brikettierung der Braunkohle frei werdenden, die Umgebung schwer belästigenden Kohlenstaubs sind z. B. sehr gute Erfolge erzielt worden. So wurden in einer Brikettfabrik (Abb. 4a und 4b), die in 24 Stunden 1300 t Briketts herstellte, durch Einbau einer Elektrofilter-Anlage nicht weniger als 112 t Kohlenstaub täglich, im Jahr also 33 600 t zurückgewonnen. Auch den bei unvollkommener Verbrennung der Kohle aus dem Schornstein entweichenden Ruß- und Rauchgasen konnte man beträchtliche Kohlenmengen wieder entreißen.

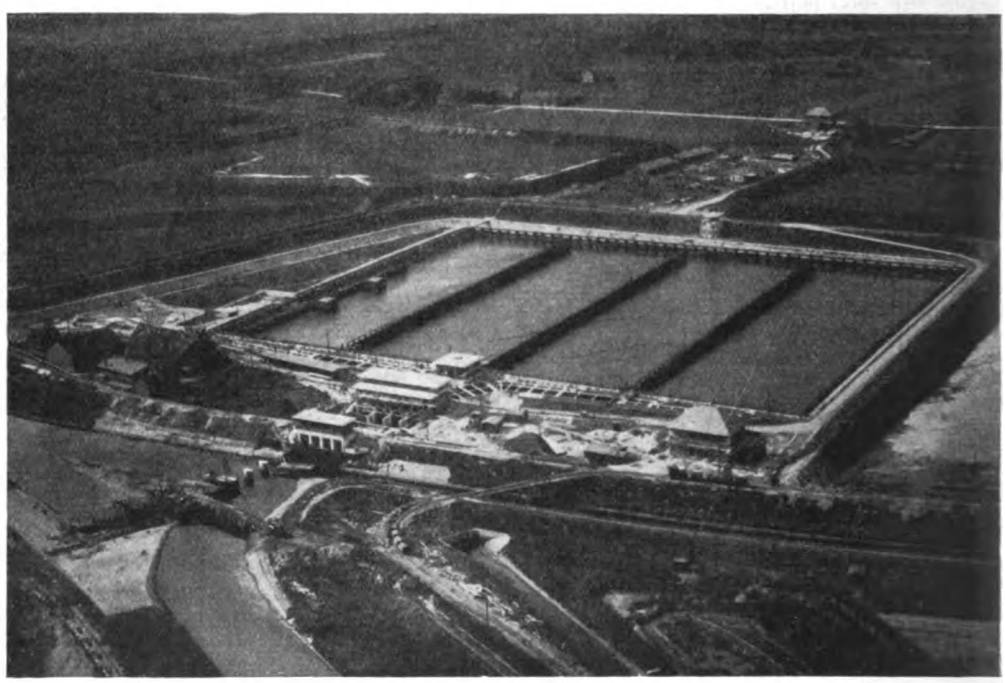


Abb. 5. Emscherfluß-Kläranlage; hinter dem Klärbecken die Schlammtrockenfelder.

Besondere Erwähnung verdient im Sinne dieser Bestrebungen die von der Emscher-Genossenschaft vor einiger Zeit in Betrieb genommene große Kläranlage der Emscher[1] (Abb. 5), eines das Ruhrkohlengebiet durchziehenden kleinen Nebenflusses des Rheins, in den sich die Abwässer zahlreicher Kohlenzechen ergießen. Dieses Flüßchen führt so große mit Ölen, Teeren, Phenolen usw. beladene Mengen Kohlenschlamm, daß man mit einer Rückgewinnung von jährlich mindestens 100 000 t guten Brennstoffes rechnet, nachdem schon etwa 12 % des gesamten der Kläranlage entnommenen Schlammes zur Trocknung des Enderzeugnisses verwendet worden sind. Der gesamte Trockenschlamm wird an das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk verkauft, das aus ihm, voraussichtlich in einem besonderen Kraftwerk, jährlich etwa 100 Mill kWh erzeugen wird.

[1] ETZ 1930, S. 199.

Die Verwendung der Kohle in den verschiedenen Wirtschaftszweigen.

Zum Schluß seien noch einige Zahlen darüber mitgeteilt, in welchem Ausmaß sich der jährliche deutsche Kohlenbedarf über die einzelnen Wirtschaftszweige verteilt.

Rechnet man Braunkohle, Briketts und Koks auf Steinkohle um, so ergibt sich, daß im Jahr 1928 der gesamte Kohlenverbrauch des Inlands 145 Mill t betrug. Die prozentuale Verteilung war folgende:

Montanindustrie	20,7 %
Sonstige Industrien und Gewerbe	27,7 „
Elektrizitätswerke	6,8 „
Gaswerke	5,0 „
Eisenbahnen	9,9 „
Schiffahrt	2,2 „
Gesamte Industrie und Verkehr	72,3 %
Hausbrand und Landwirtschaft	27,7 „

Die Zusammenstellung zeigt, welch reiches Tätigkeitsfeld den Elektrizitätswerken noch in der Versorgung von Industrie und Gewerbe offen steht; denn selbst wenn man die Montanindustrie mit ihrem Verbrauch 20,7 % ganz ausscheidet, da bei ihr die Bedingungen für die Eigenerzeugung des

(Fortsetzung auf S. 854.)

Digitized by Google

Entwicklung und Aufgaben der deutschen Energieversorgung.

Von W. Petersen, Berlin.

Übersicht. An Hand statistischen Materials wird die geschichtliche Entwicklung der deutschen Energieversorgung einschließlich der industriellen Eigenanlagen dargestellt. Hieran anschließend behandelt der zweite Teil die Verbilligung der Stromkosten: neben den wärmetechnischen Verbesserungen ist heute das Hauptaugenmerk darauf gerichtet, die durch den Zusammenschluß der Werke gebotenen Möglichkeiten systematisch auszunutzen, um die „festen" Kosten der Erzeugung zu verringern.

Öffentliche und Eigenanlagen.

Zum Unterschied von den meisten anderen Ländern haben in Deutschland die selbständigen Kraftwerksanlagen der Industrie, die sogenannten „Eigenanlagen", etwa die gleiche Bedeutung wie die öffentlichen Werke; um ein zuverlässiges Bild der deutschen Energieversorgung zu gewinnen, müssen daher beide zusammen betrachtet werden. Bis zum Jahre 1928 erzeugten die „Eigenanlagen" mehr Energie als die öffentlichen Werke. Der Hauptanteil entfällt auf die Eisenhüttenwerke und die chemische Industrie, die häufig über große neuzeitliche Kraftanlagen verfügen; ihr Wettbewerb mit der öffentlichen Elektrizitätserzeugung wird begünstigt durch die Möglichkeit, die in den Betrieben anfallenden Abgase zu verwerten und große Mengen Abdampf für Heizzwecke auszunutzen.

Da die Eigenanlagen erst seit wenigen Jahren zuverlässig statistisch erfaßt werden, läßt sich ihr Entwicklungsgang nicht mit der gleichen Sicherheit verfolgen wie bei der öffentlichen Stromerzeugung, deren sorgfältig geführte Statistik bis auf die ersten Entwicklungsjahre zurückreicht.

Entwicklung.

Stromerzeugung.

Abb. 1 zeigt die Entwicklung der öffentlichen und eigenen Stromerzeugung seit 1900 bzw. 1925. Hierbei sind Unstetigkeiten des Verlaufs, wie sie insbesondere die Kriegs- und Inflationsjahre aufweisen, vernachlässigt. Die öffentliche Erzeugung ist von rd. ¼ Mrd kWh im Jahre 1900 auf rd. 16 Mrd kWh, also auf den 64fachen Betrag angewachsen. Ergänzend sei auf die Zahlentafel 1 verwiesen; danach beträgt die auf den Einwohner entfallende öffentliche Erzeugung z. Z. etwa 250 kWh im Jahr gegenüber 4 kWh um 1900. Einschließlich der Eigenanlagen werden heute in Deutschland auf jeden Einwohner fast 500 kWh erzeugt, d. i. nur etwa die Hälfte der augenblicklich in den Vereinigten Staaten von Nordamerika verbrauchten Energie, die außerdem noch dauernd ansteigt. Dieser Vergleich zweier Länder von volkswirtschaftlich ähnlicher Struktur zeigt, wie weit Deutschland von dem Sättigungspunkt seiner Entwicklungsmöglichkeiten entfernt ist.

Zahlentafel 1.
Stromerzeugung je Einwohner.

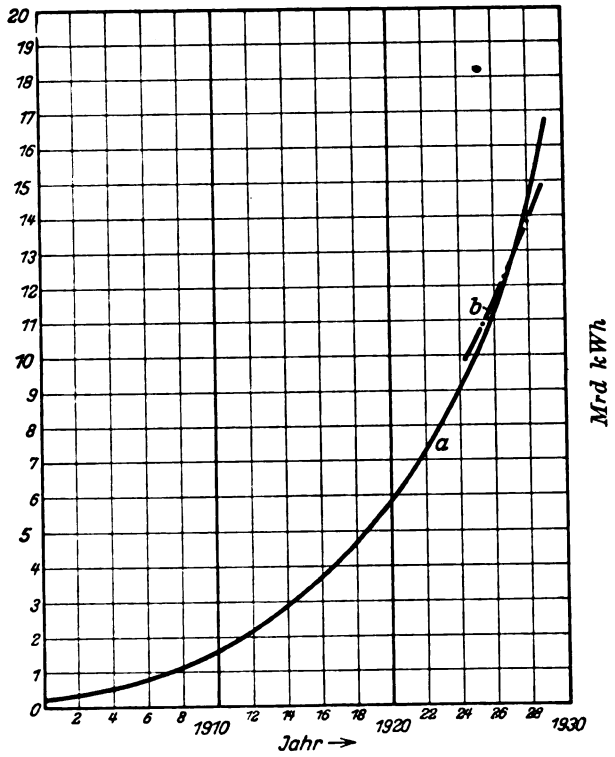
Jahr	öffentl. Stromerzeugung		Eigenanlagen		zusammen	
	insgesamt Mrd kWh	je Einwohner kWh	insgesamt Mrd kWh	je Einwohner kWh	insgesamt Mrd kWh	je Einwohner kWh
1900	0,25	4	—	—	—	—
1910	1,60	25	—	—	—	—
1920	5,75	92	—	—	—	—
1925	9,76	156	10,41	167	20,17	323
1928	14,48	230	13,70	217	28,18	447

Besonderes Interesse bietet das Entwicklungs-„Tempo", d. h. die relative jährliche Zunahme der Stromerzeugung, die aus Zahlentafel 2 zu entnehmen ist. Um die Stetigkeit zu betonen, sind nicht die Werte der einzelnen Jahre, sondern die nach einem größeren Zeitabschnitt berechneten Prozentsätze einander gegenübergestellt.

Zahlentafel 2.
Jährliche Zunahme der Erzeugung.

Öffentliche Anlagen		Eigenanlagen	
Zeitabschnitt	jährliche Zunahme ΔA	Zeitabschnitt	jährliche Zunahme ΔA
1900/1909	20,6%	—	—
1910/1919	13,5%	—	—
1920/1929	12,9%	1925/1928	9,5%

Während die absolute Jahreszunahme der öffentlichen Stromerzeugung noch im Steigen begriffen ist, läßt das Tempo ihrer Entwicklung bereits nach. Der Rückgang ist jedoch besonders in dem letzten Jahrzehnt sehr gering; wenn nicht außergewöhnliche Störungen eintreten, wird man hiernach unbedenklich auf eine Reihe weiterer Jahre für die Gesamterzeugung durchschnittlich 10 % Zunahme rechnen dürfen. Dieses Ergebnis stützt die Voraussage günstiger Entwicklungsaussichten.



a öffentliche Anlagen *b* Eigenanlagen

Abb. 1. Stromerzeugung Deutschlands.

Obwohl der anteilige Industrieverbrauch den Ausschlag gibt für das Ansteigen der öffentlichen Stromversorgung, zeigen die „Eigenanlagen" der Industrie ein erheblich langsameres Tempo (9,5 statt 13 %). Hieraus geht hervor, daß die Industrie sich zunehmend auf den Anschluß an die öffentliche Stromversorgung umstellt, deren Erzeugung erstmalig im Jahre 1928 die Eigenanlagen überflügelte.

Zahlentafel 3 gibt die Prozentsätze an, mit denen die verschiedenen Antriebsarten: Kohle, Wasser, Gas und Öl, an der Landeserzeugung beteiligt sind.

Zahlentafel 3.
Erzeugung, unterteilt nach der Antriebsart.

Jahr	öffentl. Anlagen			Eigenanlagen			zusammen		
	Kohle %	Wasser %	Gas u. Öl %	Kohle %	Wasser %	Gas u. Öl %	Kohle %	Wasser %	Gas u. Öl %
1925	83,3	16,2	0,5	68,4	10,2	21,4	75,0	14,0	11,0
1926	81,7	17,8	0,5	65,1	12,1	22,8	72,0	15,6	12,4
1927	81,8	17,8	0,4	65,0	11,2	23,8	72,0	15,0	13,0
1928	83,8	15,7	0,5	69,3	9,8	20,9	76,0	12,8	11,2

Drei Viertel der gesamten Energie wird durch Kohle erzeugt; Steinkohle und Braunkohle sind hieran fast gleichmäßig beteiligt.

Digitized by Google

Bei den öffentlichen Anlagen schwankte der Kohleanteil seit 1900 zwischen 82 und 89 %. In den letzten Jahren ging der Prozentsatz wenn auch nur wenig zurück zugunsten der Wasserkräfte, die im Höchstfall mit 18 % beteiligt waren. Gas und Öl spielen in der öffentlichen Elektrizitätsversorgung bisher keine Rolle; ihr Anteil betrug zusammen weniger als 1 %. Hieran werden auch die während der letzten Jahre aufgestellten großen Dieseleinheiten kaum etwas ändern; sie dienen ausschließlich als Spitzenmaschinen und zur Momentanreserve, erzeugen daher trotz ihrer Größe nur wenig Energie.

Anders liegen die Verhältnisse bei den Eigenanlagen: Aus dem auf den Zechen anfallenden Gas werden etwa 20 % des gesamten Strombedarfs gedeckt. Die Wasserkrafterzeugung beträgt dagegen nur 12 % statt 18 % bei den öffentlichen Elektrizitätswerken.

Installierte Leistung.

In Abb. 2 ist die Entwicklung der installierten Maschinenleistung dargestellt, getrennt nach öffentlichen und Eigenanlagen. Hier tritt die Überflügelung der letzteren durch die öffentlichen Kraftwerke noch deutlicher in Erscheinung als bei der Erzeugung. Diese erweiterten in den letzten Jahren ihre Anlagen jährlich um rd. 650 000 kW, gegenüber den Eigenanlagen, die nur 200 000 kW, also weniger als ein Drittel, an neuen Maschinen aufstellten. Der Anschluß an die öffentliche Stromversorgung bietet der Industrie den zusätzlichen Vorteil, das an ihren Kraftanlagen gesparte Kapital für die Fabrikation zu verwerten.

Ende 1928 waren insgesamt 11,1 Mill kW Maschinen installiert; davon entfielen 56 % auf die öffentlichen Werke.

Wertvolle Hinweise für die zukünftige Entwicklung bietet Zahlentafel 4 über Zahl und Größe der Werke. Die teilweise Unstetigkeit bei der Zahl der Betriebe ist wahrscheinlich auf Unvollkommenheiten der Reichsstatistik zurückzuführen, deren Angaben zugrunde gelegt wurden.

Zahlentafel 4.
Anzahl und Durchschnittsleistung der Betriebe.
Großbetriebe.

Jahr	Betriebsart	statistisch erfaßte Betriebe			Betriebe über 10 000 kW			
		Anzahl	Leistung Mill kW	durchschnittl. Leistg. kW	Anzahl absolut	Anzahl %	Install. Leistg. Mill kW	Install. Leistg. %
1925	öffentl. Anlagen ..	1370	4,460	3260				
	Eigenanlagen	6122	4,290	716				
	zusammen	7492	8,750	1180				
1926	öffentl. Anlagen ..	1408	5,170	3680	124	8,8	4,262	82 5
	Eigenanlagen	6057	4,384	723	84	1,4	1,826	41,8
	zusammen	7465	9,554	1208	208	2,8	6,088	65,7
1927	öffentl. Anlagen ..	1399	5,728	4100	129	9,3	4,799	83,7
	Eigenanlagen	6015	4,515	750	79	1,3	1,789	39,6
	zusammen	7414	10,243	1380	208	2,8	6,588	64,3
1928	öffentl. Anlagen ..	1417	6,297	4450	139	9,8	5,359	85,2
	Eigenanlagen	5800	4,805	830	95	1,6	2,180	45,3
	zusammen	7217	11,102	1540	234	3,2	7,539	67,8

Die Zahl der öffentlichen Werke scheint eher zu- als abzunehmen, wohl ein Zeichen, wie schwer man sich entschließt, veraltete Werke völlig eingehen zu lassen; sie werden als Reserve- oder Spitzenwerke hergerichtet und vereinzelt auch zum Blindlastausgleich verwendet. Die Zahl der Eigenanlagen geht stetig zurück; etwa 100 werden jährlich stillgesetzt; offenbar sind ihre Erzeugungskosten höher als die Strompreise der öffentlichen Energieversorgung.

Die Durchschnittsleistung der öffentlichen Werke ist zwischen 1925 und 1928 von 3260 auf 4450 kW, also um 36 % gestiegen und dürfte heute nur wenig unter 6000 kW liegen. In dem gleichen Zeitraum hat die mittlere Leistung der Eigenanlagen von 720 auf 830 kW, also nur 16 % zugenommen. Der Durchschnitt sämtlicher Betriebe wird heute nahezu 2000 kW betragen.

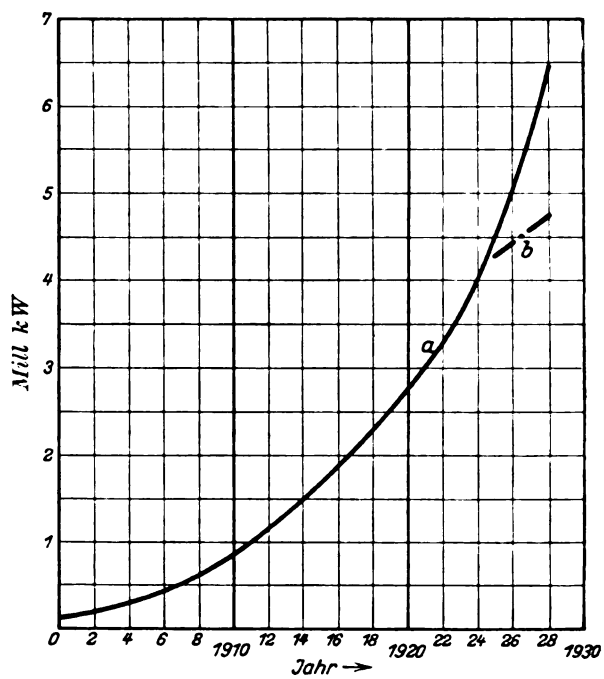
Die letzten Spalten der Zahlentafel 4, welche die Werke über 10 000 kW Leistung behandeln, lassen die Entwicklung zu Großkraftbetrieben erkennen. Obwohl sie zahlenmäßig nur etwa 3 % aller Werke umfassen, verfügen sie beinahe über 70 % der gesamten installierten Leistung, die im Jahre 1928 rd. 11 Mill kW betrug. Ihr Anteil nimmt stetig zu.

Die öffentlichen Werke mit mehr als 10 000 kW, d. s. rd. 10 % aller öffentlichen Werke, liefern etwa 90 % der Gesamterzeugung. Diese 140 Werke hatten Ende 1928 eine jährliche Durchschnittserzeugung von etwa 100 Mill kWh. Man erkennt hieraus die Bedeutung des Zusammenschlusses der Werke durch ein gemeinsames Netz. Dabei wäre es heute schon möglich, 1200 ... 1300 Kraftwerke stillzusetzen und die Betriebskosten entsprechend zu verbilligen.

Dies gilt in weit höherem Maße von der Eigenerzeugung mit ihren nahezu 6000 Betrieben; hier bietet sich ein besonders großes Feld, volkswirtschaftliche Aufbauarbeit zu leisten.

Spitzenleistung.

Die statistischen Angaben über die Spitzenleistung der Stromerzeugung sind unsicher. Abgesehen von der Gefahr der Doppelzählung wird es wohl auf Jahre hinaus bestenfalls nur möglich sein, die einfache Summe aller einzelnen Werkspitzen zu bestimmen statt die Summe der gleichzeitig auftretenden Spitzenleistung; letztere wäre wertvoll, um den Lastenausgleich und damit die Ersparnisse an Maschinenleistung und Anlagekosten zu ermessen, die durch Zusammenschluß der Werke zu erreichen sind.



a öffentliche Anlagen b Eigenanlagen

Abb. 2. Installierte Leistung.

Die Reichsstatistik enthält erstmalig für 1928 Angaben über den Reservegrad der Kraftwerke, d. h. das Verhältnis zwischen der Leistung der installierten Maschinen und der Spitzenlast. Hiernach betrug der Reservegrad (r)

1,33 für öffentliche Betriebe
und 2,0 für Eigenanlagen.

Mögen vorstehende Werte, wie in der Statistik vermerkt, auch unsicher sein (wir vermuten, daß der Reservegrad der öffentlichen Betriebe infolge Doppelzählung der Spitzen zu niedrig angegeben ist, während der Wert der Eigenanlagen auffallend hoch erscheint), zweifellos ist zur Ermittlung der Spitzenlast aus den Werten der installierten Leistung für die Eigenanlagen mit einem wesentlich höheren Reservegrad zu rechnen als bei den öffentlichen Werken. Den Grund hierfür bildet in erster Linie der große Unterschied der Durchschnittsleistungen, die sich nach unseren früheren Feststellungen (vgl. Zahlentafel 4) etwa wie 1 : 5 verhalten; ferner die Tatsache, daß die Eigenanlagen fast ausschließlich isoliert betrieben werden, daher lediglich auf ihre eigenen Reservemaschinen angewiesen sind und reichlicher vorsorgen müssen. Wir werden auf die Bedeutung dieses Unterschiedes der Reservegrade später noch eingehen.

Digitized by Google

Wird mit $r = 1{,}4$ und $r = 1{,}8$ gerechnet, so gelangt man für 1928 zu folgenden Werten der Spitzenbelastung ohne Ausgleich:

Summe der Spitzenlastwerte.

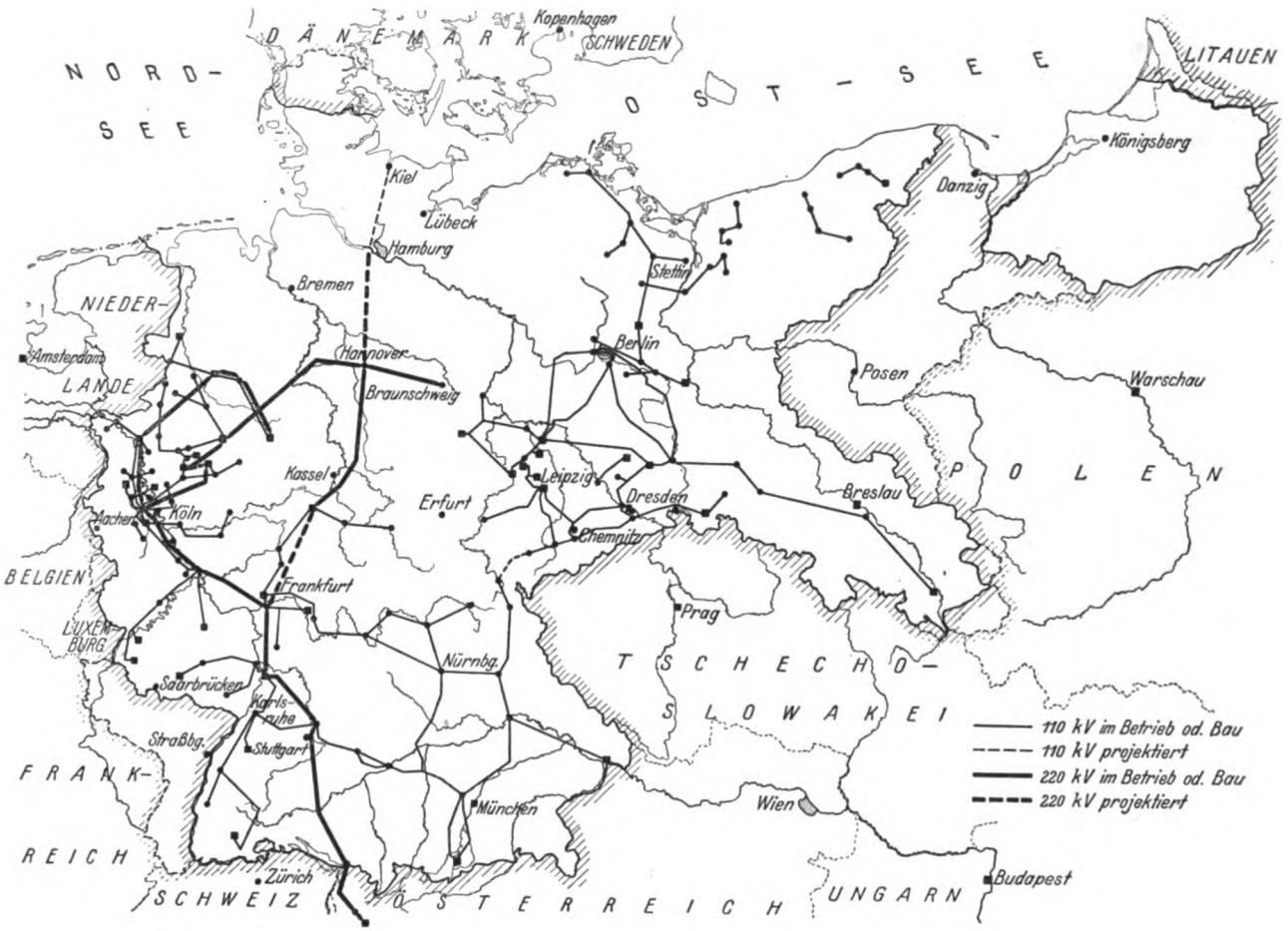
Öffentliche Kraftwerke	4,5 Mill kW
Eigenanlagen	2,7 „ „
zusammen	7,2 Mill kW

Stromübertragung.

Zahlentafel 5, auf der die Hochspannungsleitungen von 40 kV aufwärts zusammengestellt sind, gibt einen Begriff von dem Verlauf der Stromübertragung in den letzten 20 Jahren.

Netzgruppen von durchschnittlich 2000 km Länge übrig bleiben (wir haben dabei die kurzen Strecken in Pommern nicht mitgezählt). Die 220 kV-Leitungen bilden gar nur ein einziges zusammenhängendes Netz. Jede neue Spannungstufe verbindet eine Anzahl Netzgruppen der nächst niedrigen Stufe.

Obwohl hiernach bereits viel erreicht scheint, steht der organische Zusammenschluß der Netze noch im Anfang der Entwicklung: Die Kupplung ist häufig so lose, daß die Leistungen, die hierdurch vermittelt werden können, gegenüber dem Gesamtbedarf eine unwesentliche Rolle spielen; viele Strecken sind als Ausläufer angelegt mit beschränktem Übertragungsvermögen; die Einheitlichkeit der Betriebsführung ist nur vereinzelt durchgeführt; die meist als Sonderabkommen abgefaßten Austauschverträge bieten hierzu keine geeignete Handhabe.



Maßstab: 1 mm = 8,33 km

Abb. 8. 110 ... 220 kV-Leitungen im Jahre 1929.

Zahlentafel 5*.
Einfachlängen der Hochspannungsleitungen.

Jahr	Betriebspannung		
	40 ... 60 kV	110 kV	220 kV
1910	88 km	—	—
1920	3071 km	1020 km	—
1929	8180 km	6350 km	1512 km

* Die Werte dieser Tafel sowie Abb. 3 sind der Arbeit von R. Frank, ETZ 1929, S. 963, entnommen.

Die Hochspannungsleitungen sind zu größeren Netzgruppen zusammengeschlossen. Die 40/60 kV-Leitungen waren 1929 auf 23 Gruppen verteilt, entsprechend einer Durchschnittslänge von 355 km.

Wie aus Abb. 3, die sämtliche 110- und 220 kV-Leitungen enthält, zu ersehen ist, sind die 110 kV-Leitungen bereits derart weitgehend zusammengefaßt, daß nur noch 3

Nur in wenigen Fällen ist der Zusammenschluß so vollständig, daß dabei alle erreichbaren Vorteile der Stromverbilligung systematisch ausgenutzt werden können.

Gesellschaftsform der öffentlichen Unternehmungen.

Einen Ausblick in die organisatorische Entwicklung der Stromversorgung bietet Zahlentafel 6, auf der Zahl und Erzeugung der öffentlichen Stromlieferungsgesellschaften unterteilt nach ihrer Gesellschaftsform für die Jahre 1900, 1913 und 1928 zusammengestellt sind. Wir haben dabei die übliche Dreiteilung:

gemeinwirtschaftliche Gesellschaften (d. s. Reich, Staaten, Städte, Provinzen, Kreise und Gemeinden),
gemischtwirtschaftliche Gesellschaften und
private Gesellschaften

zugrunde gelegt.

Digitized by Google

Zahlentafel 6.
Entwicklung der Gesellschaftsformen der öffentlichen Stromversorgung.

	1900 absol.	1900 %	1913 absol.	1913 %	1928 absol.	1928 %
Zahl der Gesellschaften						
gemeinwirtsch. Gesellsch. . . .	29	37	115	55	341	56
gemischtwirtsch. Gesellsch. . .	—	—	11	5	103	17
private Gesellsch.	50	63	82	40	167	27
Summe	79	100	208	100	611	100
Erzeugung d. Gesellschaften						
gemeinwirtsch. Gesellsch. . . .	23,0%		40,1%		56,6%	
gemischtwirtsch. Gesellsch. . .	—		17,0%		28,8%	
private Gesellsch.	77,0%		42,9%		14,6%	
Summe	100,0%		100,0%		100,0%	

Die Zahl der privaten Gesellschaften betrug 1900 63 %; sie erzeugten 77 % der gesamten Arbeit; diese Werte beweisen, daß die öffentliche Stromversorgung Deutschlands ihren Ursprung der Privatinitiative verdankt. Die gemischtwirtschaftliche Form bildet die Brücke von der privaten zur gemeinwirtschaftlichen Gesellschaft; sie entstand erst nach 1900; bis zum Weltkrieg beteiligten sich die privaten Gesellschaften noch mit 43 % an der Gesamterzeugung; sie ist heute auf etwa 14 % gesunken; ihren Platz hat die gemeinwirtschaftliche Unternehmung übernommen, die heute angenähert 60 % aller Gesellschaften umfaßt und den gleichen Prozentsatz vom Gesamtstrom erzeugt. Fast die Hälfte hiervon entfällt auf Reichs- und Staatswerke, die also bereits mit nahezu einem Drittel an der gesamten öffentlichen Erzeugung beteiligt sind.

Aufgaben.

Nach diesem geschichtlichen Überblick über die deutsche Energieversorgung und ihre Entwicklungsaussichten wollen wir nunmehr ihre nächstliegenden Ziele und Aufgaben behandeln.

Wärmetechnik.

Dem heißen Kampf der ersten Nachkriegsjahre um die Verbesserung des Wärmeverbrauchs ist eine Zeit ruhigerer Entwicklung gefolgt, deren Züge sich bereits auszuprägen beginnen. Werke, die nur elektrische Arbeit erzeugen und keine Abwärmeverwertung betreiben, verwenden fast ausschließlich Dampfspannungen, bei denen der Dampf in der Turbine ohne Zwischenüberhitzung verarbeitet werden kann. Durch Erhöhung des Druckes bei gleichzeitiger Steigerung der Dampftemperatur und Einführung der Zwischenüberhitzung ist eine wesentliche Wärmeersparnis zu erzielen. Sofern man aber auf Zwischenüberhitzung verzichtet, ist der höchste Druck mit der höchstzulässigen Dampftemperatur gegeben. Bezüglich der Verbesserung des Wärmeverbrauchs liegt das Hauptgewicht in der Erhöhung der Temperatur. Neue Werke arbeiten bereits mit Einlaßtemperaturen an der Turbine bis 450 °. Hierbei beträgt die wirtschaftliche Dampfspannung ohne Zwischenüberhitzung etwa 35 atü. Werke mittlerer Leistung und Einheiten benutzen normal etwa 26 ... 28 atü bei 400 ... 425 °. Unter diesen Dampfverhältnissen werden gleichgute Ergebnisse erzielt wie beispielsweise in amerikanischen Anlagen, die hinsichtlich der Temperaturhöhe konservativer sind, dagegen häufig Dampfspannungen bis etwa 80 atü mit Zwischenüberhitzung verwenden. Derartige Spannungen sind in Deutschland fast ausschließlich auf Industrieanlagen beschränkt, wo große Dampfmengen für Heizzwecke und daher möglichst hohe Energie-Vorausnutzung der Wärme in Frage kommen.

Regenerativprozeß und Luftvorwärmung werden bei allen neueren Werken benutzt; zum Unterschied von manchen anderen Ländern begnügt man sich in Deutschland bis 35 atü durchweg mit zweistufiger Vorwärmung des Speisewassers; der rechnungsmäßige Mehrgewinn bei höherer Stufenzahl ist gering; er wird nach Ansicht der Praktiker durch Betriebserschwerungen, größere Unterhaltungs- und Anlagekosten wettgemacht.

Das ungewöhnliche Interesse, das nach Kriegsende der Kohlenstaubfeuerung erwiesen wurde, ist in den letzten Jahren verflacht. Denn die steigende Nachfrage nach den früher wenig beachteten Staubkohlesorten veranlaßte die Zechen, die Preise den übrigen Kohlesorten anzugleichen; hinzu kommen die Mehrkosten für die Mahlanlage, die bei den derzeitigen hohen Zinssätzen doppelt empfunden werden, und die Aufbereitungskosten der Staubkohle; trotz unverkennbarer Fortschritte betragen letztere auch in neuzeitlichen Werken heute noch etwa 2,50 M je Tonne Kohle ohne Berücksichtigung des zusätzlichen Kapitaldienstes. Ein Vorsprung der Staubfeuerung, die Verwendbarkeit ungleicher und minderwertiger Kohlesorten, insbesondere der billigen Staubkohle, wurde durch Verbesserungen an den mechanischen Rostfeuerungen teilweise eingeholt; die gleichzeitig verbesserte Anpassung der Rostfeuerung an wechselnde Lastverhältnisse genügt heute selbst Ansprüchen, wie sie von großen Kraftwerken mit Spitzencharakter gestellt werden.

Den augenblicklichen Standpunkt kann man etwa dahin zusammenfassen: Die Kohlenstaubfeuerung hat sich technisch vollauf bewährt; jedoch ist der wirtschaftliche Vorsprung, den sie zweifellos vor Jahren besaß, heute weniger ausgeprägt und daher die Frage: Staub- oder Rostfeuerung von Fall zu Fall nach sorgfältiger Abwägung aller Einzelheiten zu beantworten.

Rechnet man zu den in der Nachkriegszeit erreichten wärmetechnischen Erfolgen auch die Brennstoffersparnisse infolge Verwendung größerer Maschinen- und Kesseleinheiten, auf die wir in anderem Zusammenhange noch zurückkommen, so beträgt die mittlere Verbesserung etwa 30 ... 40 % des Verbrauchs vor dem Kriege.

Wie bereits angedeutet, ist das Tempo der wärmetechnischen Entwicklungsarbeit ruhiger geworden; wesentliche Fortschritte verspricht die Steigerung der Dampftemperatur. Von hohem Interesse sind hierbei die Fragen der Beherrschung der Zersetzungserscheinungen des Dampfes.

„Feste" Kosten der Erzeugung.

Das Interesse für die Brennstoffersparnis tritt augenblicklich zurück gegenüber der Aufgabe, die „festen" Kosten der Erzeugung zu verbessern, eine Aufgabe, deren Lösung heute zielbewußter und systematischer betrieben wird als je zuvor.

Alle einschneidenden Mittel, die „festen" Kosten zu beeinflussen, entspringen letzten Endes organisatorischen Maßnahmen, um nicht zu sagen einer einzigen derartigen Maßnahme, nämlich dem organisch durchgeführten Zusammenschluß der Energieversorgung.

Wir haben früher gezeigt, daß etwa 10 % der bestehenden Kraftwerke (vgl. Zahlentafel 4) etwa 90 % der gesamten installierten Maschinenleistung besitzen und voraussichtlich schon heute den gesamten Strombedarf decken könnten, wenn sie durch ausreichende Fernleitungen miteinander verbunden wären. Welche Vorteile ergeben sich aus solchen Möglichkeiten?

Größe der Einheiten.

Die Größe der in einem Kraftwerk aufzustellenden Maschineneinheiten hängt wesentlich ab von der Spitzenleistung des Werkes. Man wird mit der Einheit normal kaum über 20 ... 25 % der Werkspitze gehen, also z. B. 100 000 kW-Sätze erst verwenden, wenn die installierte Leistung gegen ½ Mill kW beträgt, ein Wert, der bisher von keinem Kraftwerk erreicht ist. Arbeiten mehrere Werke auf ein gemeinsames Netz, so daß sie sich gegenseitig unterstützen können, so ist für die Bemessung der Einheitsgrößen die Summenleistung der Werke entscheidend; beträgt sie, um bei dem vorhergehenden Beispiel zu bleiben, etwa ½ Mill kW, so wäre es unbedenklich, auch in dem kleinsten dieser Werke Maschineneinheiten von 100 000 kW aufzustellen. Der Zusammenschluß fördert also die Anwendung großer Einheiten, verbessert damit den Wärmeverbrauch und verbilligt die Baukosten von neuen Anlagen. Bisher sind Maschinengrößen von 100 000 kW und Kessel mit 150 t Stundenleistung entsprechend rd. 35 000 kW erreicht worden. Untersuchungen haben gezeigt, daß damit bei weitem die wirtschaftlichen Möglichkeiten nicht erschöpft sind. Durch Verdoppelung der Einheitsgrößen werden ohne Schwierigkeit 10 ... 20 % der Anlagekosten erspart.

Ausnutzung.

Wie früher gezeigt, arbeiten die Eigenanlagen bei einer Durchschnittsleistung von 830 kW mit etwa 80 bis 100 % Reserve, während die öffentlichen Werke, deren Durchschnittsleistung 1928 rd. 4500 kW betrug, nur etwa 40 % Maschinenreserve besitzen. Je größer die Leistung und je weiter der Zusammenschluß der Werke vorgeschritten ist — wobei, wie wir in dem vorigen Absatz gesehen haben, die Summenleistung an Stelle der Einzelleistung tritt —, mit desto kleineren Reserven kommt man aus. Trotz des Vorsprunges, den die öffentlichen Werke bisher gegenüber den Eigenanlagen erzielt haben, sind sie

Digitized by Google

noch weit entfernt von der unteren Grenze der Reserve, die bei etwa 15 % statt 40 % liegt und mit fortschreitendem Zusammenschluß der Werke zweifellos erreicht wird. Rechnet man einen Durchschnittspreis von 300 RM/kW, so bedeutet das eine Ersparnis in Anlagekosten von 75 RM je kW Spitze für die öffentlichen und gar von 195 RM für die Eigenanlagen, oder bei 14 % Kapitaldienst eine Verbilligung der Stromkosten von etwa 0,35 und 0,5 Pfg/kWh für öffentliche und Eigenanlagen. Die durch den Zusammenschluß erreichbare Einschränkung der Reserven ergibt daher eine jährliche Ersparnis von 100 ... 150 Mill RM; sie beträgt ein Mehrfaches der Summen, die bei restloser Anwendung aller heute bekannten Möglichkeiten wärmetechnischer Verbesserungen eingespart werden könnten, selbst wenn die hierdurch bedingten höheren Anlagekosten unberücksichtigt bleiben.

Außer einer Verbesserung des Ausnutzungsgrades infolge Verringerung der Reserve ergibt der Zusammenschluß der Werke aber auch eine Verbesserung des Lastgrades dadurch, daß die Ungleichzeitigkeit der Einzelspitzen ausgleichend wirkt und nach dem Zusammenschluß eine kleinere Gesamtspitze entsteht (Gleichzeitigkeitsgrad < 1). In welchem Ausmaß hierdurch eine Beeinflussung des Lastgrades möglich ist, hat eine Untersuchung ergeben, der die Belastungsdiagramme von 17 der größten deutschen Versorgungsgebiete für den Tag der Jahreshöchstlast aus dem Jahre 1926 zugrunde gelegt wurden. Der mittlere Tageslastgrad dieser Werke beträgt bei getrennter Arbeit, d. h. bei arithmetischer Addition der einzelnen Höchstwerte, 0,558. Werden dagegen alle Diagramme zu einem gemeinsamen Arbeitsverlauf zusammengesetzt, dann ergibt sich ein Lastgrad von 0,635.

Eine weitere Maßnahme, die Ausnutzung der Werke zu steigern, hat darin bestanden, auf den Stromabnehmer einzuwirken und ihn zu Maßnahmen zu veranlassen, die den Lastgrad verbessern. Dies wird in erster Linie durch Tarife mit verschiedenen Preis- und Zeitstaffelungen erreicht.

Welche Erfolge der Zusammenschluß der Werke und die Beeinflussung der Abnehmer bisher gehabt haben, ergibt sich daraus, daß die Benutzungsdauer der installierten Leistung der öffentlichen Werke seit 1900 von etwa 1700 auf etwa 2200 h, d. h. um rd. 30 % gestiegen ist.

Speicheranlagen.

Unter diesen Umständen lag es nahe, daß die öffentlichen Werke sich nicht mit dem Umweg über ihre Teilnehmer begnügten, sondern unmittelbar Schritte unternahmen, um die Ausnutzung ihrer Anlagen zu verbessern.

Man griff auf Kraftspeicherung zurück, wie sie früher bei Gleichstrom üblich war; an Stelle der Sammlerbatterien, die bei den heutigen Ausmaßen der Kraftwerke nicht ausreichen, werden Wärme- und Wasserkraftspeicher verwandt. Unter den größeren Anlagen sind zu erwähnen die Wasserspeicher Herdecke mit rd. 140 000 kW, Bringhausen mit 115 000 kW, Niederwartha mit 60 000 kW und der Wärmespeicher (Ruths) Charlottenburg mit 40 000 kW Spitze. In den letzten Jahren sind etwa eine halbe Million Kilowatt Speicherleistung in Betrieb gesetzt bzw. in Auftrag gegeben worden. Damit wird der Gesamtlastgrad der öffentlichen Krafterzeugung bereits um 7 % verbessert. Man opfert einen Teil der Kohleersparnis und vermindert die „festen" Kosten der Erzeugung: bezogen auf Spitzenleistung können Speicheranlagen billiger werden als Primäranlagen; außerdem ist bei Wasserkraftspeichern das Kostenverhältnis zwischen baulichem Teil und maschineller Einrichtung größer als bei Dampfkraftwerken, so daß an Unterhaltungs- und Abschreibungskosten gespart wird.

Werden die Speicher, wie es bei Wasserkraftspeichern in der Regel geschieht, in der Nähe eines Verbrauchs-Schwerpunktes angelegt, so wird damit gleichzeitig die Ausnutzung der Fernleitung erhöht, demnach ein doppelter Zweck erreicht.

Diese Entwicklung steht erst am Anfang; je mehr der Zusammenschluß der Werke fortschreitet, um so größer wird die Freiheit in der Auswahl der Baustellen und um so günstiger die Gelegenheit, bei geringsten Anlagekosten den höchsten Nutzeffekt der Speicheranlagen zu erzielen.

Wasserkraft-Ausnutzung.

Der überwiegende Teil der deutschen Wasserenergie entfällt auf Laufkräfte mit geringer Speichermöglichkeit. Da die Grundlast eines Elektrizitätswerkes etwas weniger als 100 m_a^2 [%], also bei gemischter Belastung mit $m_a = 0{,}35$ nur etwa 10 % der Spitze beträgt, war es bisher nicht immer möglich, die wirtschaftlich günstigste Ausbauleistung der Wasserkraft dem allgemeinen Strombedarf anzupassen. Überschreitung dieses Grundlastwertes bedeutete täglich mehrstündige Vergeudung von Wasserenergie und schlechte Ausnutzung des aufgewandten Kapitals.

In dem Maße, wie der Zusammenschluß der Werke fortschreitet, steigt der Grundlastwert und damit die Ausbaugrenze der Wasserkräfte. Darüber hinaus bietet sich Gelegenheit, Unregelmäßigkeiten in der Wasserhergabe verschiedener Werke über das gemeinsame Netz auszugleichen und ihre Ausnutzung zu verbessern. In gleichem Sinne wirken die in dem vorhergehenden Abschnitt behandelten Speicher; bei Wasserüberschuß an irgendwelchen Stellen des Netzes brauchen sie nicht durch Dampfenergie gefüllt zu werden und sparen infolgedessen Kohle.

Die zahlreichen Möglichkeiten, welche die Beziehungen zwischen Dampf-, Wasserkraft- und Speicheranlagen bieten, haben neue Anregungen in der Ausnutzung von Wasserkräften gegeben.

Lastverteilung.

Durch den Zusammenschluß weit auseinandergelegener Werke über leistungsfähige Fernleitungen verliert der bisherige Gesichtspunkt, die Erzeugung möglichst so zu verteilen, daß die Leitungsverluste ein Minimum werden, mehr und mehr an Gewicht; die Fernleitungskosten treten neben den Ersparnissen, die durch eine zweckmäßige Beteiligung der Kraftwerke an der Gesamterzeugung zu erreichen sind, zurück; diese werden zu dem Zweck wie eine Ware nach Klassen sortiert und als Grundlast-, Spitzenlast-, Blindlast- oder Reservewerke betrieben; entscheidend für diese Klasseneinteilung sind Unterschiede des Wärmeverbrauchs, der Kohlenpreise, der Lohnverhältnisse, Unterhaltungskosten und anderer Betriebsbedingungen; die Motive sind die gleichen wie in dem vorbehandelten Fall der Wasserkräfte: systematische Erfassung des durch den Zusammenschluß gebotenen Vorteils, die Werke nach ihren individuellen Eigenschaften auszunutzen und dadurch die Kosten der Gesamterzeugung auf ein Minimum herunterzubringen.

Diese Wandlung hat auch den Techniker zum Teil vor ganz neue Aufgaben gestellt: neben der selektiven Abschaltung handelt es sich dabei um Fragen der selbsttätigen Lastverteilung (Blind- und Wirklast), Spannungsregelung, Erdschlußschutz, Stabilität und Vereinheitlichung der Betriebsführung. Bei ihrer Lösung werden voraussichtlich die Fernwirkeinrichtungen eine wichtige Rolle spielen; sie schaffen erst die Möglichkeit, den ausgedehnten Betrieb in allen Einzelheiten von einer oder wenigen Zentralstellen aus zu kontrollieren, zu automatisieren und bei etwaigen Störungen ohne zeitraubende Umfrage die nötigen Maßnahmen zu ihrer Beseitigung einzuleiten.

Zusammenfassung.

Wir schließen unsere Ausführungen, indem wir das Ergebnis kurz zusammenfassen. Der Stromabsatz der öffentlichen Werke ist weit von dem Punkt der Sättigung entfernt; die Eigenanlagen sind heute noch ungewöhnlich stark (mit nahezu 50 %) an der gesamten Stromversorgung beteiligt; durch Stillegen und Zusammenschluß von Werken ergeben sich große Entwicklungsmöglichkeiten: sie bestehen nicht so sehr in der Rationalisierung des Wärmeverbrauchs wie in der Verbilligung der „festen" Stromkosten, durch größere Einheiten kleinere Reserven, Anlage von Speichern und eine systematische Zusammenarbeit der Werke nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Hierbei sind Ersparnisse zu erwarten, welche die wärmetechnischen übertreffen. Die Aufgaben der Stromversorgung erweisen sich als so umfassend und aussichtsreich, daß dadurch neben den günstigen Aussichten für die Strom liefernden Gesellschaften auch eine befriedigende Beschäftigung der Elektrizitätsindustrie auf Jahre hinaus gesichert erscheint.

Digitized by Google

(Fortsetzung von S. 848.)

elektrischen Stroms besonders günstig liegen, so haben die übrigen industriellen und gewerblichen Betriebe 1928 doch immer noch 27,7 % der Gesamtkohle verfeuert, während die Elektrizitätswerke bisher nur mit 6,8 % beteiligt waren. Der Anschluß industrieller Anlagen an die öffentliche Elektrizitätsversorgung kann daher noch eine ganz bedeutende Steigerung erfahren.

Über die Elektrizitätserzeugung aus den verschiedenen Brennstoffen im Jahr 1927 gibt folgende Übersicht Aufschluß:

Brennstoff	Mill kWh	%
Steinkohle	9,1	36,2
Braunkohle	8,6	34,4
Stein- und Braunkohlenbriketts	0,4	1,7
Ölmotoren und Wasserkraft	7,0	27,7
	25,1	100,0

Infolge des schnellen Wachstums der auf der Braunkohle liegenden Großkraftwerke wird, trotzdem auch die Verwendung der Braunkohlenbriketts ständig zunimmt, heute mindestens ein Drittel der gesamten Braunkohlenförderung unmittelbar als Rohkohle verfeuert. Den Bestrebungen, die Braunkohlenverschwelung zu steigern, vor allem auch Schwelwerke und Elektrizitätswerke zu kuppeln und in letzteren den Braunkohlenkoks zu verbrennen, muß daher besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Der Braunkohlenverbrauch in Deutschland verteilt sich folgendermaßen:

brikettiert wurden	65,8 %
verfeuert „	33,0 „
verschwelt „ bisher nur	1,2 „

Die Kohlenausfuhr-Statistik zählte für 1928, einschl. der Reparationsleistungen, an:

Steinkohle	23,5 Mill t
Zechenkoks	9,0 „ „
Braunkohlenbriketts	1,7 „ „
Steinkohlenbriketts	0,7 „ „

Auf Steinkohle umgerechnet, betrug die deutsche Kohlenein- und -ausfuhr in den Jahren 1925/28:

	1925	1926	1927	1928
	Mill t			
Einfuhr	9,3	4,2	7,2	8,9
Ausfuhr	33,0	55,6	40,2	37,8

2. Andere Brennstoffe.

Neben seinen freilich weitaus wichtigsten Kohlenschätzen verfügt Deutschland noch über andere feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe. Betrachten wir zunächst die ersteren:

In Süddeutschland, besonders in der Gegend von Darmstadt, befinden sich Lager von Ölschiefer, einem ölhaltigen Gestein, das z. T. unmittelbar in Elektrizitätswerken verfeuert, aber auch auf Öl- und Gasgewinnung, z. B. für Zugbeleuchtungen, verarbeitet wird. Vorkommen und Ausbeute sind jedoch nur gering, so daß der Ölschiefer für die deutsche Wirtschaft keine Rolle spielt; für andere Länder Europas wie Schottland, neuerdings auch Estland, ist er wichtig.

Nicht unbeträchtlich sind die in unseren deutschen Mooren aufgespeicherten Torfmengen. Den Umfang der Moore schätzt man auf 3 Mill ha; etwa die Hälfte davon läßt sich als Brennstoff verwerten; rd. 3 Mrd t Trockentorf könnten gewonnen werden, die zur Erzeugung von 1800 Mrd kWh ausreichen würden. Zur Elektrizitätserzeugung wird Torf in Deutschland nur in zwei Kraftwerken, den Überlandzentralen Wiesmoor in Ostfriesland (Abb. 6) und Meppen (Hannover) benutzt. Da die Gewinnung des Torfs lediglich in den Sommermonaten möglich ist, und wegen seines hohen Wassergehaltes, 80 % und darüber, sein Transport nicht lohnt, ist seine Verwendung bisher im wesentlichen auf den Hausbrand der näheren Umgebung beschränkt geblieben. Es steht jedoch zu hoffen, daß die Veredelung, an der auf mehrfachen Wegen gearbeitet wird, ihn auch für industrielle Zwecke brauchbar macht.

An Holz ist Deutschland reich, von den europäischen Staaten steht es an 4. Stelle; Rußland hat 161, Schweden 23,5, Finnland 23, Deutschland 12,7, Großbritannien nur 1,5 Mill ha Waldungen. Eine unmittelbare Verbrennung des Rohholzes kommt industriell nicht mehr in Frage, wohl aber die Vergasung der Abfälle der Holzindustrien zum Betrieb von Sauggasmotoren.

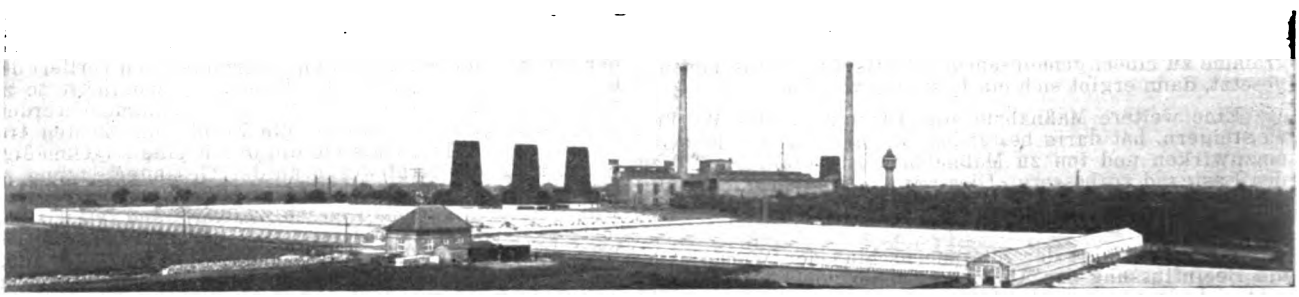


Abb. 6. Torfkraftwerk Wiesmoor.

Von festen Stoffen, aus denen Energie gewonnen wird, sei noch der Hausmüll erwähnt, der von mehreren deutschen Städten mit gutem Erfolg meist zur Erzeugung elektrischer Arbeit verbrannt wird. Schließlich hat man versucht, Briketts aus Heidekraut und Tang herzustellen, und sich aussichtsreich bemüht, aus den Sulfitlaugen der Zellulosefabriken Brennstoff zu gewinnen.

An flüssigen Brennstoffen zeigt sich Deutschland leider sehr arm, den oben besprochenen Bestrebungen, sie aus der Kohle zu gewinnen, ist daher dringend ein guter Erfolg zu wünschen. Erdöl, das als Kraft- und als Brennstoff für die Menschheit immer wichtiger wird, finden wir, da uns die Ölquellen im Elsaß verloren gegangen sind, nur noch an einigen Stellen der Provinz Hannover, hauptsächlich bei Celle-Wietze. Gewonnen wurden im Reich nur 97 000 t, gegenüber 150 Mill t Steinkohle eine verschwindend geringe Menge. Wie groß aber der Bedarf Deutschlands an flüssigen Brennstoffen ist, beweist die Tatsache, daß im Jahr 1928 für 285 Mill RM eingeführt wurden; 1927 betrug der Erdölimport 40,1 Mill t. In allerneuester Zeit werden von einer deutsch-amerikanischen Gesellschaft in Hannover Bohrungen in großem Stil vorgenommen, die hoffentlich auf ergiebige Quellen stoßen. Auch in Pommern hat man mit Bohrungen begonnen. Noch stiefmütterlicher sind wir bezüglich des Erdgases von der Natur bedacht worden, das in Verbindung mit den Erdölquellen Hannovers nur in geringen Mengen dem deutschen Boden entströmt.

Ob eine neuerdings versuchte Kraftgaserzeugung durch elektrolytische Zersetzung von Wasser zu wirtschaftlicher Bedeutung gelangen wird, läßt sich heute noch nicht übersehen. Beachtung scheint das Verfahren aber zu verdienen.

Digitized by Google

Die elektrotechnische Industrie und die Elektrisierung Deutschlands.

Bericht des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie, Berlin*.

In den ersten Jahrzehnten ihres Bestehens war die junge elektrotechnische Industrie mit der Schwachstromindustrie identisch. Gegenstände der Fabrikation waren Telegraphenapparate, elektrische Signalapparate, Drähte und Kabel, Meß- und Kontrollinstrumente. Auf der Abnehmerseite waren Interessentengruppen der Schwachstromindustrie, staatliche Behörden, die als Auftraggeber für Telegraphenlinien, insbesondere für militärische Zwecke, auftraten, und Eisenbahngesellschaften, denen die Signalapparate willkommene Mittel zur Erhöhung der Sicherheit des sich ausbreitenden Eisenbahnbetriebes waren.

Wenn man von dem kleingewerblichen Sonderzweig der Elektroindustrie, dem für den Hausgebrauch leichte elektrische Läutewerke herstellenden Haustelegraphengewerbe absieht, das bei einfachster Technik von zahlreichen Mechanikern betrieben wurde, so ergibt sich, daß schon in den Anfangsjahren der Großbetrieb vorherrscht. Diese Entwicklung ist gefördert worden durch die Großabnehmer, die naturgemäß in Anbetracht der erstmaligen praktischen Indienststellung einer neuen, in der breiten Öffentlichkeit unbekannten Energieform ihre Aufträge nur solchen Unternehmungen zugehen ließen, welche ihre Leistungsfähigkeit bereits bewiesen hatten und eine Garantie für Betriebsicherheit und Tauglichkeit der Anlagen boten.

Die junge Schwachstromindustrie konnte sich rasch entfalten und einen bedeutenden Markt sich erschließen. Für Preußen finden sich aus den Anfängen folgende Zahlen[1] vor:

1850	etwa 4 000 km	Telegraphenlinien u. etwa	40 Ämter
1866	„ 50 000 „	„ „	1 200 „

Aber die Schwachstromindustrie mußte doch bald hinter dem jüngeren Zweig der elektrotechnischen Industrie, der Starkstromtechnik, zu der durch die Erfindung des elektrodynamischen Prinzips im Jahre 1866 der Grund gelegt worden ist, zurücktreten. Erst nach Aufkommen der Starkstromindustrie wurden die Methoden entwickelt und die Organisationen geschaffen, die zu dem gewaltigen Aufschwung der elektrotechnischen Industrie wesentlich beigetragen haben. Sie sind zunächst zu erblicken in den von der Elektrotechnik angewandten Finanzierungsmethoden.

Nachdem durch die Erfindung der Dynamomaschine die Erzeugung elektrischer Energie auf mechanischem Wege ermöglicht war, wurde es zur dringendsten Aufgabe, dem Starkstrom Anwendungsgebiete zu erschließen. Infolge des Fehlens jeder Erfahrung über die Rentabilitätsaussichten von Anlagen der Stromerzeugung und Stromverwendung waren die Kreise, die für ihre Errichtung in Betracht kamen, in erster Linie öffentliche Körperschaften, zunächst nicht geneigt, die hohen Kapitalinvestitionen auf sich zu nehmen. So mußte das Risiko der praktischen Einführung des Starkstroms von der elektrotechnischen Industrie selbst getragen werden. Um die Nachfrage zu wecken, erbaute sie im Wege der Selbstfinanzierung zunächst Kraftstationen für Beleuchtungszwecke als Demonstrationsobjekte mit großem Werbeerfolg und nahm diese in eigene Regie. Durch Schaffung weiterer Musterbeispiele, wie elektrischer Straßenbahnen, elektrochemischer und elektrometallurgischer Anlagen, gelang es der Starkstromindustrie allmählich, sich den gesamten Markt zu öffnen. Die Methode, auch weiterhin den Absatz, wo nötig, selbst zu finanzieren, wurde im Interesse einer schnellen elektrischen Entwicklung beibehalten und unter Zuhilfenahme besonderer, auf der Effektensubstitution beruhender Beteiligungs- und Finanzierungsgesellschaften, die die elektrotechnische Industrie unter Übertragung der Aufgabe der Geldbeschaffung gründete und kontrollierte, vervollkommnet.

Von diesem für die deutsche Elektrotechnik charakteristischen Beteiligungs- und Finanzierungssystem, das sie bei vorsichtiger Handhabung zu besonderen geldlichen Leistungen befähigt hat, sind stärkste fördernde Einflüsse auf die Entwicklung der Starkstromindustrie ausgegangen.

Neben den Finanzierungsmethoden kommt der Schaffung der dezentralisierten Verkaufsorganisation überragende Bedeutung zu. Waren die älteren Industrien, insbesondere die Maschinenindustrie, von jeher gewohnt, ihre Erzeugnisse durch Vertreter und Händler absetzen zu lassen, so beschritt die Elektrotechnik bewußt neue Wege, indem sie Verkaufstellen und Installationsbüros in unmittelbarer Kundennähe einrichtete, von denen aus mit eigenem fachlich geschultem Personal, das die Interessen der Firma naturgemäß in ganz anderer Weise wahrnahm als fremde, meistens nicht fachkundige Vertreter, der Markt bearbeitet wurde. Diese technischen Büros konnten mit wesentlich größerem Erfolg als bei Zentralisation des Verkaufs in der Hauptverwaltung auf Grund ihrer Kenntnis der örtlichen Verhältnisse die Nachfrage anregen und fördern. Zudem war durch diese Organisationen, die ja nicht nur zu verkaufen, sondern auch zu installieren hatten, die größtmögliche Gewähr für zuverlässiges Funktionieren der erstellten Anlagen und weiter die Möglichkeit ihrer Überwachung und der Beratung der Kunden für ihre Handhabung gegeben. Diese Umstände waren von besonderer Wichtigkeit angesichts der mangelnden Vertrautheit der Abnehmer mit den neuen elektrischen Einrichtungen, die bei deren Versagen nur zu leicht geneigt sein konnten, unzureichende Qualität des Fabrikats anstatt fehlerhafte Behandlung als Ursache anzusehen. Ohne Zweifel haben diese technischen Büros, die die kapitalkräftigen Firmen der deutschen Elektrotechnik in großer Zahl auf dem Inlandsmarkt wie im Auslande einrichteten, die Absatzentfaltung außerordentlich gefördert.

Der infolge systematischer Anregung der Nachfrage nach elektrotechnischen Erzeugnissen seitens der fabrizierenden Industrie frühzeitig einsetzende Elektrisierungsprozeß hat im Laufe der Jahre an Umfang ständig zugenommen, so daß heute ein hoher Grad der elektrischen Aufschließung in Deutschland erreicht ist.

Installierte Leistung und Erzeugung der dem öffentlichen Verbrauch dienenden Elektrizitätswerke[2].

Jahr	Installierte Leistung 1000 kW	Erzeugung Mill kWh
1900	146	246
1903	249	413
1908	661	1095
1913	1250	2533
1925	4458	9760

Installierte Leistung und Erzeugung sämtlicher deutschen Elektrizitätswerke[3].

Jahr	Insgesamt: Install. Leistung 1000 kW	Insgesamt: Erzeugung Mill kWh	Mehrerzeugung gegen Vorjahr %	Öffentl. Werke: Erzeugung Mill kWh	Öffentl. Werke: in % der Ges.-Erzeugung	Eigenanlagen: Erzeugung Mill kWh	Eigenanlagen: in % der Ges.-Erzeugung
1925	8 713	20 328	—	9 915	48,8	10 413	51,2
1926	9 555	21 218	4,4	10 208	48,1	11 010	51,9
1927	10 242	25 135	18,5	12 317	49,0	12 818	51,0
1928	11 102	27 871	10,9	14 146	50,7	13 725	49,3
1929	—	etwa 32 000	14,8	—	—	—	—

Stromerzeugung und installierte Leistung lassen von Jahr zu Jahr wachsende Zunahme erkennen. Für 1929 kann auf Grund der amtlichen monatlichen Erfassung von 112 repräsentativen Elektrizitätswerken, auf die, wie es bisher für 1925/1928 die Ergebnisse der nachträglichen Gesamterhebungen bestätigt haben, ungefähr die Hälfte

* Ueber Produktionswerte der deutschen Elektroindustrie, die in der Literatur in Gegenüberstellung mit Werten anderer Länder ohne die erforderliche kenntliche Berücksichtigung des unterschiedlichen Preisniveaus verschiedentlich gebracht worden sind, wurden keine Angaben gemacht, da für deren genaue Bestimmung die verfügbaren Unterlagen unseres Erachtens zurzeit noch nicht ausreichend sind. An Stelle des Wortes Elektrifizierung in der Handschrift wurde hier die in der ETZ gebräuchliche Bezeichnung Elektrisierung gesetzt.

[1] Staats- und sozialwissenschaftliche Forschungen Bd. 22, Leipzig 1903.

[2] Nach den Erhebungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke.

[3] Nach den Erhebungen des Statistischen Reichsamtes.

Digitized by Google

der Gesamterzeugung aller deutschen Elektrizitätswerke entfällt, mit einem Gesamtaufkommen an elektrischer Arbeit in Höhe von rd. 32 Mrd kWh gerechnet werden.

Nach der Größe der Stromerzeugung behauptet Deutschland hinter den V. S. Amerika den zweiten Platz in der Elektrizitätserzeugung der Welt, für die unter weitestgehender Heranziehung vorhandener statistischer Angaben folgende Größenordnung ermittelt worden ist:

Elektrizitätserzeugung der Welt[4].

1925	rd.	184	Mrd kWh	
1926	„	206	„	„
1927	„	230	„	„
1928	„	255	„	„ (vorläufige Feststellung).

Wenn Deutschland, verglichen mit anderen Ländern, in der Erzeugung je Kopf der Bevölkerung an niedrigerer Stelle als in der Gesamterzeugung erscheint, so ist zu bedenken, daß solche Vergleichszahlen nur einen sehr rohen Beurteilungsmaßstab bilden, da bei diesen die besondere ökonomische Struktur der Verbrauchsländer nicht zum Ausdruck kommt, in denen entsprechend ihrem industriellen Aufbau eine Massierung des Stromkonsums vorliegen kann und, wie z. B. bei Norwegen (Elektrochemie, Elektrometallurgie) und Kanada (Holzveredelungsindustrie), in sehr beträchtlichem Maße tatsächlich vorliegt. Zu genauen Resultaten könnte man bei derartigen Betrachtungen nur kommen, wenn Verbrauchszahlen, u. zw. nicht nur insgesamt, sondern unter möglichst weitgehender Aufgliederung nach Konsumentengruppen[5] vorliegen würden. Hier versagt jedoch die Statistik für internationale Vergleiche noch fast vollkommen. Es ist dringend zu wünschen, daß die zweite Vollversammlung der Weltkraftkonferenz auch die seit langem schwebende Frage der Einführung internationaler einheitlicher Erhebungen der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs fördert.

Aber von solchen Besonderheiten des Stromkonsums abgesehen, veranschaulichen auch die rohen Insgesamt-Je-Kopfzahlen zu Recht einen höheren Elektrisierungsgrad als in Deutschland, z. B. in der Schweiz, in Norwegen und Schweden, Länder, die fast ausschließlich mit billiger, aus Wasserkräften unter günstigen Ausbaubedingungen gewonnener Elektrizität versorgt werden, oder in den V. S. Amerika dank ihres die elektrische Aufschließung wesentlich bestimmenden hohen Wohlstandsgrades.

Von den verschiedenen Anwendungsgebieten der Elektrizität zeigen die Eisenbahnen folgende Entwicklung:

Elektrisch betriebene Eisenbahnen in Deutschland[6].

Jahr	Länge der elektrisierten Strecken: Fernbahnen km	Stadt- und Vorortbahnen km	insgesamt km	in % des Gesamtnetzes	Stromart
1913	—	—	165	0 3	
1. I. 1924	580	36	616	1 0	
„ 1926	849	90	939	1 7	
„ 1927	936	112	1 048	2 0	EW
„ 1928	1 116	131	1 247	2 3	
„ 1929	1 290	225	1 515	2 8	
„ 1930	1 292	266	1 558	2 9	

Der geringe Elektrisierungsgrad auf diesem Gebiete entspricht der internationalen Situation. Für Europa kann für 1929 eine Umstellung der Eisenbahnen auf elektrischen Zugbetrieb im Umfange von nur etwa 2,5 %, für die Welt von nur wenig mehr als 1 % angenommen werden. Eine bemerkenswerte Ausnahme bildet allein die Schweiz, die Anfang 1929 rd. 62 % aller Strecken elektrisiert hatte; zu erwähnen sind weiter, allerdings mit wesentlich geringeren Anteilsätzen, Österreich (8 % Anfang 1928), Italien (6 % Anfang 1928), Schweden (6 % Anfang 1927), Norwegen (4 % Anfang 1928). In diesen Ländern bildet die Kohlenarmut einerseits, der Wasserkraftreichtum anderseits einen besonderen Anreiz für die Einführung des elektrischen Zugbetriebes.

Über die Elektrisierung der Industrie sind nur für 1925 auf Grund der gewerblichen Betriebzählung Unterlagen verfügbar. Danach entfielen von der Gesamtleistung der für die Industrie gezählten Kraftmaschinen (18,618 Mill PS) 65 % (12,202 Mill PS) auf Elektromotoren. Gemäß den starken Rationalisierungsarbeiten in den folgenden Jahren kann mit einer weiteren kräftigen Zunahme der Elektromotorenverwendung absolut wie relativ gerechnet werden.

[4] Statistischer Bericht 1929 des Zentralverbandes.
[5] s. Schema in der Denkschrift des Zentralverbandes anläßlich der Weltwirtschaftskonferenz 1927.
[6] Geschäftsberichte der Reichsbahn, El. Bahnen 1925/27.

Die deutsche Landwirtschaft ist durch den Ausbau der Überlandwerke und der Überlandnetze weitgehend mit elektrischer Energie in Verbindung gebracht worden. 1925 hatten 90 % aller landwirtschaftlichen Betriebe elektrischen Anschluß. Jedoch dienen diese Anschlüsse vornehmlich der elektrischen Beleuchtung, während der Kraftstromverbrauch noch auf sehr niedriger Entwicklungstufe steht. Nach der landwirtschaftlichen Betriebzählung verwendeten 1925 in Preußen von rd. 3 Mill landwirtschaftlichen Betrieben nur rd. 9 % Maschinen mit Elektromotoren, für das gesamte Deutsche Reich erhöht sich der Satz auf 13 %. Wie auf dem Gebiet der Eisenbahnen liegen auch hier noch große Elektrisierungsmöglichkeiten. Von dem gesamten Stromverbrauch Deutschlands, der bisher erstmalig und allein für 1925 in Höhe von rd. 18,3 Mrd kWh amtlicherseits erfaßt worden ist, entfielen auf die Landwirtschaft nur rd. 2,5 % (auf die Industrie 80 %). Der geringe Elektrisierungsgrad der deutschen Landwirtschaft ist in der Hauptsache erklärt durch die bekannt schwere Notlage, in der sie sich schon seit einer Reihe von Jahren befindet.

Von einem weiteren Anwendungsgebiet der Elektrizität von besonderer Zukunftsbedeutung, dem der Haushaltungen, dessen Entwicklung die Elektrofabrikation wie die Elektrizität erzeugende Industrie ihre besondere Sorgfalt widmen, läßt sich der Grad des elektrischen Fortschritts leider nicht aufzeigen, da hierfür die statistischen Unterlagen fehlen. Es kann aber nicht zweifelhaft sein, daß die Elektrizität auf diesem Gebiet für Beleuchtungszwecke weiteste Verbreitung gefunden hat und die Verwendung elektrischer Haushaltungsgeräte wachsende Fortschritte zeigt, wenn auch zu berücksichtigen bleibt, daß gerade hierbei vom allgemeinen Wohlstandsgrad wichtige Entwicklungseinflüsse ausgehen.

Besonderes Interesse beanspruchen die Elektrisierungsarbeiten auf dem Schwachstromgebiet.

Fernsprechstellen in Deutschland[7].

Jahresanfang	Anzahl sämtlicher Sprechstellen: in 1000	auf 100 Einw.	in % der Welt
1925	2385	3,9	9,16
1926	2588	4,1	9,31
1927	2688	4,2	9,15
1928	2815	4,4	9,08
1929	2950	4,6	9,02

In der Welt wird Deutschland der Zahl der vorhandenen Sprechstellen nach nur von den V. S. Amerika, von diesen allerdings in beträchtlichem Ausmaß (nach der Statistik entfallen auf sie rd. 60 % aller für die Welt gezählten Sprechstellen) übertroffen, der Anschlußdichte je 100 Einwohner nach steht Deutschland erst an neunter Stelle in der Welt.

Eine gewaltige Entwicklungsarbeit ist in wenigen Jahren im Ausbau der Fernkabellinien und der automatischen Fernsprechstellen in Deutschland geleistet worden.

Länge der deutschen Landfernkabellinien[8].

Ende 1920	298	km
31. III. 1922	1 287	„
31. „ 1924	3 556	„
31. „ 1927	6 925	„
31. „ 1928	7 814	„
31. „ 1929	8 376	„
31. „ 1930	9 160	„ .

Auf Grund eines in wirtschaftlich schwerer Zeit des Jahres 1921 aufgestellten Programms, das der vorausschauenden Erkenntnis von der Notwendigkeit und der entscheidenden Bedeutung eines eigenen Fernsprechnetzes höchster technischer Leistungsfähigkeit infolge der zentraleuropäischen Lage Deutschlands entsprungen ist, hat die Reichspostverwaltung zielbewußt und vorbildlich für andere innerhalb eines kurzen Zeitraums von 10 Jahren die Fernkabellinien (ohne Anschlußkabel) von rd. 300 km (1920) auf rd. 9200 km (Ende März 1930) ausgebaut.

Wie auf diesem Gebiete, so zeigen auch die Zahlen über den Ausbau des automatischen Fernsprechwesens besonders in den letzten Jahren eine ebenfalls geradezu sprunghafte Entwicklung (s. S. 857).

Nach dem internationalen Verzeichnis der Funkstellen verfügte Deutschland Anfang 1928 über 35 Küstenfunkstellen, 21 Landfunkstellen und 874 Bordfunkstellen. Infolge der Abtretung fast sämtlicher deutschen

[7] Nach den "Telephone and Telegraph Statistics of the World" der American Telephone & Telegraph Co.
[8] Geschäftsberichte der Reichspost.

Digitized by Google

Selbstanschlüsse in Deutschland[9].

Jahr	Hauptanschlüsse		
	insgesamt Anzahl	davon Selbstanschlüsse Anzahl	in % d. Hauptanschl.
1913	885 294	18 705	2,1
1918	927 641	46 877	5,0
1920	1 085 730	53 405	4,9
1923	1 286 517	101 292	7,9
1924	1 408 555	139 721	9,9
1925	1 561 850	223 400	14,3
1926	1 647 112	332 500	20,2
1927	1 711 817	482 145	28,2
1928	1 769 331	711 067	40,2
1929	1 922 348	902 078	46,9

Unterseekabel gemäß den Bestimmungen des Versailler Vertrages — mit der Verlegung des von Emden nach den Azoren führenden Kabels der Deutsch-Atlantischen Telegraphengesellschaft (3972 km) hat Deutschland den Anfang zum Wiederaufbau der dem interkontinentalen Schnell-Nachrichtenverkehr dienenden Unterseekabel gemacht — wurde auf den Ausbau des Funkwesens besonderer Nachdruck gelegt. Für die Bordfunkstellen ist besonders interessant, daß sie bei der geringen Zahl deutscher Schiffe relativ auf einen sehr hohen Grad funkentelegraphischer Ausrüstung hindeuten.

Schließlich läßt auch der Unterhaltungsrundfunk stark zunehmende Hörerzahlen erkennen.

Rundfunk in Deutschland[10].

Jahresanfang	Teilnehmer	
	insgesamt	auf 1000 Einwohner
1924	1 580	0,03
1926	1 022 299	16,06
1927	1 376 564	21,50
1928	2 009 842	31,21
1929	2 635 567	40,80
1930	3 066 682	47,26
1. IV. 1930	3 238 396	49,90

Über die gegenwärtige Position der deutschen Elektroindustrie nach Standortswahl, Größengliederung der Unternehmungen und beschäftigten Personen ist bezüglich der Standorte festzustellen, daß die elektrotechnischen Unternehmungen überwiegend in Großstädten anzutreffen sind. Der hohe Verfeinerungsgrad zahlreicher elektrotechnischer Fabrikate macht die Verwendung hochwertiger gelernter Arbeitskräfte in weitem Umfange erforderlich. Hier bietet am ehesten der großstädtische Arbeitsmarkt mit seinem großen Reservoir an Arbeitskräften die Möglichkeit, den auftretenden Bedarf zu befriedigen. Hinzu kommt, daß auch an die ungelernten Arbeiter, unter denen die weiblichen Arbeitskräfte mit fortschreitender Mechanisierung und physischer Erleichterung der Arbeitsprozesse zugenommen haben, Anforderungen gestellt werden, denen am ehesten die großstädtische Bevölkerung mit ihrem größeren Interesse, mit ihrer größeren Regsamkeit, Anpassungsfähigkeit und Geschicklichkeit gewachsen ist. So ist für die vorwiegend großstädtische Standortswahl der deutschen Elektroindustrie der Faktor der Arbeitsorientierung von ausschlaggebender Bedeutung (Abb. 1).

Eine besondere Stellung unter den großstädtischen Standorten nimmt Berlin ein, das als Hauptsitz der deutschen Elektroindustrie anzusehen ist. Nach den Beschäftigten entfallen auf Berlin ungefähr 50 %. Hier haben die größten Unternehmungen der deutschen Elektroindustrie ihre hauptsächlichen Fabrikationsstätten errichtet. Fabrikationstechnisch ist das gesamte weitverzweigte Gebiet der elektrotechnischen Industrie in Berlin vertreten.

Die Größengliederung der Unternehmungen der deutschen elektrotechnischen Industrie 1929[11].

Zahl der Beschäftigten	Firmen in % der Gesamtzahl	Beschäftigte in % der Gesamtzahl
unter 35	29,8	0,8
über 35 ... 100	24,2	2,1
„ 100 ... 200	16,3	3,2
„ 200 ... 500	16,0	7,5
„ 500 ... 1000	6,5	6,2
„ 1000 ... 3000	4,2	8,9
„ 3000 ... 5000	1,1	5,2
„ 5000	1,9	66,1
	100	100

Die Größengliederung der Unternehmungen der deutschen elektrotechnischen Industrie zeigt das Überwiegen der großen Firmen. Das hohe Investitionsminimum der kapitalintensiven Industrie, die bedeutende Höhe der Aufwendungen für Untersuchungs- und Forschungsarbeiten üben hier in den Hauptfabrikationszweigen eine stark beschränkende Wirkung auf die Zahl der Untornehmungen und verleihen denjenigen eine überragende Stellung, die die Träger der Entwicklung geworden sind.

Neben den Großunternehmungen spielen die in beträchtlicher Zahl vorhandenen, auf dem Gebiete der Spezialfabrikation tätigen mittleren und kleinen Firmen ebenfalls eine wichtige Rolle.

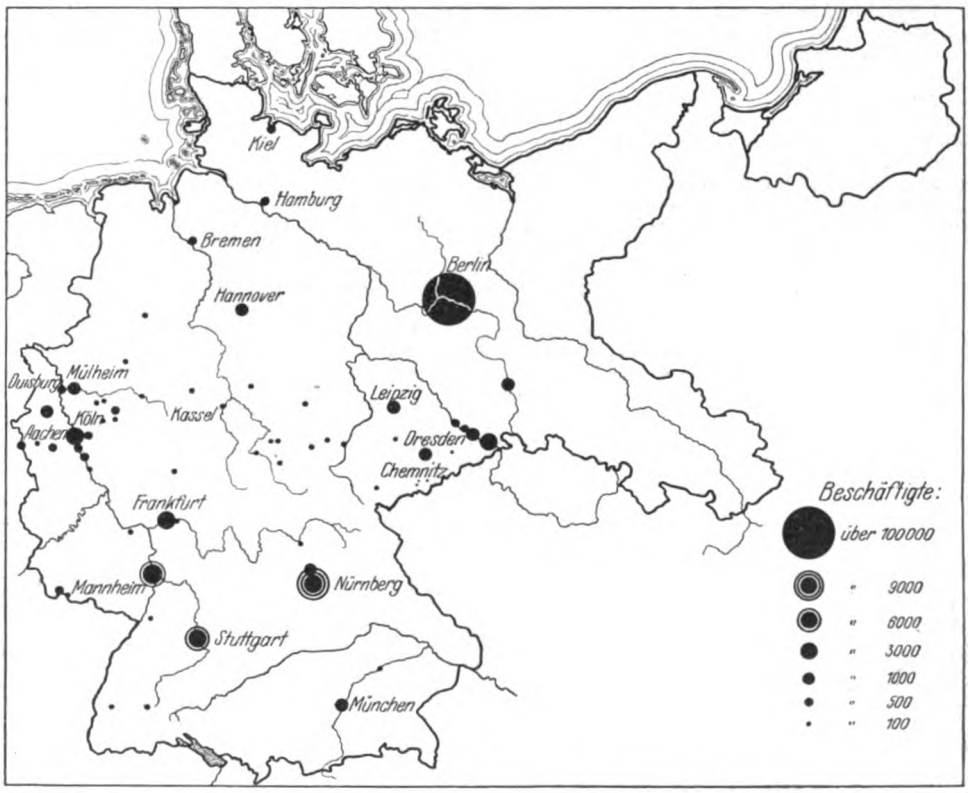


Abb. 1. Standorte der deutschen elektrotechnischen Industrie (Fabrikation).

Beschäftigte Personen in der deutschen Elektroindustrie[12].

1926	273 861
1927	321 344
1928	354 946

[9] Feyerabend, 50 Jahre Fernsprecher in Deutschland. Geschäftsberichte der Reichspost.

[10] Mitteilungen der Reichsrundfunkgesellschaft.

[11] Statistik des Zentralverbandes.

[12] Nach den Erhebungen der Gewerbeaufsichtsbehörden (erfaßt sind Betriebe mit 5 und mehr Arbeitnehmern).

Digitized by Google

Über die in der gesamten elektrotechnischen Industrie beschäftigten Personen stehen für mehrere Jahre vergleichbare Zahlen auf Grund der Erhebungen der Gewerbeaufsichtsbeamten zur Verfügung. Danach haben sich für die deutsche Elektroindustrie einschl. der in ihrer nichtelektrotechnischen Fabrikation tätigen Personen die vorstehenden Zahlen ergeben.

Die deutsche Elektroindustrie hat frühzeitig Verbindungen mit der Auslandswirtschaft angeknüpft, die im Laufe der Jahre weitgehend ausgebaut worden sind. Eingangs wurde bereits auf die Verkaufstellen verwiesen, die die finanziell leistungsfähigen Firmen wie im Inland so auch in fremden Einflußsphären errichteten und die starke Absatzstützpunkte darstellten. Der gleichen Aufgabe dienten die fabrikatorischen Auslandsniederlassungen, die besonders vor dem Kriege in denjenigen fremden Marktgebieten geschaffen wurden, in denen es der deutschen Elektroindustrie durch den aufkommenden wirtschaftlichen Nationalismus erschwert wurde, festen Fuß zu fassen. Durch zwangsweise Liquidation gingen infolge des Krieges diese Fabrikationsfilialen in den ehemaligen Ententeländern verloren und wurden überdies vielfach zu Keimzellen der ausländischen Elektroindustrie und zu Konkurrenten der deutschen Gründerfirmen. Wie das Verkaufsystem, so wurden auch die Fabrikationstützpunkte, diese zwar nur in beschränktem Umfange, nach dem Kriege wieder aufgebaut und üben als Bindeglied mit der Auslandswirtschaft weiter ihre wichtige absatzvermittelnde und -fördernde Funktion aus.

Wohl die älteste Maßnahme, die im Laufe der Entwicklung in ständig wachsendem Umfange zu weitgehender Verflechtung der deutschen Elektroindustrie mit der Weltwirtschaft geführt hat, bildet als hervorragendes Mittel zur Förderung der Fabrikationstechnik der Patent- und Erfahrungsaustausch. Besonders zahlreich sind die Auslandsverbindungen dieser Art auf dem Gebiet der ihrer Natur und Aufgabe nach vor allem auf weltwirtschaftliche Beziehungen eingestellten drahtlosen Industrie, in der wie wohl in keinem anderen Zweig der Elektroindustrie wissenschaftliche Forschungen und Untersuchungen einen besonders großen Raum beanspruchen. Auch das unter maßgeblich deutschem Einfluß geschaffene, Anfang 1925 in Funktion getretene internationale Glühlampenkartell (Metallfadenlampen), das im Gegensatz zu dem nur auf europäische Länder sich erstreckenden, 1903 gegründeten alten Kartell (Kohlefadenlampen) wegen der Zugehörigkeit Japans — auch zur Elektroindustrie der V. S. Amerika bestehen Beziehungen — als eine Glühlampenweltgemeinschaft angesprochen zu werden verdient, hat zu einer wesentlichen Grundlage einen restlosen Patent- und Erfahrungsaustausch zwischen seinen Mitgliedern.

Zu alledem sind durch finanzielle Transaktionen Verbindungen mit der Wirtschaft des Auslandes hergestellt worden.

Das Bild der zahlreichen internationalen Beziehungen wird vervollständigt durch die Beteiligung der deutschen Elektroindustrie an der weitreichenden zwischenstaatlichen technischen Gemeinschaftsarbeit auf dem Gebiet der Elektrotechnik (z. B. Weltkraftkonferenz, CCI, IEC).

Weltelektroausfuhr*.

Länder	1913	1925	1926	1927	1928	Anteil an der Gesamtausfuhr 1913	1925	1928
	Mill RM					%		
Deutschland[1]	330,6	366,5	406,2	441,2	536,1	46,4	25,8	28,6
V. S. Amerika	112,4	354,6	399,1	417,5	448,4	15,7	25,1	24,0
Großbritannien	157,4	356,5	395,3	383,8	477,6	22,0	25,2	20,2
Niederlande[2]	[3]12,0	53,7	49,7	70,2	105,8	1,7	3,8	5,6
Schweden	14,1	40,3	51,2	64,9	81,6	2,0	2,8	4,4
Frankreich	30,2	78,3	90,4	61,9	69,1	4,2	5,5	3,7
Österreich-Ungarn	10,4	.	.	.	.	1,5	.	.
Österreich	.	34,8	34,8	37,1	41,7	.	2,5	2,3
Tschechoslowakei	.	7,1	7,8	12,2	17,0	.	0,3	0,9
Ungarn	.	11,9	13,4	11,7	13,7	.	0,8	0,7
Schweiz	24,8	47,6	46,4	53,2	66,7	3,5	3,4	3,5
Belgien	[4]10,0	17,8	26,9	34,1	38,5	1,4	1,3	2,1
Kanada[5]	0,3	[6]14,5	[6]16,9	17,4	20,2	0,0	0,9	1,1
Dänemark	1,7	12,2	12,1	15,8	19,5	0,2	0,9	1,0
Japan	1,6	11,1	14,2	15,4	18,5	0,2	0,8	1,0
Italien	8,3	12,3	16,4	16,4	16,3	1,2	0,9	0,9
Insgesamt	713,8	1419,2	1586,8	1652,8	1870,7	100	100	100

* Erfaßt sind über 95% der Weltelektroausfuhr. Die in den Statistiken enthaltenen Abschnitte „Elektrotechnik" sind z. T. erweitert durch die in anderen Abschnitten geführten elektrotechnischen Erzeugnisse (z. B. künstliche Kohle, Porzellanisolatoren, isolierte Drähte und Kabel aus Kupfer). Isolierter Eisendraht und blanker Kupferdraht sind nicht berücksichtigt.

[1] Einschl. Reparationslieferungen.
[2] Einschl. Durchfuhr.
[3] 1913 Wert geschätzt.
[4] Nach Schätzung Martel (Messager des Bruxelles 1917).
[5] Einschl. Wiederausfuhr.
[6] Fiskaljahr Ende 31. III. 1926 bzw. 1927.

Die mit der Weltwirtschaft stark verflochtene Stellung der deutschen Elektroindustrie tritt auch an den Exportzahlen klar zutage, am deutlichsten sichtbar an dem Ausfuhrergebnis des letzten Vorkriegsjahres, in dem Deutschland fast 50 % des Weltelektroexports bestritt. Mit noch nicht der Hälfte der deutschen Ausfuhr folgten an zweiter Stelle Großbritannien, mit ungefähr einem Drittel an dritter Stelle die V. S. Amerika. Unter den schädigenden Einwirkungen des Weltkrieges und der Inflationszeit auf Produktivkräfte, finanzielle Stärke und Auslandsabsatzorganisation der deutschen Elektroindustrie ging ihre überragende Stellung auf dem Weltmarkt verloren. Im Jahre 1925 bietet der Elektroweltmarkt ein stark verändertes Bild der internationalen Kräftegruppierung. Die vor dem Kriege weit divergierenden Ausfuhranteile der drei Hauptwettbewerbsländer stehen auf ungefähr gleichem Niveau von 25 % — den stärksten Gewinn zeigen im Rahmen ihres gesamtwirtschaftlichen Aufschwungs die V. S. Amerika —, eine vierte Gruppe, umfassend Länder mit geringerer elektrotechnischer Produktion, in der Hauptsache die Niederlande, die Schweiz, Österreich nebst Nachfolgestaaten, Schweden, Belgien und Frankreich, ist diesen Anteilen — gegen nur 14 % im Jahre 1913 — sehr nahe gekommen. In den folgenden Jahren ergibt sich wieder ein Auseinandergehen der Ausfuhranteile, der deutsche Elektroexport befindet sich absolut wie relativ in nicht unbeträchtlich fortlaufender Steigerung bis zu einem Anteil von fast 29 % im Jahre 1928.

Deutsche Elektroausfuhr nach Ländergruppen.

Ländergruppen	1913	1925	1928	1929	Anteil an der Gesamtausfuhr 1913	1925	1928	1929
	1000 RM				Prozent			
Großbritannien einschl. Irland und Niederlande	51 604	69 549	87 717	120 261	15,6	19,0	16,4	18,9
Osteuropa[1]	35 618[2]	38 369	85 199	58 955	10,8	10,5	15,8	9,4
davon nach: Rußland		*12 908*	*50 190*	*25 456*		*3,5*	*9,4*	*4,0*
Polen		*14 701*	*23 118*	*21 506*		*4,0*	*4,3*	*3,4*
Mitteleuropa und Balkan[3]	29 009	45 704	74 737	91 463	8,8	12,2	13,9	14,3
Nordeuropa[4]	35 841	50 144	69 006	75 050	10,9	13,6	12,8	11,8
Westeuropa[5]	56 465	29 599	54 039	89 382	17,1	8,3	10,1	13,9
Italien und Schweiz	30 917	39 885	48 785	56 932	9,3	11,0	9,1	8,9
Sonstige europäische Länder[6]	281	152	424	281	0,1	0,0	0,1	0,0
Europa	239 825	273 402	419 907	492 324	72,6	74,6	78,2	77,2
Südamerika	39 184	36 193	49 564	58 739	11,8	9,8	9,3	9,1
Ostasien[7]	18 950	27 901	28 911	35 766	5,7	7,7	5,4	5,6
Brit. Besitzg. in Übersee	11 437	11 128	16 995	22 092	3,5	2,8	3,2	3,2
Nord- und Mittelamerika	14 117	13 087	13 961	18 619	4,3	3,7	2,6	3,0
Sonst. außereurop. Länder	7 048	4 786	6 746	10 680	2,1	1,4	1,3	1,9
Übersee	90 736	93 095	116 177	145 896	27,4	25,4	21,8	22,8
Insgesamt	330 561	366 497	536 084	638 220	100	100	100	100

[1] Rußland, Polen, Danzig, Lettland, Litauen, Estland.
[2] Rußland Vorkriegsgebiet.
[3] Österreich, Ungarn, Tschechoslowakei, Jugoslawien, Bulgarien, Rumänien, Griechenland.
[4] Dänemark, Norwegen, Schweden, Finnland.
[5] Belgien, Luxemburg, Frankreich, Saargebiet, Elsaß-Lothringen, Spanien.
[6] Albanien, britische Besitzungen am und im Mittelländischen Meer, Zollausschlüsse Helgoland, badische Zollausschlüsse.
[7] China, Japan, Niederl.-Indien.

Digitized by Google

Auch während des Jahres 1929 hat bei einer Gesamtausfuhr von rd. 638 Mill RM (Zunahme gegenüber dem Vorjahre 19%) die aufwärtsführende Entwicklung angehalten. Im Weltelektroexport behauptet auch in diesem Jahre die deutsche Elektroindustrie die Führung, trotz der gewaltig gestiegenen Ausfuhr der amerikanischen Elektroindustrie (Zunahme gegenüber 1928 etwa 35 %), die, gestützt auf ihre überragenden Finanzkräfte, zur Stärkung ihrer Exportposition in den letzten Jahren eine außerordentlich aktive Kapitalinvestitionspolitik betrieben hat.

In der regionalen Verteilung des deutschen Elektroexports steht der europäische Markt mit in den letzten Jahren fast 80proz. Ausfuhraufnahme nach wie vor bei weitem an erster Stelle, unter den überseeischen Absatzgebieten kommt Südamerika mit etwa 9% die Hauptbedeutung zu.

Ungeachtet der in wenigen Jahrzehnten in Deutschland wie im Ausland erzielten gewaltigen Elektrifizierungsfortschritte ist die elektrische Entwicklung von der Erreichung des Sättigungspunktes noch weit entfernt. An die erschlossenen Anwendungsgebiete, die fortlaufend auch in Ländern mit hohem Grad elektrischer Durchdringung große elektrische Aufnahmefähigkeit zeigen, wie es alle verfügbaren Zahlen erkennen lassen, werden besonders durch die zu immer neuen Betätigungsformen schreitende Schwachstromtechnik (Bildfunk, elektrisches Fernsehen, Elektroakustik) andere angereiht. Auf dem Gebiete der Starkstromindustrie eröffnen die zu ständig steigender Reichweite des Stromtransports führenden unablässigen Fortschritte der Hochspannungstechnik verheißungsvolle Möglichkeiten für die zwischenstaatliche Versorgung mit billiger Wasserkraftelektrizität (Projekt der Fernleitung elektrischer Energie aus Norwegen nach Deutschland). So bestehen günstige Aussichten für die weitere Entfaltung des elektrotechnischen Absatzes, für deren Verwirklichung Hebung der allgemeinen Kaufkraft und die Beschaffung billiger elektrischer Energie wichtigste Voraussetzungen darstellen. Die bevorstehende Weltkraftkonferenz wird, wie aus den vorliegenden Berichten zu ersehen ist, eine Fülle von Anregungen für die Steigerung des Gesamtwirkungsgrades der Energieversorgung bringen.

Das Fernmeldewesen Deutschlands als Verbraucher elektrischer Energie.

Von Dr.-Ing. E. h. **E. Feyerabend**, Staatssekretär im Reichspostministerium.

Nachdem die Elektrotechnik in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts durch Anwendung sachgemäß gebauter Dynamomaschinen die Möglichkeit geschaffen hatte, mechanische Energie in großem Ausmaße und mit gutem Wirkungsgrad in elektrische Energie umzuwandeln, begann man die angewandte Elektrotechnik nach der Stärke der zur Verwendung kommenden Ströme in die beiden Gebiete Starkstromtechnik und Schwachstromtechnik zu scheiden. Wo aber die Grenze zwischen diesen Gebieten zu ziehen war, ist niemals klargestellt worden; man verstand unter Schwachstromtechnik in der Hauptsache das elektrische Fernmeldewesen. Heute ist diese Grenze noch weniger leicht zu ziehen, denn das elektrische Fernmeldewesen hat sich in der Anwendung seiner technischen Mittel so gewandelt, daß es heute, wenigstens als Ganzes betrachtet, zu den Großverbrauchern elektrischer Energie gerechnet werden muß. Diese Tatsache ist nicht so allgemein bekannt, wie es erwünscht wäre; sie sollte u. a. auch bessere Beachtung finden bei den niemals abreißenden Auseinandersetzungen darüber, wie der „Schwachstrom" gegen die störenden Auswirkungen des „Starkstroms" geschützt werden kann; pflegt man doch einem guten Kunden gegenüber entgegenkommender zu sein als einem solchen, dessen Bedeutung man sich nicht genau bewußt ist.

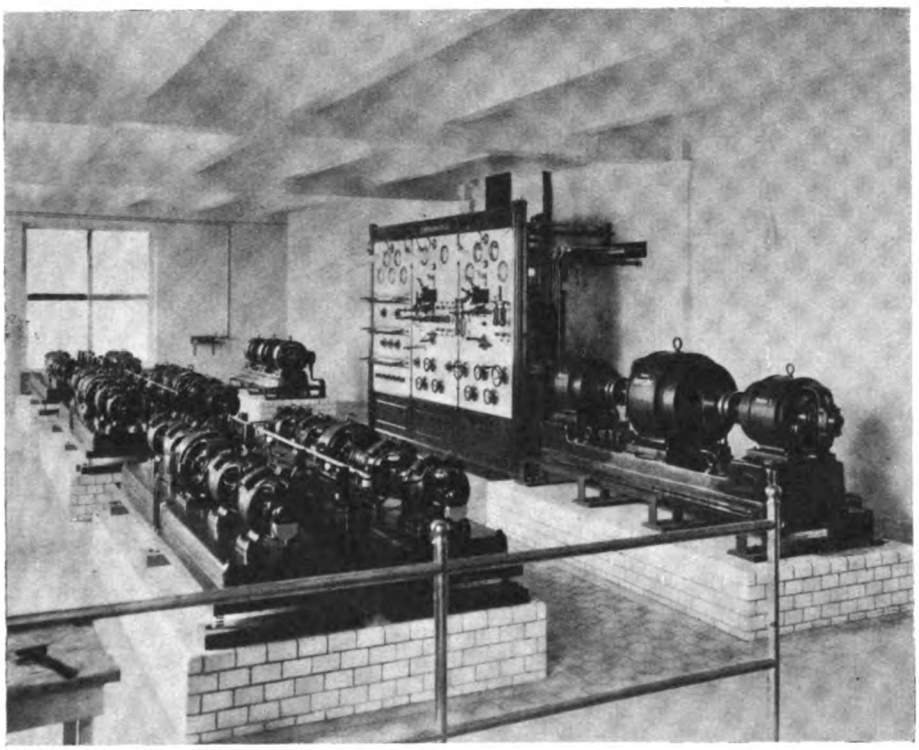


Abb. 1. Teil der Stromversorgungsanlage des Haupttelegraphenamts Berlin.

Im nachstehenden soll versucht werden, den Nachweis zu erbringen, in welchem Umfange das elektrische Fernmeldewesen in Deutschland elektrische Energie verbraucht. Dieser Nachweis ist freilich zahlenmäßig nicht ganz genau zu führen, weil er sich in mancher Hinsicht nur auf Annahmen stützen kann. Einwandfreie Unterlagen sind jedoch für die Fernmeldebetriebe der Deutschen Reichspost vorhanden. Da diese aber an Umfang gegenüber den sonstigen Nutzbarmachungen der Fernmeldetechnik stark überwiegen, darf man das Endergebnis der Größenordnung nach doch als richtig ansehen. Zunächst sollen jedoch einige allgemeine Betrachtungen vorausgeschickt werden, die die Sonderheiten des elektrischen Fernmeldewesens als Verbraucher elektrischer Energie erläutern.

In der Reihenfolge des zeitlichen Entstehens sind beim elektrischen Fernmeldewesen die drei großen Anwendungsgebiete zu unterscheiden: Telegraphie, Fernsprechwesen und Funkwesen. Sie weichen in den zur Benutzung kommenden technischen Mitteln und Verfahren sehr erheblich voneinander ab, ja diese Mannigfaltigkeit ist sogar innerhalb der einzelnen Gebiete festzustellen. Das ist nicht etwa auf einen Mangel an einheitlicher Organisation oder auf den dem Fernmeldewesen eigentümlichen überaus schnellen Wandel der Technik zurückzuführen, sondern fast allein auf die Vielseitigkeit der Bedürfnisse, denen das Fernmeldewesen gerecht werden muß, und auf die Vielgestaltigkeit der Einrichtungen, die zu diesem

Digitized by Google

Zweck zur Anwendung kommen und die sich aus unabänderlichen technischen Gründen leider nicht einheitlicher gestalten lassen. Hat man sich bei der Starkstromtechnik unschwer auf wenige Stromarten und Spannungen einigen können, so verlangt in der Fernmeldetechnik fast jedes Apparatsystem seine eigene Stromart und seine eigene Spannungstufe, anfangend bei 1 V als Klemmenspannung für das Mikrophon und endend — einstweilen — bei 12 000 V als Anodenspannung für die Senderöhren der Rundfunksender oder beginnend mit Wechselstrom von 25 Hz für die Rufmaschinen der Fernsprechämter und reichend bis zu vielen Millionen Hertz bei den Trägerfrequenzen in den Kurzwellensendern. Nicht selten sind auch genaue Formen der Stromkurven zu fordern. So bedarf z. B. die Speisung der Mikrophone in den Fernsprechämtern besonderer Dynamos, die frei von Oberschwingungen sind; Gleichrichter können wegen der Welligkeit ihres Stromes nicht ohne weiteres benutzt werden; für andere Zwecke eignen sich Dynamos überhaupt nicht, sondern nur Sammler u. a. m.

Trotzdem ist es möglich gewesen, auch bei dieser Vielfältigkeit der Anforderungen Grundsätze aufzustellen, die wenigstens ein gewisses System in die scheinbare Willkür bringen

Wegen der unermeßlichen Bedeutung des Schnellnachrichtenverkehrs für den glatten Ablauf des gesamten Wirtschaftslebens muß die Erreichung größtmöglicher Betriebsicherheit der Fernmeldeanlagen oberste Forderung sein. Ihr wird daher in verschiedener Weise Rechnung getragen.

Da Stromlieferungsanlagen besser überwacht und wirtschaftlicher betrieben werden können, wenn sie an einer Stelle zusammengefaßt sind, wird das System der Stromversorgung von einer Zentralstelle aus soweit wie möglich angewendet. Diesem Bestreben verdankt z. B. das Zentral-Batteriesystem (ZB-System) im Fernsprechbetrieb sein Entstehen. Es ersetzt die bei den einzelnen Teilnehmersprechstellen für die Mikrophonspeisung aufgestellten primären Elemente sowie die dem Anrufen des Amtes dienenden Magnetinduktoren in den einzelnen Apparaten durch eine im Amte befindliche Sammlerbatterie. In den von Hand bedienten Ämtern hat das ZB-System aus wirtschaftlichen Rücksichten nur von etwa 800 Anschlüssen aufwärts Anwendung gefunden, beim Selbstanschlußbetrieb (SA-System) wird es dagegen aus technischen Gründen auch für die kleinsten Vermittlungstellen nutzbar gemacht. Solche zentralen Stromversorgungsanlagen bedingen in großen Ämtern recht beträchtliche Leistungen. Da Stromart und Spannung der öffentlichen Elektrizitätswerke aus den angeführten Gründen für die Bedürfnisse der Fernmeldetechnik meist nicht passen und da man auch den Bezug des Stromes aus einem öffentlichen Netz anfangs für nicht sicher genug hielt, hatte man, auch wegen der hohen Tarife, in den größten Verkehrsämtern zunächst eigene Stromerzeugungsanlagen eingerichtet. Unter den heutigen Verhältnissen sind solche Anlagen aber nicht mehr gerechtfertigt, die Deutsche Reichspost entnimmt daher, von wenigen Ausnahmen abgesehen, jetzt die gesamte elektrische Energie für den Fernmeldebetrieb den öffentlichen Netzen. In den Ämtern werden meist umlaufende Umformer, bisweilen auch Quecksilberdampf- oder Glühkathoden-Gleichrichter aufgestellt, mit denen die Sammlerbatterien geladen werden. Die Kapazität dieser Batterien wird so bemessen, daß der Betrieb bei Störung des öffentlichen Netzes noch 1 ... 2 Tage aufrechtgehalten werden kann. Für gewöhnlich wird der gewünschte Energievorrat durch Verwendung von zwei getrennten Batterien geschaffen, von denen die eine im Betrieb entladen und die andere außerhalb des Betriebs gleichzeitig aufgeladen wird. Nachdem es gelungen ist, nahezu oberschwingungsfreie Dynamos herzustellen, und Schaltmittel gefunden sind, mit denen alle den Fernsprechbetrieb störenden Oberschwingungen ausgesiebt werden können, wird zur Erhöhung des Wirkungsgrades der Anlagen in neuerer Zeit auch der in den Elektrizitätswerken übliche Pufferbetrieb mit Parallelschaltung der Ladeumformer und der Sammlerbatterie angewendet.

Um die Betriebsicherheit weiter zu vergrößern, werden die wichtigsten Verkehrsämter wenn möglich noch an einen zweiten, vom ersten unabhängigen Speisepunkt des öffentlichen Netzes oder wenigstens durch zwei auf verschiedenen Wegen geführte Leitungen an das zuständige Elektrizitätswerk angeschlossen. Schließlich sind auch stationäre sogenannte Netzersatzanlagen eingerichtet worden, die aus Explosionsmotoren mit direkt gekuppelten Dynamomaschinen bestehen. In Berlin stehen auch fahrbare Lademaschinensätze ähnlicher Ausführung bereit, die beliebig eingesetzt werden können, wo ein Bedürfnis eintritt.

Von sonstigen Vorschriften zur Erzielung größtmöglicher Einheitlichkeit in den Stromversorgungseinrichtungen ist noch anzuführen die Festsetzung einer Batteriespannung von 24 V für alle ZB-Ämter für Handbedienung und von 60 V für diejenigen mit SA-Betrieb.

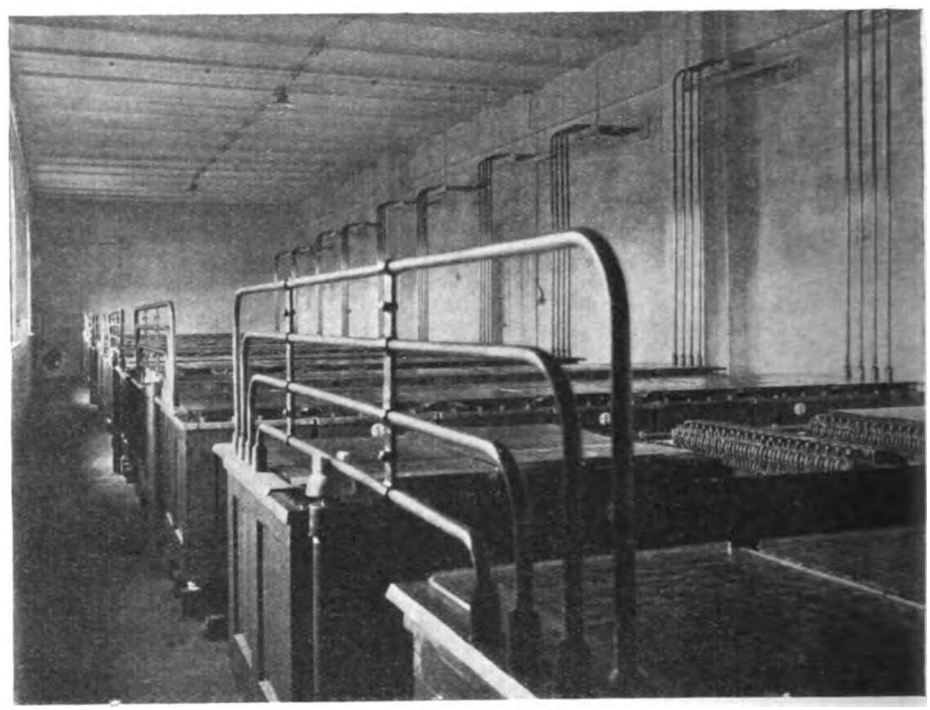


Abb. 2. Zentralbatterie des Fernsprechamts Hamburg.

Es soll nun auf den Energieverbrauch in den einzelnen Betriebsgruppen des elektrischen Fernmeldewesens näher eingegangen werden.

A. Fernmeldewesen bei der Deutschen Reichspost.

1. Telegraphie.

Die Telegraphie hat einen nur geringen Bedarf an elektrischer Energie, denn die Zahl der dem öffentlichen Verkehr dienenden Telegraphenleitungen ist verhältnismäßig klein und der Strom zur Erzeugung eines Telegraphenzeichens sehr gering. (Die Betriebstromstärken für die einzelnen Apparatsysteme bewegen sich in den Grenzen von wenigen Hundertstel Amp.) Bei der Deutschen Reichspost sind z. Z. rd. 1900 Leitungen für den Telegraphenverkehr vorhanden, die hauptsächlich mit folgenden Apparatsystemen betrieben werden: Telephon, Morse, Klopfer, Summer, Hughes, Ferndrucker, Springschreiber, Baudot, Siemens, Recorder. Bei den Systemen, die Typendruck liefern, entfällt der größere Anteil des Stromverbrauchs auf die Antriebsmotoren, die zu diesen Apparatsystemen gehören. Die bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts fast allein übliche Speisung der Telegraphenleitungen aus nassen Kupferelementen ist heute fast ganz durch die Entnahme des Stromes aus Sammlerbatterien, aus Dynamomaschinen oder über Spannungsteiler unmittelbar aus einem öffentlichen Gleichstromnetz ersetzt. Die

Digitized by Google

Sammlerbatterien, die im allgemeinen Spannungen von 0 bis + 80 V und von 0 bis — 80 V mit Abzweigungen von je 20 V aufweisen, werden entweder unmittelbar aus einem öffentlichen Gleichstromnetz oder bei Drehstrom- oder Wechselstromnetzen über Gleichrichter oder umlaufende Umformer aufgeladen. In den größten Telegraphenämtern werden Generatoren besonderer Art für verschiedene Spannungen verwendet, die zu je vier mit der Achse eines Antriebsmotors unmittelbar gekuppelt sind (Abb. 1). Der gesamte Energieverbrauch der Telegraphie im Betriebe der Deutschen Reichspost beträgt z. Z. jährlich nur 0,92 Mill kWh und wird in absehbarer Zeit kaum über 1 Mill kWh hinausgehen.

2. Fernsprechwesen.

Nachdem die steuerfähige Elektronenröhre mit geheizter Glühkathode als Fernsprechrelais und -verstärker für den Fernsprechweitverkehr nutzbar gemacht worden war, ist zu dem Verbrauch elektrischer Energie für die Speisung der Teilnehmermikrophone und für die zahlreichen Glühlampensignale in den eigentlichen Verkehrsämtern ein weiterer erheblicher Bedarf in den Verstärkerämtern hinzugekommen, zu dessen Befriedigung Einrichtungen mannigfacher Art verwendet werden. Man hat also beim Fernsprechbetrieb zwei große Verbrauchsgebiete zu betrachten: die eigentlichen Verkehrsämter und die Verstärkerämter.

Abb. 3. Stromversorgungsanlage des Fernsprechamts Mannheim.

a) Verkehrsämter.

Ende 1929 waren in Deutschland rd. 2,635 Mill mit dem öffentlichen Fernsprechnetz verbundene posteigene Sprechstellen (Haupt- und Nebenanschlüsse) vorhanden. Davon waren angeschlossen:

α) an Vermittlungstellen für Handbedienung und örtliche Mikrophonspeisung (OB-Betrieb) rd. 735 000 Sprechstellen,

β) an Vermittlungstellen für Handbedienung und zentrale Mikrophonspeisung (ZB-Betrieb) rd. 600 000 Sprechstellen,

γ) an Vermittlungstellen für Selbstanschluß und zentrale Mikrophonspeisung (SA-Betrieb) rd. 1 300 000 Sprechstellen.

Bei den Vermittlungstellen zu α) kommt eine Stromentnahme aus dem öffentlichen Elektrizitätsnetz nur in so geringem Umfang vor, daß sie bei der Berechnung des Gesamtenergiebedarfs außer Ansatz bleiben kann, denn hier wird fast der gesamte Strombedarf durch primäre Trockenelemente gedeckt. Die Vermittlungstellen zu β) benötigen dagegen für die Erzeugung des Gleichstroms zum Laden der Zentralbatterien im Amt (Abb. 2) und für die Rufstrommaschinen größere Energiemengen; der Jahresverbrauch hierfür beläuft sich nach dem Stande von Ende 1929 auf 0,85 Mill kWh.

Infolge des Übergangs vom Hand- zum Selbstanschlußbetrieb nimmt die Zahl der Vermittlungstellen zu α) und β) immer mehr ab. Im Jahre 1938 wird die Umstellung voraussichtlich beendet sein. Gleichzeitig werden sich die posteigenen Haupt- und Nebenstellen bis zu diesem Zeitpunkt bei einem jährlichen Zugang von etwa 5 % um rd. 1,2 Mill auf 3,8 Mill vermehrt haben. Der Selbstanschlußbetrieb hat nun an sich einen etwa zweieinhalbmal größeren Bedarf an elektrischer Energie als der Betrieb mit Handbedienung, weil die Spannung der Batterie 60 V beträgt und weil aus den in den Vermittlungstellen untergebrachten Stromquellen nicht nur die Mikrophone der Teilnehmerapparate und die verschiedenen Überwachungssignale zu speisen sind, sondern auch der Strom zum Antrieb der zahlreichen Schrittschaltwerke (Wähler), die am Aufbau der Verbindungen mitwirken, entnommen werden muß. Zur Erhöhung der Betriebsicherheit werden beim Selbstanschlußbetrieb ebenfalls zwei Sammlerbatterien aufgestellt, deren Kapazität nach der Größe der Vermittlungstellen zwischen 30 und 5000 Ah bei zehnstündiger Entladung zu bemessen ist. Um den Energievorrat nicht unnötig groß zu machen, wird allgemein mit Pufferung gearbeitet. Der Größe des Strombedarfs entsprechen die Maschinensätze zum Laden der Batterien (Abb. 3). Es kommen zur Verwendung umlaufende Umformer kleinster Art für 1 A bis zu solchen für 350 A, von denen nach Bedarf bis zu drei parallel betrieben werden, oder Glühkathoden-Gleichrichter für 1 A und Quecksilberdampf-Gleichrichter mit Kolben bis zu 400 A Stromlieferung. Obwohl die einzelne Verbindung zweier Teilnehmer bei drei Minuten Dauer nur 0,035 Ah beansprucht, hat der Jahresverbrauch nach dem Stande der Selbstanschlußeinrichtungen Ende 1929 doch 8 Mill kWh betragen, die ganz den öffentlichen Netzen entnommen worden sind. Nach den gemachten Angaben über die Umstellung zum SA-Betrieb und über die Vermehrung der Sprechstellen wird dieser Bedarf bis 1938 auf das Dreifache anwachsen.

b) Verstärkerämter.

Die Verstärkerämter gehören zu dem in den letzten zehn Jahren geschaffenen großen unterirdischen Kabelnetz für den Fernsprechweitverkehr. Sie enthalten die Einrichtungen, die dazu dienen, die bei der Übertragung im Kabel geschwächte Energie der Fernsprechströme an bestimmten Unterwegstellen wieder zu ergänzen. Dazu werden Elektronenröhren mit Glühkathoden verwendet, zu deren Betrieb Stromquellen zum Heizen der Kathoden (Sammlerbatterien von 12 V) und zur Erzeugung der Anodenspannung (Sammlerbatterien von 220 V) erforderlich sind. Ferner muß Wechselstrom von rd. 60 V zum Rufen und Gleichstrom von 24 V für die Speisung der Signal- und Anrufanlagen, Relais und Mikrophone bereitgestellt werden. Verstärkerämter werden in den Kabellinien in Abständen von 75 km eingerichtet. Das deutsche Fernkabelnetz umfaßt z. Z. rd. 9200 km Kabel, in denen entsprechend dem jeweiligen Bedarf 52, 78, 98, 130, 166 oder 196 Doppelleitungen von 0,9 und 1,4 mm Durchmesser vereinigt sind. Insgesamt sind jetzt in Deutschland 106 Verstärkerämter vorhanden. Sie werden noch zunehmen, da das Fernkabelnetz noch nicht auf allen Strecken ausgebaut ist. Die 1,4 mm-Adern für Entfernungen bis zu 1000 km werden als Zweidrahtleitungen, die 0,9 mm-Adern für noch größere Entfernungen als Vierdrahtleitungen (für Hin- und Rückweg je eine Doppelleitung) betrieben. Die Zweidrahtleitungen benötigen in jedem zweiten Verstärkeramt (alle 150 km), die Vierdrahtleitungen teils in jedem zweiten, teils in jedem einzelnen Verstärkeramt (alle 75 km) einen Verstärkersatz. Jeder Satz enthält zwei Verstärkerröhren. Der Heizstrom für die einzelne

Digitized by Google

Verstärkerröhre beträgt 1,1 A und der Anodenstrom 0,01 A. Da indessen in jedem Verstärkeramt mehrere hundert Röhren gleichzeitig im Betriebe stehen — ein 166paariges Kabel braucht z. B. 306 Röhren —, ist der Gesamtenergieverbrauch eines Verstärkeramts nicht unerheblich. Beispielsweise hat das Verstärkeramt Frankfurt a. M., über das zahlreiche Leitungen im Durchgang geführt sind, einen täglichen Verbrauch von 416 kWh für die Kathodenheizung und von 50 kWh für den Anodenstrom.

Zur Vermeidung von Störungen in dem überaus wichtigen Fernsprechweitverkehr sind auch bei den Verstärkerämtern an die Betriebsicherheit die höchsten Anforderungen zu stellen. Daher sind für alle Stromerzeugungsanlagen reichliche Reserven vorgesehen. Zur Heizung der Verstärkerröhren werden zwei sechszellige Sammlerbatterien aufgestellt, deren Kapazität für zwei Tage ausreichen muß und daher je nach Größe des Amtes auf 2000 ... 10 000 Ah/10 h zu bemessen ist. Zur Verbesserung des Wirkungsgrades der Anlagen wird auch bei den Verstärkerämtern vom Pufferbetrieb Gebrauch gemacht.

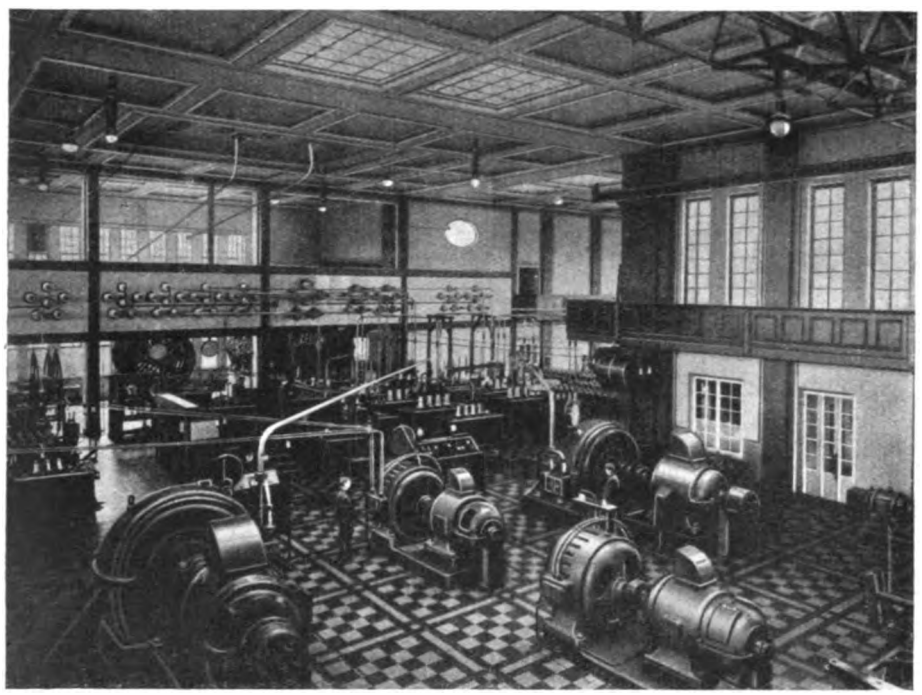


Abb. 4. Stromerzeugungsanlage der Hauptfunkstelle für den Überseeverkehr in Nauen.

Die Ladeumformer (200 ... 700 A) müssen dynamoseitig oberschwingungsfrei sein. Für die Entnahme des Anodenstroms werden drei Sammlerbatterien zu je 57 Zellen bereitgehalten, die in zwei Gruppen hintereinander auf Betrieb geschaltet und einzeln außerhalb des Betriebs mit Quecksilberdampf-Gleichrichtern geladen werden. Alle Verstärkerämter an Knotenpunkten des Kabelnetzes werden mit Anlagen zum Ersatz des öffentlichen Netzanschlusses für Störungsfälle ausgestattet. Sie bestehen aus Benzin- oder Dieselmotoren mit gekuppeltem Generator von 7,5 ... 75 kW.

Insgesamt sind von den Verstärkerämtern im Jahre 1929 aus den öffentlichen Elektrizitätsnetzen 5,5 Mill kWh entnommen worden. Infolge Ausbaues des Kabelnetzes und infolge dauernder Zunahme des Leitungsbedarfs wird der Strombedarf weiter anwachsen und sich in etwa sieben bis acht Jahren verdoppeln.

3. Funkwesen.

Beim Funkwesen ist hinsichtlich des Strombedarfs der eigentliche Funknachrichtendienst, der der drahtlosen Übermittlung von Nachrichten an einzelne Empfänger oder an einen bestimmten und beschränkten Kreis von Empfängern dient, zu unterscheiden vom sogenannten Rundfunk, der Mitteilungen, Vorträge, Musik, Bilder, Signale „an alle" überträgt, d. h. an jedermann, der berechtigt ist diese Darbietungen entgegenzunehmen. Beim Funknachrichtendienst liegt das Übergewicht des Stromverbrauchs auf der Sendeseite, wo u. U. Leistungen bis zu mehreren hundert kW benötigt werden, um die in Betracht kommenden Entfernungen von vielen Tausenden von Kilometern zu überbrücken,. Auf der Empfangseite können dagegen die ankommenden Zeichen mit Verstärkereinrichtungen, die nur wenige Watt leisten, wahrnehmbar gemacht werden. Das Umgekehrte trifft beim Rundfunk zu, wo zwar die Sender, namentlich in letzter Zeit, ebenfalls für Leistungen von 100 kW und mehr eingerichtet werden, wo aber doch der Energieverbrauch auf der Empfangseite mit Rücksicht darauf, daß viele Hunderttausende von Empfängern gleichzeitig ihre Geräte benutzen, wesentlich höher zu veranschlagen ist, wenn auch das einzelne Empfangsgerät nur wenige Watt verbraucht.

a) Funknachrichtendienst.

Die hauptsächlichsten Energieverbraucher beim Funknachrichtenverkehr sind die Anlagen für den Übersee-, den Europaverkehr und für den Küstenfunkdienst. Die Anlagen für den Überseeverkehr werden auf Grund einer Konzession unter Aufsicht der Deutschen Reichspost von der Transradio AG. für drahtlosen Überseeverkehr betrieben. Die Sender für diesen Verkehr befinden sich in der Großfunkstelle in Nauen bei Berlin, die Empfangseinrichtungen in Geltow und Beelitz bei Potsdam und die Betriebstelle, bei der die Telegramme abgegeben und aufgenommen werden, beim Haupttelegraphenamt in Berlin. Den zwischenstaatlichen Europaverkehr, dessen Sender in der Hauptfunkstelle in Königswusterhausen und dessen Empfänger in Berlin-Zehlendorf untergebracht sind, besorgt die Deutsche Reichspost selbst, ebenfalls vom Haupttelegraphenamt in Berlin aus. Sie nimmt ferner auch den Küstenfunkdienst für den Verkehr mit Funkstellen auf Schiffen in See in der Küstenhauptfunkstelle in Norddeich und in den Küstenfunkstellen in Cuxhaven und Swinemünde wahr.

Die Anlagen zur Bereitstellung der elektrischen Energie in der für den Betrieb der Einrichtungen erforderlichen Stromart und Spannung weisen wegen der Mannigfaltigkeit der Gebrauchszwecke und infolge des überaus schnellen Wandels der Technik auf diesem Gebiete große Verschiedenheiten auf. Im allgemeinen wird auch für den Funknachrichtendienst der Strom von den öffentlichen Elektrizitätswerken bezogen. Das trifft im vollen Umfange zu für Nauen. Für die Hauptfunkstelle in Königswusterhausen wird der Strom etwa zur Hälfte in den noch von früherer Zeit vorhandenen eigenen Anlagen, die aber nicht weiter ausgebaut werden, erzeugt. In den Küstenfunkstellen sind zur Erhöhung der Betriebssicherheit außer dem Netzanschluß noch Netzersatzanlagen bereitgestellt.

Es ist nicht Aufgabe dieses Aufsatzes, die vielgestaltigen Anlagen im einzelnen zu beschreiben, immerhin seien zur Veranschaulichung der Art und der Größenordnung des Energiebedarfs einige Angaben über Nauen gemacht (Abb. 4). Der Kraftanschluß der Großfunkstelle an die Brandenburgischen Kreis-Elektrizitätswerke in Spandau hat einen Leistungswert von 1250 kVA. Er wird durch drei voneinander unabhängige Leitungen bewirkt. Die Höchstentnahme beträgt rd. 1000 kVA. In drei Transformatorensätzen von 15 000/1000 V, 700 kVA, von denen einer als Reserve dient, wird die Netzspannung von 15 000 V auf 1000 V umgeformt und den Drehstrommotoren der Hochfrequenzumformer zugeführt. Zum Antrieb der vielen kleineren Motoren sowie für Beleuchtung ist ein weiterer Transformator von 15 000/220 V, 250 kVA vorhanden. Neben die bisherigen Maschinensender für lange Wellen von 130 und 400 kW sind in letzter Zeit Röhrensender für Kurzwellenbetrieb mit je 20 kW Antennenleistung getreten, für deren Betrieb dem Netz jedoch je 100 kVA entnommen werden müssen. Für die Heizung der Glühkathoden dieser Sender sind Gleichstromdynamos für 16 und 35 V aufgestellt. Die Anodenspannungen von 220, 1500 und 3000 V für die Röhren der

Digitized by Google

Vorstufen werden ebenfalls in besonderen Gleichstromdynamos erzeugt. Die Anodenspannung von 10 000 V für die eigentlichen Senderöhren wird teils mit Hochspannungs-Gleichstrommaschinen, teils durch Gleichrichtung von Drehstrom von 50 Hz in Hochvakuum-Gleichrichtern gewonnen. Auch die Gitterspannung wird durch Gleich-

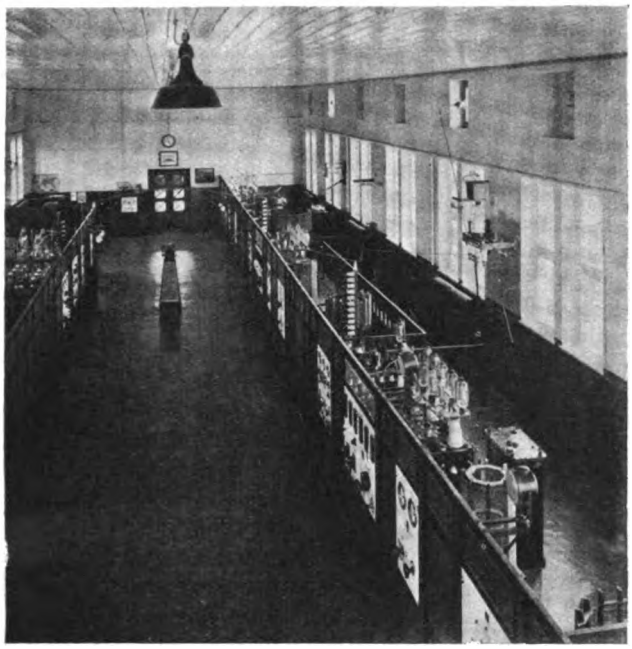


Abb. 5. Stromerzeugungsanlage der Küstenfunkstelle in Norddeich.

strommaschinen oder durch Gleichrichtung von 50periodigem Wechselstrom erzeugt. Insgesamt sind z. Z. in Nauen in Betrieb 2 Maschinensender und 9 Kurzwellen Röhrensender, von denen einer auch für den drahtlosen Fernsprechverkehr mit Übersee eingerichtet ist. Für den Betrieb dieser Einrichtungen in Nauen sind im Jahre 1929 rd. 5 Mill kWh verbraucht worden.

Die Anlagen der Hauptfunkstelle in Königs Wusterhausen für den drahtlosen Europaverkehr sind noch mannigfaltiger als die in Nauen. Es werden betrieben für den reinen Nachrichtendienst, wozu auch der besondere Funknachrichtendienst für Telephonie rechnet, 2 Maschinensender von 10 und 50 kW und 11 Röhrensender mit Leistungen von 5 ... 60 kW, davon zwei für kurze Wellen. Dazu kommen noch 4 Sender für den Rundfunkdienst, die ebenfalls in Königs Wusterhausen aufgestellt sind und auf die an anderer Stelle näher eingegangen wird. Der Energieverbrauch betrug in Königs Wusterhausen (ohne die Rundfunksender) im Jahre 1929 1,6 Mill kWh.

Von den Küstenfunkstellen verfügt diejenige in Norddeich (Abb. 5) über die vielseitigsten und leistungsfähigsten Sendeanlagen, da diese Station neben dem Nahfunkverkehr mit Schiffen in See auch in steigendem Maße den Verkehr mit Schiffen auf große Entfernungen bis zu mehreren tausend Kilometer wahrzunehmen hat. Sie hat ferner den Schiffswetterdienst nebst der Verbreitung von Sturmwarnungen und Eismeldungen, die Abgabe von Nachrichten für Seefahrer, die Erteilung nautischer Auskünfte, den Funkpeildienst, den Seenotmeldedienst sowie den Funktelephonverkehr mit Schiffen in See zu besorgen. Zu diesen Zwecken verfügt Norddeich z. Z. über je einen Röhrensender für 10 und 20 kW für mittlere Wellenbereiche, zwei 5 kW-Röhrensender, zwei tönend modulierte Röhrensender von je 1 kW, einen 2 kW-Löschfunkensender und ferner über einen 10 kW-Röhrensender für kurze Wellen zum Verkehr auf große Entfernungen.

Die drei Küstenfunkstellen der Deutschen Reichspost haben im Jahre 1929 zusammen 0,45 Mill kWh verbraucht; ihr Bedarf wird noch wesentlich steigen.

b) Rundfunk.

α) Sendeanlagen. — In Deutschland ist das Recht, Funkanlagen zu errichten und zu betreiben, ausschließlich der Deutschen Reichspost vorbehalten. Unter das Funkhoheitsrecht fällt auch der Rundfunk; die Sendeanlagen des Rundfunks sind Eigentum der Deutschen Reichspost, die sie auch errichtet und betreibt, sie aber zur Benutzung privaten Sendegesellschaften überläßt.

Der deutsche Rundfunk ist aus dem zuerst nutzbar gemachten telegraphischen Rundfunk entstanden. Als dann die Technik der telephonischen Übertragung genügend weit entwickelt war, hatte man zunächst geplant, Darbietungen zur Belehrung und Unterhaltung nur von einem Zentralsender bei Berlin zu verbreiten. 1923 beschloß man jedoch, das Deutsche Reich in Anpassung an seine staatliche und kulturelle Struktur für die Zwecke des Rundfunks in 9 Bezirke aufzuteilen und in deren Mittelpunkt je einen Hauptsender aufzustellen. Zur Verbesserung des Empfangs in möglichst weitem Umkreise sind im Laufe der nächsten Jahre außer den 9 Hauptsendern noch 17 sog. Zwischensender errichtet worden, die einzeln oder zu mehreren einem Hauptsender zugeteilt sind und im allgemeinen nur das Programm ihres Hauptsenders übertragen. Die ersten Sender (mit Wellen zwischen 200 und 600 m) hatten eine nur bescheidene Telephonieleistung (Antennenleistung bei der höchstzulässigen Modulation) von 0,3 kW, die indessen bald auf 1,7 kW und mehr erhöht wurde. Die nächste Stufe der Entwicklung bildete der Sender in Langenberg, der für eine Telephonieleistung von 17 kW eingerichtet wurde. Ihm folgte der neue Deutschlandsender in Zeesen bei Königs Wusterhausen (Welle 1635 m) mit 35 kW Telephonieleistung. Eine weitere Stufe stellte der Kurzwellensender dar, der, ebenfalls in Zeesen aufgestellt, mit einer Welle von

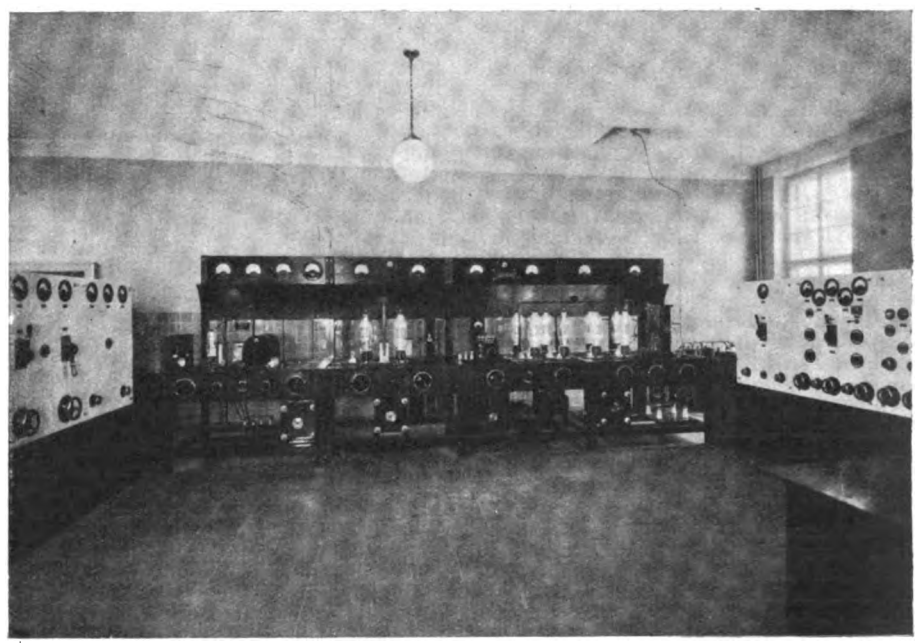


Abb. 6. Sendeeinrichtungen des Rundfunksenders in Nürnberg.

31,38 m arbeitet und eine Telephonieleistung von 8 kW hat. Neuerdings läßt die Deutsche Reichspost, unter dem Zwange des Vorgehens benachbarter Länder, in Ostpreußen und in Württemberg je einen Großsender erbauen für 60 kW Telephonieleistung, die im Bedarfsfalle noch verdoppelt werden kann. Die Errichtung gleicher Sender an einigen weiteren Stellen wird sich bald anschließen.

Berücksichtigt man, daß die Erzielung einer Telephonieleistung in der Antenne von bestimmtem Wert je

Digitized by Google

nach der technischen Einrichtung der Sender die Entnahme eines Vielfachen der Leistung aus dem Elektrizitätsnetz erfordert, so leuchtet ohne weiteres ein, daß der Energieverbrauch der großen Rundfunksender recht erheblich ist; er erreicht beim einzelnen Sender bei zwölfstündigem Betrieb täglich bis zu 6000 kWh.

Die technischen Einrichtungen der Rundfunksender (Abb. 6) sind im einzelnen sehr verschieden, es werden jedoch, mit der einzigen Ausnahme des Münchener Senders, nur Röhrensender benutzt. Der Strom zum Heizen der Kathoden wird bei den kleineren Sendern Sammlerbatterien entnommen, die durch rotierende Umformer geladen werden. Bei den größeren Sendern werden besondere Gleichstrommaschinen verwendet, deren Oberschwingungen durch Drosselglieder abgesiebt werden. Zur Erzeugung der Anodenspannung bis 12 000 V werden teils Hochspannungs-Gleichstromdynamos, teils Hochvakuum-Gleichrichter, teils Quecksilberdampf- oder Glühkathoden-Gleichrichter benutzt. Die zur Verwendung kommenden Sende- und Gleichrichterröhren weisen einzelne Leistungen von 1,5 ... 20 kW auf; sie werden zur Erzielung der erforderlichen Gesamtleistung nach Bedarf parallel geschaltet. Die bei der hohen Inanspruchnahme der großen Röhren entstehende starke Erwärmung muß durch beträchtliche Mengen die Röhren umspülenden Kühlwassers abgeführt werden.

Die deutschen Rundfunksender haben nach dem Bestande des Jahres 1929 einen Jahresverbrauch von 3,2 Mill kWh gehabt. Dieser Verbrauch wird mit Rücksicht auf die weitere Steigerung der Leistungen der Sender schon in nächster Zeit um mehr als das Doppelte zunehmen.

β) Empfangsanlagen. — Rundfunk-Empfangsanlagen kann nach deutschem Recht nur derjenige errichten und betreiben, der dazu eine Verleihung (Genehmigung) der Deutschen Reichspost erhalten hat. Es ist aber nicht Aufgabe der Deutschen Reichspost, auch die Empfangsanlagen den Genehmigungsinhabern (Teilnehmern am Rundfunk) zu liefern, vielmehr ist es jedem Teilnehmer überlassen, sich auf dem freien Markt diejenigen Empfangsapparate zu beschaffen, die seinen Ansprüchen am besten entsprechen. Dieser Ausschaltung der staatlichen Einwirkung auf die Gestaltung der Empfangseite ist die vielseitige und so erfolgreiche Entwicklung der deutschen Funktechnik und Funkindustrie mitzuverdanken. So haben sich aus den einfachen und billigen Detektorgeräten und den Empfangskopfhörern schnell die hochwertigen Mehrröhrenapparate sowie die elektromagnetischen und neuerdings die elektrodynamischen Lautsprecher entwickelt, die nicht nur qualitativ, sondern mehr und mehr auch quantitativ das Übergewicht erlangen. Vom Standpunkt der deutschen Elektrizitätswirtschaft betrachtet ist es nun sehr wichtig, daß mit den Mehrröhrenempfängern und den elektrodynamischen Lautsprechern eine große Anzahl neuer Verbraucher elektrischer Energie entstanden sind, die ihren Strom über sog. Netzanschlußgeräte unmittelbar dem öffentlichen Netz entnehmen. Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Netzanschlußgeräten, bei denen der Netzstrom unmittelbar sowohl zum Heizen der Kathoden als auch zur Erzeugung der Anodenspannung verwendet wird, und solchen, mit denen der Anodenstrom unmittelbar dem Netz entnommen und außerdem eine Spannung bereitgestellt wird, die zum Aufladen einer Sammlerbatterie von 4 V für die Röhrenheizung geeignet ist. Unabhängig hiervon ist die Entnahme von Strom aus dem Netz zu betrachten, die mittelbar dadurch entsteht, daß in Verbindung mit Röhrenempfangsgeräten zum Heizen der Röhren auch transportable Sammlerbatterien benutzt werden, deren Aufladung an dritter Stelle bei Funkhändlern, Elektroinstallateuren usw. vorzunehmen ist.

Da der Stromverbrauch in den Empfangsapparaten nicht im unmittelbaren Betriebe und für Rechnung der Deutschen Reichspost erfolgt, wäre er an dieser Stelle der Ausführungen nicht zu berücksichtigen. Des Zusammenhangs wegen und da der Stromverbrauch doch durch den von der Deutschen Reichspost wahrgenommenen Betrieb des Rundfunks veranlaßt wird, seien Angaben über seine Höhe hier mitangeführt.

Die Zahl der Rundfunkhörer in Deutschland beläuft sich z. Z. auf 3,2 Mill. Davon benutzen nach einer kürzlich vorgenommenen Feststellung noch etwa 25 % = 800 000 Detektorempfangsapparate, die keines zusätzlichen Stroms bedürfen. Erfahrungsgemäß werden diese Apparate mehr und mehr verschwinden. Von den 2,4 Mill Benutzern von Röhrenapparaten verwenden einstweilen nur etwa 0,4 Mill Netzanschlußgeräte der verschiedenen Arten und teilweise auch elektrodynamische Lautsprecher. Ihre Zahl wird zweifellos schnell zunehmen. Die übrigen 2 Mill Teilnehmer ohne Netzanschlußgerät müssen ihre Sammlerbatterien durch Dritte aufladen lassen. Die Netzanschlußgeräte und elektrodynamischen Lautsprecher haben verschiedenen Wattverbrauch, je nachdem sie für den Anschluß an ein Gleichstrom- oder Wechselstromnetz oder an ein Netz für 110 oder 220 V gebaut sind. Da über die Verteilung der Arten keine Unterlagen vorhanden sind, muß mit einem Durchschnitt gerechnet werden, der mit rd. 40 W für einen Empfangsapparat zu bewerten ist. Rechnet man ferner im Mittel mit einer täglichen Benutzung der Empfangsapparate von 3 h, dann stellt sich der Jahresverbrauch an elektrischer Energie für die 400 000 Empfangsapparate mit Netzanschlußgeräten und elektrodynamischen Lautsprechern auf 17,5 Mill kWh.

Bei der Speisung der Röhren aus transportablen Sammlerbatterien entfällt auf einen Empfangsapparat bei dreistündiger Benutzungsdauer ein täglicher Energieverbrauch von etwa 12 kWh, mithin bei den in Betracht zu ziehenden 2 Mill Rundfunkhörern im Jahr 8,76 Mill kWh. Zur Deckung dieses Verbrauchs muß aber für die Aufladung der Sammlerbatterien wegen der meist sehr unwirtschaftlichen Ausnutzung der Netzspannung bei den vielen kleinen Ladestellen mindestens das Dreifache aufgewendet werden; den öffentlichen Elektrizitätsnetzen werden also für diesen Zweck nach dem gegenwärtigen Stande rd. 26 Mill kWh im Jahr entnommen. Der Bedarf hierfür wird mit steigendem Übergang zum Netzanschlußgerät sinken, derjenige für die hinzukommenden Netzanschlußgeräte aber in einem für die Elektrizitätswirtschaft vorteilhafteren Sinne wesentlich stärker zunehmen. Da in Deutschland heute erst in rd. 15 % aller Haushaltungen Rundfunkempfangsanlagen vorhanden sind, wird auch die Zahl der Rundfunkhörer weiter anwachsen — Deutschland steht im Verhältnis der Hörerzahl zur Einwohnerzahl erst an fünfter Stelle — und dadurch wird der Stromverbrauch ebenfalls wesentlich vergrößert werden.

B. Fernmeldewesen außerhalb der Deutschen Reichspost.

Nach dem Gesetz über Fernmeldeanlagen können in Deutschland ohne Genehmigung des Reiches errichtet und betrieben werden:

α) Fernmeldeanlagen für den inneren Dienst von Behörden der Länder, Gemeinden und gewisser Verbände,

β) Fernmeldeanlagen von Transportanstalten auf ihren Linien zu Zwecken ihres Betriebs,

γ) Fernmeldeanlagen innerhalb der Grenzen eines Grundstücks und — unter gewissen Beschränkungen — auch zwischen mehreren Grundstücken.

Hiernach sind die Möglichkeiten zur Nutzbarmachung der Fernmeldetechnik außerhalb der Deutschen Reichspost noch recht mannigfaltig, fallen doch unter die angeführten Ausnahmen das Fernmeldewesen der Eisenbahnen, Städte, Polizei, Feuerwehr, Bergwerke, ferner die zahlreichen Fernsprechanlagen für den inneren Verkehr vieler Behörden, privatwirtschaftlicher Unternehmen und Geschäfte. Hinzuzurechnen sind hier auch die Fernmeldeanlagen von Heer und Marine, die als Organe des Reiches der Genehmigung nicht bedürfen. Alle diese Anlagen haben jedoch in ihrer Gesamtheit im Vergleich zu den Fernmeldeanlagen der Deutschen Reichspost einen so geringen Umfang, daß der bei ihnen entstehende Stromverbrauch aus den öffentlichen Netzen gegenüber demjenigen bei der Deutschen Reichspost nicht wesentlich ins Gewicht fällt.

Die Telegraphie außerhalb der Deutschen Reichspost ist am umfangreichsten bei den Eisenbahnen. Sie bedienen sich aber weit überwiegend des Morseapparats, der aus primären Elementen gespeist wird. Die Stromentnahme aus den öffentlichen Netzen für die Antriebsmotoren von insgesamt 185 Hughes-Apparaten und 34 Fernschreibern kann als zu geringfügig außer Berechnung bleiben. Ähnlich liegen die Verhältnisse für die Telegraphie der Polizeibehörden. Die Feuerwehr verbraucht in Deutschland für Feuermeldezwecke schätzungsweise jährlich 0,35 Mill kWh.

Für ihren Fernsprechverkehr benutzten die deutschen Eisenbahnen nach dem Stande von Ende 1929 144 000 Fernsprechapparate; der weitaus größte Teil davon wird jedoch mit primären Elementen betrieben. Der Energieverbrauch für die vorhandenen ZB- und SA-Anlagen dürfte zusammen kaum 50 000 kWh im Jahr übersteigen gegenüber fast 9 Mill kWh bei der Deutschen Reichspost, d. s. nur 0,6 %. Auch dieser Verbrauch kann wie derjenige bei anderen Behörden für die Gesamtberechnung unberücksichtigt bleiben. Einen wesentlich größeren Stromverbraucher stellen dagegen die zahlreichen Fernsprech-

Digitized by Google

anlagen dar, die von Behörden, privatwirtschaftlichen Unternehmen, Geschäften usw. eingerichtet sind und hauptsächlich dem inneren Verkehr dieser Stellen dienen, zum Teil aber auch zum Verkehr mit dem öffentlichen Fernsprechnetz der Deutschen Reichspost bestimmt sind. Von Sprechstellen der letzteren Art (private Nebenstellen) sind z. Z. rd. 450 000 vorhanden, von denen 48 000 auf OB-Betrieb, 162 000 auf ZB-Betrieb und Handbedienung und 240 000 auf SA-Betrieb entfallen. Die genaue Zahl der Sprechstellen, die nur dem inneren Verkehr der Besitzer dienen (private Hausstellen), ist nicht bekannt, sie wird aber von den Firmen, die sie hergestellt haben, auf 175 000 geschätzt mit der Verteilung: OB-Betrieb 12 000, ZB-Betrieb 43 000, SA-Betrieb 120 000.

Die 48 000 + 12 000 OB-Sprechstellen der beiden Gruppen kommen als Verbraucher von Netzstrom nicht in Betracht; für die 162 000 + 43 000 = 205 000 ZB-Sprechstellen kann der Energieverbrauch im Jahr auf je 2,5 kWh, mithin zusammen auf 0,5 Mill kWh geschätzt werden. Bei den 240 000 + 120 000 = 360 000 SA-Sprechstellen ist ein Jahresverbrauch von je 6 kWh, mithin zusammen von 2,16 Mill kWh anzunehmen.

Beim Funkwesen kommen außer den Betrieben der Deutschen Reichspost nur die Anlagen in Betracht von Heer und Marine, der Reichsbahn, der Polizei, der Feuerschiffe, der Flughafenfunkstellen und der Versuchsfunkstellen von Behörden für Lehr- und Forschungszwecke und von Unternehmen, die sich mit dem Bau von Funkapparaten befassen. Der Stromverbrauch dieser Anlagen ist im einzelnen nicht ermittelt, er dürfte schätzungsweise nicht über 0,5 Mill kWh im Jahr hinausgehen.

C. Zusammenstellung des Stromverbrauchs im letzten Jahr.

Fernmeldeanlagen der Deutschen Reichspost:

1. Telegraphie	0,92	Mill	kWh,	künftig	wenig steigend
2. Fernsprechwesen					
a) Verkehrsämter					
α) ZB-Sprechstellen	0,85	„	„	„	fallend
β) SA-Sprechstellen	8,0	„	„	„	stark steigend
b) Verstärkerämter	5,5	„	„	„	steigend
3. Funkwesen					
a) Funknachrichtendienst					
Nauen	5,0	„	„	„	wenig steigend
Königs Wusterhausen	1,6	„	„	„	gleichbleibend
Küstenfunkstellen	0,45	„	„	„	steigend
b) Rundfunk					
α) Sendeanlagen	3,2	„	„	„	stark steigend
β) Empfangsanlagen mit Netzanschlußgeräten . . .	17,5	„	„	„	stark steigend
mit transportablen Sammlerbatterien .	26,0	„	„	„	fallend
Fernmeldeanlagen außerhalb der Deutschen Reichspost					
Telegraphie und Feuermelder. .	0,35	„	„	„	gleichbleibend
ZB-Sprechstellen	0,5	„	„	„	fallend
SA- „	2,16	„	„	„	stark steigend
Funkanlagen . .	0,5	„	„	„	wenig steigend
Summe	72,53	Mill	kWh.		

Bei einem Durchschnittspreis von 10 Pf für die kWh entspricht der Verbrauch von 72,53 Mill kWh für die Bedürfnisse des elektrischen Fernmeldewesens einer jährlichen Aufwendung von 7,25 Mill RM, die als Einnahme der öffentlichen Elektrizitätswirtschaft zufließt. Wie die Ausführungen zeigen, ist mit einem starken Steigen dieser Einnahme zu rechnen.

Für sich genommen stellt ein jährlicher Verbrauch von 72,5 Mill kWh zwar einen ganz ansehnlichen Betrag dar, vom Gesamtabsatz der öffentlichen Elektrizitätswerke Deutschlands, der im Jahre 1929 rd. 15 Mrd kWh umfaßt hat, macht er aber nur knapp 0,5 % aus, und von der gesamten Stromerzeugung in Deutschland im Jahre 1929 (Eigenanlagen einbegriffen) in Höhe von 32 Mrd kWh sind es sogar nur 0,22 %. Aber wenn man die Bedeutung des elektrischen Fernmeldewesens als Verbraucher elektrischer Energie richtig einschätzen will, darf man den unmittelbaren Verbrauch für die einzelnen Anwendungszwecke nicht allein in Rechnung stellen, sondern muß auch prüfen, welchen Stromverbrauch dieser Zweig der Elektrotechnik noch mittelbar auslöst.

D. Durch das elektrische Fernmeldewesen mittelbar hervorgerufener Stromverbrauch.

Für den mittelbaren Stromverbrauch kommen hauptsächlich die Beleuchtung und der elektrische Antrieb aller Arten von Maschinen und Geräten in Betracht, und zwar sind zu berücksichtigen die Betriebe, in denen das elektrische Fernmeldewesen praktisch gehandhabt wird, also in erster Linie die Deutsche Reichspost, und ferner die gewerblichen Unternehmungen, die sich mit der Herstellung der Bedürfnisgegenstände für das Fernmeldewesen befassen, also im wesentlichen die sog. Schwachstromindustrie.

Die Strommenge, die für Zwecke der Beleuchtung im Telegraphen-, Fernsprech- und Funkbetrieb der Deutschen Reichspost im Jahr gebraucht wird, ist, obwohl auf reichliche Bemessung der Beleuchtung besonderer Wert gelegt wird, auf nicht mehr als 2 Mill kWh zu veranschlagen. Hierzu wird man kaum mehr als 0,5 Mill kWh hinzurechnen dürfen, um den Verbrauch auch an allen den Stellen zu erfassen, wo sonst noch das elektrische Fernmeldewesen praktisch gehandhabt wird, also bei den Eisenbahnen, der Polizei, Feuerwehr u. a. sowie in den privaten Fernsprechzentralen. Dabei ist berücksichtigt, daß ein wesentlicher Teil dieser Betriebe ununterbrochenen Dienst abhält und daher auch während der Nachtstunden Lichtbedarf hat.

In Rechnung zu stellen ist hier ferner eine Tatsache, die bei besonderen Gelegenheiten mehrfach von Elektrizitätswerken in den V. S. Amerika beobachtet worden ist, nämlich daß der Rundfunk bei seinen Hörern einen gewissen Mehrverbrauch an Strom für die Lichtversorgung in den Wohnungen hervorruft, weil die Hörer bestrebt sind, die unterhaltenden Darbietungen, die hauptsächlich in den späten Abend- und in den Nachtstunden stattfinden, bis zu Ende aufzunehmen. Dieser Mehrverbrauch läßt sich nur roh schätzen. Nimmt man, sehr mäßig gerechnet, an, daß nur ein Drittel aller Rundfunkteilnehmer während des dritten Teiles des Jahres je eine Stunde länger elektrisches Licht brennt und dabei 25 W verbraucht, so entsteht ein zusätzlicher Stromverbrauch innerhalb eines Jahres von 5 Mill kWh, der im übrigen in die Zeit geringer Belastung der Elektrizitätswerke fällt, diesen also besonders willkommen ist.

Der Lichtstrom, der in den Betrieben der Schwachstromindustrie verbraucht wird, ist für sich getrennt nicht feststellbar, er ist aber in den nachstehenden Angaben über ihren Verbrauch an Kraftstrom mitenthalten.

Zum Antrieb von Hilfsvorrichtungen wird Strom gebraucht im Telegraphen-, Fernsprech- und Funkbetrieb der Deutschen Reichspost für Rohr-, Band- und Seilposten, die in großen Telegraphen- und Fernämtern verwendet werden, ferner für Entlüftungs- und Kühlanlagen, Personenaufzüge, Staubsauger, weiter für alle Arten von Antriebs- und Bearbeitungsmaschinen, Elektrokarren, Laufkatzen, die im Telegraphenbau, in den Zeugämtern und Werkstätten Anwendung finden, schließlich für eine große Zahl von Büromaschinen. Der gesamte Jahresverbrauch hierfür ist jedoch nicht höher als mit 1,5 Mill kWh zu veranschlagen. Dazu kann für das Fernmeldewesen außerhalb der Deutschen Reichspost noch ein Zuschlag von etwa 0,1 Mill kWh gemacht werden.

Über den Verbrauch an Strom bei der Schwachstromindustrie, soweit sie sich mit der Herstellung von Apparaten nebst Zubehör befaßt, sind rechnerische Unterlagen nicht vorhanden. Eine besondere Feststellung in zwei großen Betrieben dieser Art, die typisch für die Schwachstromapparatindustrie sind und die zusammen im Jahre 1929 im Mittel 7000 Angestellte und Arbeiter beschäftigt haben, hat jedoch fast übereinstimmend ergeben, daß auf den Kopf dieses Personals ein Jahresverbrauch von 700 kWh entfiel. Da im Jahr 1929 in der deutschen Schwachstromapparatindustrie im Mittel 42 200 Angestellte und Arbeiter beschäftigt waren, kann man den Gesamtstromverbrauch für diesen Zweig der elektrotechnischen Industrie mit ausreichender Genauigkeit auf 29,5 Mill kWh im Jahr schätzen.

Zur Schwachstromindustrie muß jedoch auch die Herstellung der Leitungen und Kabel gerechnet werden, die beim Fernmeldewesen gebraucht werden. Der Bedarf an diesen Erzeugnissen ist recht erheblich. Beispielsweise übersteigt der Geldwert der von der Deutschen Reichspost im Jahr 1929 beschafften Leitungen und Kabel den hohen Betrag, den sie in der gleichen Zeit für die apparattechnischen Einrichtungen aufgewendet hat, noch um 86 %. Auch die Lieferungen von Leitungen und Kabeln für Fern-

Digitized by Google

meldezwecke an das Ausland haben erfreulicherweise wieder einen ansehnlichen Umfang erreicht. Berücksichtigt man ferner, daß die Art der Herstellung dieser Gegenstände, beginnend mit dem Auswalzen der Knüppel und Barren, dann fortfahrend mit dem vielmaligen Ausziehen der Drähte von 7 mm bis herunter zu 0,05 mm Dmr., mit dem Umspinnen und Umpressen der blanken Drähte mit Isoliermaterial, mit der Verseilung der Adern zu Kabeln und schließlich endend mit der Armierung der Kabel, meist große Kraftleistungen erfordert, dann erklärt es sich, daß der Verbrauch an Strom bei diesem Fabrikationszweig noch größer ist als für die Apparatherstellung. Genauere Unterlagen liegen allerdings auch hier nicht vor; sie sind auch nicht leicht zu finden, weil die Einrichtungen für die Herstellung der Schwachstromleitungen und -kabel meist auch für die Starkstromleitungen usw. mitbenutzt werden. Besondere Ermittlungen in einem großen Kabelwerk haben jedoch einen genügend zuverlässigen Anhalt gewinnen lassen, um den Stromverbrauch in allen deutschen Werken, die sich mit der Anfertigung von Leitungen und Kabeln für die Bedürfnisse des Fernmeldewesens befassen, auf rd. 32 Mill kWh im Jahr errechnen zu können. Hierin sind die Anteile, die auf die Erzeugung der Zubehörstoffe (Papier, Gummi, Gespinste) entfallen, einbezogen.

Es ist ferner festgestellt worden, daß die Schwachstromindustrie den Strom für die Herstellung sowohl der Apparate als auch der Leitungen und Kabel fast ganz von öffentlichen Elektrizitätswerken bezieht.

Nach den Einzelberechnungen unter D. beläuft sich mithin der Stromverbrauch, der mittelbar durch die Bedürfnisse des elektrischen Fernmeldewesens hervorgerufen wird, auf 70,6 Mill kWh im Jahre.

Unter Hinzurechnung des unter C. nachgewiesenen unmittelbaren Verbrauchs von 72,5 Mill kWh ergibt sich ein Gesamtjahresverbrauch von 143 Mill kWh, der im Haushalt der öffentlichen Elektrizitätswerke eine Einnahme von etwa 14,3 Mill RM darstellt.

Die deutsche Elektrochemie als Stromverbraucher.

Von Prof. Dr. **K. Arndt**, Berlin.

Die deutsche elektrochemische Industrie hat zwar nicht so billige Wasserkräfte zur Verfügung wie die Schweiz oder gar Norwegen, aber die gewaltigen Braunkohlenlager in Mitteldeutschland und am Niederrhein liefern ihr wohlfeilen Strom, und teils die Nähe von Rohstoffen, teils die große Aufnahmefähigkeit des Inlandes für die Erzeugnisse haben die Grundlagen für große Karbid-, Aluminium-, Chloralkaliwerke usw. geschaffen. Abb. 1 zeigt die Verteilung dieser Werke in Deutschland.

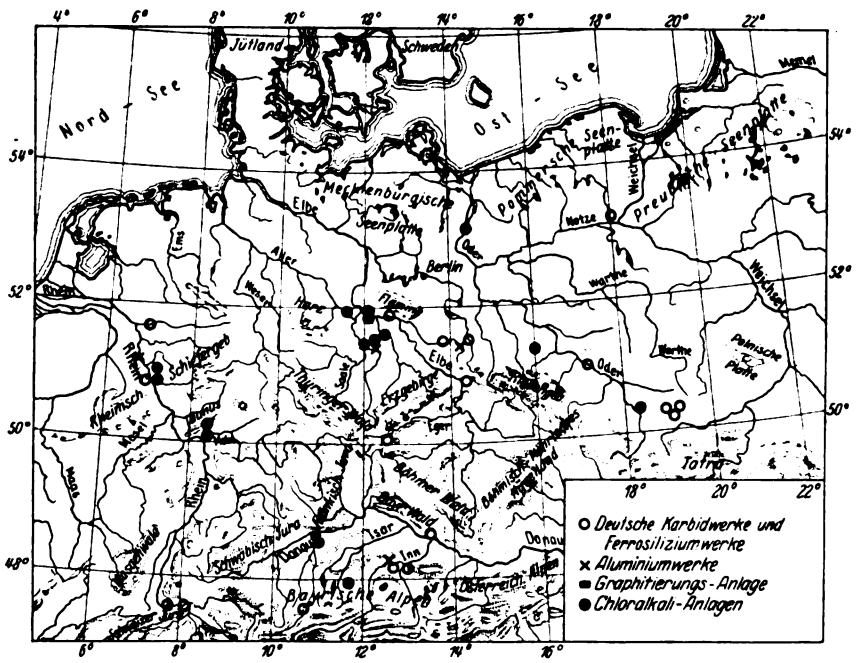


Abb. 1. Die Verteilung der elektrochemischen Industrie in Deutschland.

Der größte Stromabnehmer ist die Karbidindustrie, welche jährlich rd. 400 000 t Kalziumkarbid liefert, von denen ¾ gleich zu Kalkstickstoff weiterverarbeitet werden, während die übrigen 100 000 t größtenteils das Azetylen für Schweißzwecke oder zur Beleuchtung oder zur Weiterverarbeitung auf Alkohol, Essigsäure, Azeton und chlorierte Lösungsmittel (besonders Trichlorätylen als Ersatz für das feuergefährliche Benzin) liefern. Weil 1 kg Karbid rd. 3,5 kWh benötigt, so verbraucht die Karbidindustrie Deutschlands jährlich insgesamt 1,4 Mrd kWh, wozu natürlich noch der bedeutende Strombedarf für die Brechvorrichtungen, Mühlen, Aufzüge usw. kommt. Die kleinsten Karbidöfen in Deutschland verbrauchen etwa 2000 kW, die größten bis zu 15 000 kW. Abb. 2 stellt eine der ältesten Anlagen mit kleinsten Abstichöfen zu 550 kW, Abb. 3 dagegen den neuzeitlichen 4000 kW-Ofen der Elektrochemischen Gesellschaft m. b. H. in Hirschfelde i. Sa. dar, und zwar die Gicht dieses Ofens, während Abb. 4 den Unterteil beim Abstich wiedergibt. Von den drei größten deutschen Karbidwerken arbeitet das Werk Hart der Bayerischen Stickstoffwerke mit Strom von den Wasserkräften des Inn und der Salzach, dagegen ihr Werk Piesteritz bei Wittenberg mit Strom von Golpa, das Rohbraunkohle verfeuert; das Werk Knapsack (bei Köln) der AG. für Stickstoffdünger erzeugt seinen Strombedarf von etwa 80 000 kW im eigenen Kraftwerk mit rheinischer Braunkohle. Von anderen deutschen Karbidwerken will ich hier Waldshut am Oberrhein, nahe dem Kraftwerk Laufenburg, Whylen bei Rheinfelden, Lechbruck im Allgäu, Freyung bei Passau und Burghausen an der Salzach nennen, welche alle mit Wasserkraft arbeiten, ferner Hirschfelde bei Zittau und Spremberg neben Braunkohlenkraftwerken, schließlich Tschechnitz bei Breslau und Bobrek bei Beuthen, denen der Strom durch Steinkohle geliefert wird. Die Kalkstickstofföfen, in welchen Luftstickstoff an glühendes Karbidpulver gebunden wird, verbrauchen für ihre elektrische Heizung verhältnismäßig geringe Strommengen, weil jener chemische Vorgang selber viel Wärme entwickelt.

Der nächstgrößte Stromverbraucher ist unsere Aluminiumindustrie, welche jährlich gegen 30 000 t dieses immer mehr geschätzten Leichtmetalles liefert und damit drei Viertel unseres Bedarfes deckt. Während in den Karbidöfen der elektrische Strom lediglich als Wärmequelle dient, um das Gemisch von gebranntem Kalk auf die zur Karbidbildung nötige Temperatur von etwa 1800° zu bringen, muß in dem schmelzflüssigen Kryolith-Tonerde-Bade das Aluminium durch die zersetzende Wirkung des elektrischen Stromes vom Sauerstoff losgerissen werden, mit dem es in der Tonerde (Al_2O_3) vereinigt ist. Hier ist der Stromverbrauch zur Lieferung von 1 kg sehr viel höher als beim Karbid; er beträgt nämlich für 1 kg Aluminium gegen 25 kWh, was einen Jahresverbrauch von 750 Mill kWh bedeutet. Während das Innwerk (in Töging bei Mühldorf, Oberbayern) der Vereinigten Aluminiumwerke mit Wasserkraft arbeitet, wird ihr Lautawerk von dem danebenliegenden Kraftwerk mit Strom aus Oberlausitzer Braunkohle versorgt; das Erftwerk (bei Grevenbroich, mittwegs zwischen Köln und Düsseldorf) ist an die Fernleitung des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerks angeschlossen, welches in seinem riesigen Kraftwerk in Knapsack bis zu 400 000 kW erzeugt (mit einem Aufwande von etwa 3 ... 4 kg Rohbraunkohle für die kWh). Auch das kleinere Aluminiumwerk

Digitized by Google

der I. G. Farbenindustrie in Bitterfeld zehrt von der billigen Braunkohle.

In Bitterfeld wird auch Magnesium durch Schmelzelektrolyse gewonnen und größtenteils zu Elektronmetall weiterverarbeitet, welches noch viel leichter als Aluminium (spez. Gew. 1,8 gegen 2,7 bei Al) und sehr zähe ist. Die erzeugte Menge ist aber im Verhältnis zur Aluminiumerzeugung viel kleiner, schätzungsweise 2000 t jährlich, daher auch der gesamte Strombedarf lange nicht so groß (schätzungsweise 40 Mill kWh im Jahr).

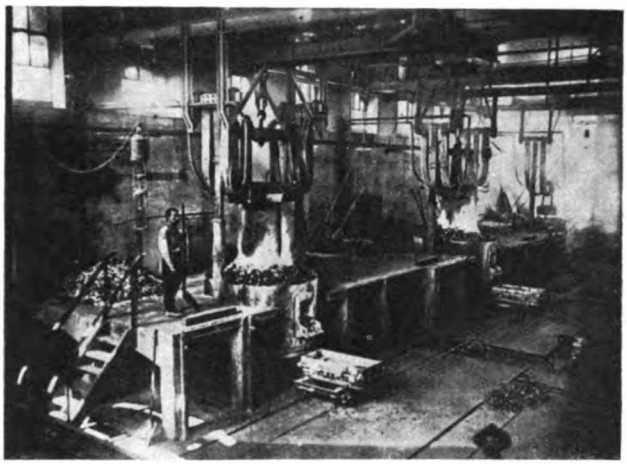


Abb. 2. Älteste 550 kW-Stadler-Öfen.

Von anderen Leichtmetallen wird Natrium durch Schmelzelektrolyse von der Deutschen Gold- und Silber-Scheideanstalt in Rheinfelden aus geschmolzenem Ätznatron und in Knapsack aus geschmolzenem Kochsalz hergestellt. Es wird hauptsächlich zu Natriumsuperoxyd (als Bleichmittel und zur Gewinnung von Natriumperborat, das ebenfalls als Bleichmittel dient) und zu Natriumamid (für die Indigoerzeugung) sowie zu Natriumcyanid weiterverarbeitet. Für die Erzeugung von 4000 t werden

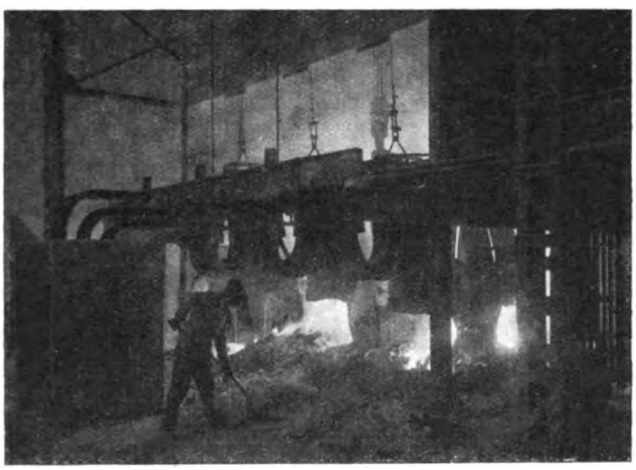


Abb. 3. Gicht des 4000 kW-Ofens in Hirschfelde.

etwa 60 Mill kWh nötig sein. Weitaus geringere Strommengen werden zur schmelzelektrolytischen Erzeugung von Kalzium, Beryllium und Lithium insgesamt verbraucht. Diese Metalle haben als wertvolle Bestandteile von Legierungen erhebliche Bedeutung gewonnen; schon geringe Mengen verleihen eine bedeutende Härte. Das Lithium, das selber übrigens nur halb so schwer wie Wasser ist, ist in dem Bahnmetall enthalten, welches die Metallbank als Lagermetall für die Reichsbahn usw. herstellt. Zur Schmelzflußelektrolyse gehört schließlich noch die Gewinnung von Cer-Mischmetall, welches mit Eisen legiert das funkensprühende Metall für die Reibzündfeuerzeuge liefert.

Für die chemische Industrie war vor 40 Jahren die elektrolytische Erzeugung von Natronlauge und Kalilauge aus wäßrigen Salzlösungen eine außerordentlich wertvolle Errungenschaft. Es hat aber langjähriger vereinter Arbeit der Ingenieure und der Chemiker bedurft, bis die Chloralkali-Elektrolyse zu den heutigen Konstruktionen, im besonderen zu der Siemens-Billiter-Zelle gelangte, welche auf den deutschen Werken vorherrscht und auch im Auslande sehr viel verwendet wird[1]. Die gewonnene Lauge wird durch Eindampfen zum Teil auf festes Ätznatron oder Ätzkali verarbeitet; das gleichzeitig gewonnene Chlor wurde früher in Chlorkalk übergeführt, während man es heutzutage für die Versendung zumeist verflüssigt. Der Strombedarf beträgt auf 1 kg Chlor etwas mehr und auf 1 kg Ätznatron etwas weniger als 3 kWh. Die großen Siemens-Billiter-Zellen liefern bei einer Belastung mit 2000 A in 24 h 57 kg Chlor und 64 kg Ätznatron; bei einer Badspannung von 3,7 V werden hierfür in den 24 h rund 180 kWh verbraucht. Insgesamt sind in Deutschland bis jetzt über 1400 Siemens-Billiter-Bäder mit einem Kraftbedarf von rd. 17 000 kW aufgestellt worden, welche also bei voller Leistung etwa 140 Mill kWh im Jahre verbrauchen[1a]. Dazu kommt noch die nach dem Glockenverfahren arbeitende ältere Anlage der Chemischen Fabrik Neustaßfurt. Weil die Nachfrage einerseits nach Ätznatron, anderseits nach Chlor oft sehr verschieden ist, aber die elektrolytische Erzeugung beider Stoffe untrennbar gekoppelt ist[2], so kommt die Chloralkaliindustrie aus den wirtschaftlichen Sorgen fast nie ganz heraus. Am günstigsten ist die Lage, wenn z. B. in Zellstoffabriken das Chlor mit der Natronlauge gleich zu Bleichlauge verarbeitet[3] und im Betriebe selbst ver-

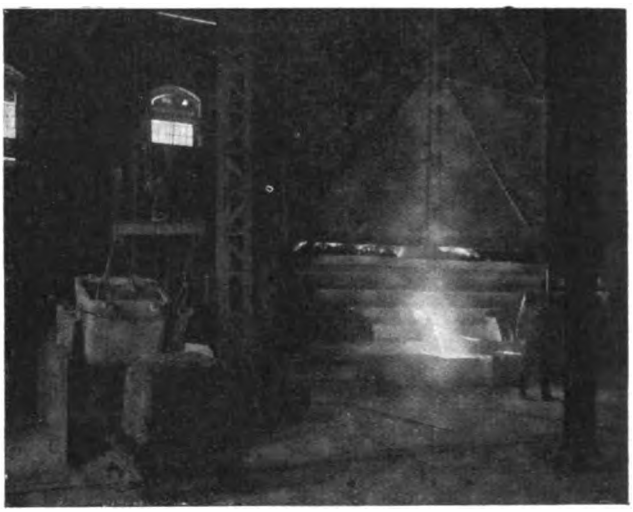


Abb. 4. Abstich des 4000 kW-Ofens.

braucht wird. Hierher gehört noch die Erzeugung von Chlorat und Perchlorat, welche zu Sprengstoffen dienen. Insgesamt schätze ich den gegenwärtigen Jahresbedarf der Chloralkali-Elektrolyse auf rd. 150 Mill kWh.

Während die Chloralkali-Elektrolyse im Weltkrieg wegen des Chlorbedarfes gewaltig vermehrt wurde, hat die elektrothermische Erzeugung von Phosphor in den letzten Jahren eine besonders große Bedeutung gewonnen, indem von der I. G. Farbenindustrie der in Bitterfeld und in Piesteritz erzeugte Phosphor mit Wasserdampf zu Phosphorsäure und Wasserstoff umgesetzt wird; der Wasserstoff liefert mit Stickstoff verbunden Ammoniak und die Phosphorsäure wird zu Mischdüngern (z. B. Nitrophoska = Stickstoff + Phosphorsäure + Kali) gebraucht. Nach Angabe von Hess[4] wurden in Deutschland 1927 30 000 t Phosphor mit einem Aufwand von 300 Mill kWh erzeugt.

Im elektrischen Ofen werden ferner Ferrolegierungen (besonders Ferrosilizium, außerdem Ferrochrom, Ferrowolfram usw.) hergestellt, in Deutschland schätzungs-

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 809.

[1a] 1912/15 wurden 280 Bäder mit 3300 kW, 1916/17 736 mit 8600 kW und 1920/1926 412 Bäder mit 6900 kW in Deutschland aufgestellt. In den Billiter-Bädern wird die lange niedrige Badwanne durch ein waagerechtes Asbesttuch, das mit Schwerspatpulver überschichtet ist und durch die aus starkem Eisendrahtnetz bestehende Kathode getragen wird, in den oberen Anodenraum (in welchem das Chlor entwickelt wird) und den unteren Kathodenraum (in welchem die kathodisch gebildete Natronlauge herabtropft und Wasserstoff entwickelt wird) getrennt.

[2] Nach dem Faradayschen Gesetz der Elektrolyse liefern 26,8 Ah 1 Grammäquivalent, also an der Anode 35,5 g Cl, an der Kathode 40 g NaOH. In Wirklichkeit ist die Stromausbeute etwas kleiner.

[3] Für kleineren Bedarf an bleichendem Chlor sind die „Bleichelektrolyseure" bequem, in welchen durch Elektrolyse von Kochsalzlösung ohne Diaphragma unmittelbar Natronlauge und Chlor zu Hypochlorit vereinigt werden.

[4] Chem. Industrie 1929, S. 2.

Digitized by Google

weise 2000 t mit einem Aufwand von 140 Mill kWh. Dazu kommt die Erzeugung von Schleifmitteln, nämlich Siliziumkarbid („Karborundum") und elektrisch geschmolzener Tonerde („Elektrorubin" usw.) sowie von künstlichem Graphit für Elektroden[5] mit zusammen vielleicht 100 Mill kWh. Je etwa 50 Mill kWh mögen die elektrolytische Wasserzersetzung, welche Sauerstoffgas und Wasserstoffgas liefert, die Erzeugung von Persulfat (aus welchem das wichtige Wasserstoffsuperoxyd durch Destillation gewonnen wird) in Höllriegelskreuth bei München und von Natriumperborat (dem im Persil enthaltenen Sauerstoffbleichmittel) in Rheinfelden verbrauchen, d. h. zusammen ebenfalls rd. 150 Mill kWh.

Unvergleichlich bescheidener ist in bezug auf Stromverbrauch die elektrolytische Kupferraffination (Norddeutsche Affinerie in Hamburg, Oker hütte im Harz und Oranienburg bei Berlin). Für rd. 50 000 t Elektrolytkupfer braucht sie nur etwa 12 Mill kWh. Der Grund für diese Bescheidenheit liegt darin, daß hier nur das Kupfer aus der Anode durch den Strom an die Kathode übertragen wird; die Verunreinigungen des Anodenkupfers sinken teils als Schlamm zu Boden, teils bleiben sie in der Badflüssigkeit zurück, weil die Badspannung (etwa ¼ V) unter den zur Abscheidung von Arsen usw. erforderlichen Grenzen bleibt. Abb. 6 zeigt die alte Anlage der Norddeutschen Affinerie in einem Keller, Abb. 7 die neue große Anlage im Hamburger Vorort Peuthe, welche vorbildlich eingerichtet ist und jährlich über 40 000 t Elektrolytkupfer erzeugt. Wo aber mit unlöslichen Anoden gearbeitet wird, wie in der elektrolytischen Zinkgewinnung, da ist die Badspannung viel höher. Nachdem vor einem Vierteljahrhundert die deutsche Versuchsanlage für Elektrolytzink nur das Vorbild für die zehn Jahre später errichteten großen amerikanischen Anlagen abgegeben hat, hat man neuerdings auch in Deutschland wieder diese Erzeugung aufgenommen. Von der Norddeutschen Affinerie werden durch Elektrolyse auch reines Blei und Wismut erzeugt.

Ein bedeutender, aber über sehr zahlreiche kleinere und größere Werkstätten verstreuter Stromverbraucher ist die Galvanotechnik, welche Klischees für die Druckereien liefert, Grammophonaufnahmen abformt, tausend Gebrauchsgegenstände und Schmuckgegenstände vernickelt, vermessingt, verzinkt, versilbert, vergoldet usw. Auch die Wasserreinigung durch Elektroosmose sowie die elektrolytische Gewinnung einiger Stoffe der organischen Chemie, nämlich Glykolsäure und Amidophenol, seien hier erwähnt.

Ob die Luftsalpetersäure-Fabrik in Rhina am Oberrhein noch arbeitet, möchte ich bezweifeln. Wegen des unverhältnismäßig großen Stromverbrauches, welchen die Vereinigung des Stickstoffes und des Sauerstoffes der Luft im Lichtbogen erfordert (gegen 70 kWh für 1 kg gebundenen Stickstoff), ist ja die riesige norwegische Anlage kürzlich auf Ammoniaksynthese umgestellt worden. Bei Vollbetrieb hat man in Rhina jährlich 140 Mill kWh vom Kraftwerk Laufenburg entnommen. Dagegen hat die Umwandlung von Sauerstoff in das starke Oxydationsmittel Ozon durch stille elektrische Entladung keineswegs ihre praktische Bedeutung verloren; sie wird zur Wasserreinigung, zur Luftverbesserung und vor allem zum Bekämpfen der Fäulnis von Lebensmitteln in Kühlräumen vielfach gebraucht; der Strombedarf ist freilich unbedeutend, da für diese Zwecke schon kleine Ozonmengen genügen.

Wenn ich allen diesen Bedarf der Elektrochemie in Deutschland zusammenzähle, so komme ich auf mehr als 3 Mrd kWh jährlich. Dazu kommt noch der Bedarf der Elektrostahlöfen, in denen der Stahl geläutert wird, und der Elektrometallöfen, in denen Kupfer, Messing und Bronze günstiger als im Flammofen geschmolzen werden. Hier mag der deutsche Gesamtbedarf rund ½ Mrd kWh jährlich betragen.

Zum Schluß möchte ich noch einige Worte über die besonderen Anforderungen sagen, welche die elektrochemische Industrie als Stromverbraucher in bezug auf die Art, Spannung und Dauer der Stromlieferung zu stellen hat. Für elektrothermische Zwecke, d. h. Karbid, Ferrolegierungen, Phosphor usw., wird Wechselstrom verwendet, und zwar im allgemeinen der Dreiphasenstrom den drei Elektroden des Ofens zugeführt. Einphasenwechselstrom wird für die langen trogförmigen Karborundum- und Graphitöfen gebraucht; man läßt in diesem Falle meist Gruppen von Öfen derart zusammenarbeiten, daß die drei Phasen des Netzes möglichst gleichmäßig belastet sind. Für Elektrolyse, also Aluminium, Chloralkali usw., wird Gleichstrom benötigt, der entweder im Kraftwerk selber erzeugt (Innwerk) oder aus dem gelieferten Wechselstrom vom Verbraucher umgeformt wird. Im elektrischen Ofen braucht man Spannungen zwischen 180 und etwa 75 V; bei der Elektrolyse schaltet man eine große Zahl von Bädern hintereinander und speist sie mit 150 ... 500 V Gleichstrom. Weil für die Elektrolyse sehr starke Ströme bis zu 15 000 A benutzt werden, so spielt die Bürstenfrage eine wichtige Rolle; bei den Gleichstromgeneratoren des Innwerkes nehmen von den beiden Kommutatoren, welche über 2 m Durchmesser haben, 528 Metallkohleplatten den Strom ab. Der Besitz eines eigenen Kraftwerkes hat den Vorteil, daß die Stromlieferung völlig den eigenen Wünschen angepaßt werden kann. Zumeist sind aber die elektrochemischen Werke dazu übergegangen, von vorhandenen Kraftwerken den Strom zu kaufen. Wenn der hochgespannte Strom von fern hergeleitet wird, so können z. B. bei Nebel Störungen auftreten und den Strom stundenlang unterbrechen. Der Karbidofen ist gegen nicht allzu lange Unterbrechungen ziemlich unempfindlich, weil die großen Karbidmassen verhältnismäßig lange flüssig bleiben und auch das erstarrte Karbid selbst bei niederer Temperatur noch gut leitet. Dagegen sind für die Schmelzelektrolyse, bei welcher die Stromwärme das Bad flüssig hält, schon mäßige Schwankungen der Stromzufuhr sehr unangenehm, und bei stundenlanger Unterbrechung können auch große Bäder einfrieren. Weil die erstarrte Schmelze nicht leitet, so muß sie dann erst aus dem Bad herausgehauen werden, bevor man es mühselig wieder in Gang bringen kann. Vom Standpunkt des Stromlieferers ist natürlich ein Verbraucher besonders erwünscht, welcher in den Nachtstunden reichlich, in den

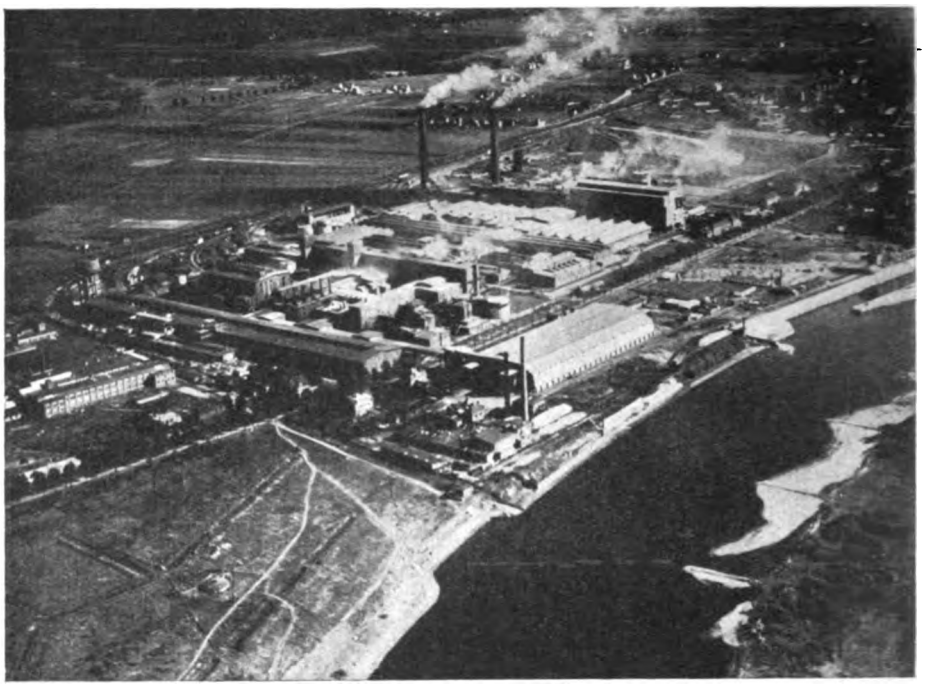


Abb. 5. Karbid- und Kalkstickstoffwerk Piesteritz der Bayerischen Stickstoffwerke.

[5] Durch Graphitierung veredelte Kohleelektroden werden in Elektrostahlöfen gern verwendet und in der Chloralkali-Elektrolyse als Anodenstoff benötigt. Von den Siemens-Planiawerken werden die in Berlin-Lichtenberg gebrannten Kohleelektroden in Meitingen am Lech graphitiert.

Digitized by Google

Spitzenstunden möglichst gar keinen Strom verbraucht. Diese Forderungen können von der elektrochemischen Industrie nur in sehr beschränktem Maße erfüllt werden. Einzig die Wasserzersetzung kann beliebig ein- und ausgeschaltet werden, während andere elektrolytische Verfahren, z. B. die Siemens-Billiter-Zelle, keine längere Stromunterbrechung vertragen und sowohl bei Überlastung als auch bei Unterbelastung weniger wirtschaftlich arbeiten. Bei Wasserkraftwerken schwankt leider die Leistung innerhalb des Jahres gewöhnlich in weiten Grenzen. Es ist dann sehr schwierig, die dauernden Anforderungen des Elektrochemikers mit den Ansprüchen der übrigen Stromabnehmer auszugleichen. Auch hier ist die Karbidindustrie verhältnismäßig gefügig, indem sie mit Unterbelastungen des einzelnen Ofens, z. B. 2800 kW statt 4000 kW, noch durchhalten kann oder indem sie je nach der Stromzufuhr Öfen stillegt und wieder in Gang bringt[6].

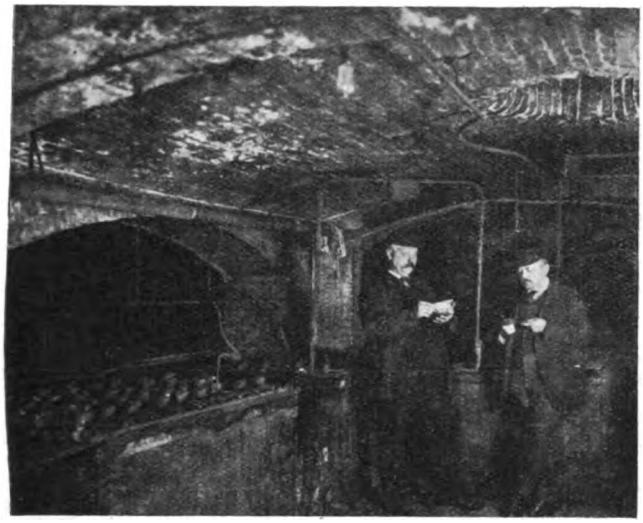


Abb. 6. Alte Bäderanlage der Norddeutschen Affinerie.

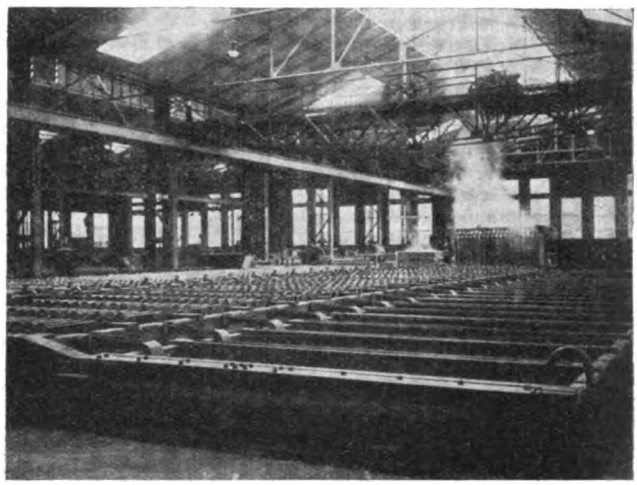


Abb. 7. Bäderraum der Norddeutschen Affinerie in Hamburg-Peuthe.

[6] Eingehend können sich die Leser über die elektrochemische Industrie, ihre Verfahren und Einrichtungen in meinem jüngst erschienenen Werke „Technische Elektrochemie" (Verl. F. Enke, Stuttgart) unterrichten.

Recht und Gesetz in der Elektrizitätswirtschaft.

Von Dr.-Ing. G. Siegel, Berlin.

Übersicht. Es wird ausgeführt, daß die Rechtsverhältnisse der Elektrizitätswerke einmal deren zivilrechtliche Beziehungen zu ihrer Umwelt, insbesondere zu ihren Abnehmern, und ferner das Verhältnis der Unternehmungen zum Staat als Hoheitswesen umfassen. In der ersten Gruppe sind folgende Probleme von Bedeutung: Die Messung der Elektrizität, die Rechtsart der Elektrizitätslieferungsverträge, die Haftung der Elektrizitätswerke. Diese Probleme und ihre Einordnung in die bestehenden Rechtssysteme werden kurz untersucht. Weiter werden die Beziehungen der Unternehmungen zum Verwaltungsrecht besprochen, die sich namentlich bei der Erteilung der Konzessionen ergeben. Der hauptsächlichste Inhalt dieser Konzessionen und die Frage, ob hierzu eine gesetzliche Regelung notwendig ist, wird erörtert und dabei auf die Unzweckmäßigkeit einiger allgemein vorgesehenen Bedingungen hingewiesen.

Die Rechtsverhältnisse der Elektrizitätswerke sind im wesentlichen doppelter Natur. Einmal handelt es sich um die zivilrechtlichen Beziehungen des Elektrizitätswerkes zu seiner Umwelt, insbesondere zu seinen Abnehmern. Die hierauf bezüglichen Fragen sind meist Gegenstand der Rechtswissenschaft bzw. Sache der Auslegung der Gerichte, d. h. es handelt sich im wesentlichen um die Einordnung der mit der Elektrizitätsversorgung verbundenen Besonderheiten in die bestehenden Rechtssysteme. Eine weitere große Gruppe rechtlicher Probleme ergibt sich aus dem Verhältnis der Elektrizitätwerke zum Staate als Hoheitswesen. Hier haben sich in rechtlicher Hinsicht eine Fülle neuer Beziehungen ergeben, die entweder im Einzelfalle durch Verträge oder aber einheitlich durch besondere Gesetze geregelt worden sind. Alle diese Probleme tauchten erst auf, nachdem die Elektrizitätsversorgung eine bestimmte räumliche Ausdehnung erreicht hatte. Sie waren noch von geringerer Bedeutung, als es sich darum handelte, die einzelnen Gemeinden, u. zw. zunächst teilweise, mit Beleuchtungstrom zu versorgen. Es ist daher nicht zu verwundern, daß z. B. in den ersten Jahrgängen der ETZ, die damals das einzige Publikationsorgan für alle Zweige des Elektrizitätswesens darstellte, von Rechtsfragen auf dem Gebiet der Elektrizität höchstens im Zusammenhang mit dem Telegraphen- und Telephonwesen die Rede ist. Erst nachdem sich die Netze der Elektrizitätsunternehmungen immer weiter ausbreiteten, nachdem neben der Lichtversorgung die Lieferung von Kraft- und Wärmeenergie einen immer größeren Anteil beanspruchte, nachdem die Ausnutzung der elektrischen Energie für unser gesamtes häusliches und wirtschaftliches Leben von ausschlaggebender Bedeutung geworden ist, sind neben den technischen und wirtschaftlichen Fragen auch die Rechtsbeziehungen, die häufig auch zum Gegenstand politischer Erörterungen gemacht werden, mehr in den Vordergrund des allgemeinen Interesses getreten. Im folgenden soll versucht werden, die rechtlichen Probleme, die sich in der neuzeitlichen Elektrizitätswirtschaft ergeben, kurz aufzuzeigen.

I.

Angesichts der ungeheuren Zahl der Abnehmer elektrischer Energie ist das zivil- bzw. handelsrechtliche Verhältnis zwischen dem Unternehmer der Elektrizitätsversorgung und dem Verbraucher bereits im täglichen Verkehr Gegenstand besonderer Fürsorge. Die sich hierbei ergebenden Abweichungen vom normalen Geschäftsverkehr haben ihre Ursache darin, daß die Elektrizität nur im übertragenen Sinne eine Ware ist, nicht aber in Wirklichkeit. Die Elektrizität ist unkörperlich, unsichtbar und wird dem Abnehmer nicht wie ein anderes Gut in einer bestimmten Menge zugemessen, sondern es werden ihm die Anlagen zur Erzeugung, Fortleitung und Verteilung zur Verfügung gehalten, und er selbst bestimmt in jedem Augenblick den Umfang und die Dauer des Strombezuges. Dabei muß man sich bewußt sein, daß der Begriff „Strombezug" ebenfalls nur im übertragenen Sinne aufgefaßt werden kann, der Abnehmer „bezieht" in Wirklichkeit weder Strom noch Elektrizität, sondern nützt lediglich einen bestimmten physikalischen Zustand der elektrischen Leitungen aus, in ähnlicher Weise, wie

Digitized by Google

er die Wärme bei einer Zentralheizung „entnimmt"[1]. Aus diesen Zusammenhängen ergeben sich folgende wichtigen Besonderheiten in rechtlicher Beziehung:

1. Die Messung der dem Abnehmer vom Elektrizitätswerk geleisteten Dienste (das Wort Leistung soll hier, um Mißverständnisse auszuschließen, vermieden werden), spielt im Verhältnis zwischen dem Abnehmer und dem Lieferer eine ganz andere Rolle als die Messung oder Wägung im normalen Warenverkehr. Es handelt sich nicht um die Zuteilung eines bestimmten Quantums einer Ware, sondern dem Abnehmer steht es frei, Zeit und Umfang der von dem Werk geforderten Dienstleistung jederzeit selbst zu bestimmen. Dazu ist für jeden Abnehmer ein besonderer Meßapparat erforderlich, der einen Teil seiner Einrichtungen bilden muß. Die Frage nach der Kostentragung für das Messen der elektrischen Arbeit ist heute daher auch rechtlich dahin entschieden, daß im Gegensatz zu dem sonstigen Gebrauch, bei dem die Kosten des Wägens und Messens einer Ware dem Verkäufer auferlegt werden, diese von dem Abnehmer zu tragen sind.

2. Die Eigenart der Elektrizitätsversorgung bringt es mit sich, daß der Abnehmer und der Lieferer von Elektrizität, solange sie durch die Leitungsanlagen in dauernder materieller Verbindung stehen, ein vertragliches Verhältnis unterhalten. Für die zahlreichen Meinungsverschiedenheiten, die hierbei auftreten können (ungenügende Lieferung, unzureichende Abnahme u. a. m.) ist die Frage von Bedeutung, welcher Vertragsart im rechtlichen Sinne der Elektrizitätslieferungsvertrag zuzurechnen ist. Hierüber bestanden und bestehen in der juristischen Literatur Meinungsverschiedenheiten. In dem bereits erwähnten Bericht über die Natur des Elektrizitätslieferungsvertrages[1] ist dargelegt, daß es sich um einen Arbeitsvertrag von der Art des Werkvertrages handelt und nicht um einen Kaufvertrag oder einen Sukzessivlieferungsvertrag. Diese Auffassung ergibt sich aus der Tatsache, daß der Lieferer dem Abnehmer in zweifacher Weise zur Verfügung steht. Einmal hält er ihm dauernd in seinen Einrichtungen eine bestimmte Leistung zur Verfügung und ferner liefert er ihm, sobald der Abnehmer von seiner Installation Gebrauch macht, Arbeit, für deren Erzeugung er besondere laufende Kosten aufzuwenden hat.

Aus dieser Auffassung ergeben sich wichtige Entscheidungen bei einigen rechtlichen Streitfragen, die namentlich in letzter Zeit infolge der ungünstigen wirtschaftlichen Verhältnisse, die sich in der ganzen Welt bemerkbar machen, häufiger aufgetreten sind. Dies ist einmal die Stellung des Elektrizitätslieferungsvertrages im Falle des Konkurses des Abnehmers; aus den obigen Feststellungen und anderen Umständen, die zu erläutern der Raummangel verbietet, ergibt sich, daß die weitere Lieferung auf Grund eines bestehenden Vertrages an einen Konkursschuldner die volle Bezahlung der Rückstände zur Voraussetzung haben muß[2]. Hierher gehört ferner die Frage, ob das Elektrizitätswerk verpflichtet ist, dem Abnehmer Strom zu Reservezwecken zu liefern. Auch diese Frage ist, abgesehen von zwingenden wirtschaftlichen Gründen, auch aus rechtlichen Überlegungen zu verneinen.

In den beiden erwähnten Fällen wird von seiten der Abnehmer als rechtlicher Grund für ihre Forderungen auch die Monopolstellung der Elektrizitätswerke angeführt. Es erübrigt sich, an dieser Stelle nachzuweisen, daß es sich bei der Elektrizitätslieferung unter den heutigen Verhältnissen weder um ein rechtliches noch um ein tatsächliches Monopol handelt, was durch nichts besser bewiesen werden kann, als durch die gewaltigen Anstrengungen, die heute alle Elektrizitätsunternehmungen machen müssen, um ihren Absatz zu vergrößern und die Ausnutzung ihrer Anlagen so zu steigern, daß eine mäßige Rente und damit die Lebensfähigkeit und Leistungsfähigkeit der Werke gesichert wird.

3. Auf zivilrechtlichem Gebiet ist ferner häufig zu entscheiden, wie weit die Haftung eines Elektrizitätsversorgungsunternehmens auszudehnen ist. Es handelt sich hierbei um verschiedenartige Haftungen: um die Haftung für Schäden aus dem Bestand und dem Betrieb des Elektrizitätswerkes, um die Haftung für Stromunterbrechung, um die Haftung für den Zustand der Abnehmeranlagen. Von jeher besteht in einzelnen Staaten das Bestreben, die Haftung der Elektrizitätswerke möglichst weit auszudehnen. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, muß die Haftung aus rein wirtschaftlichen Gründen auf das unbedingt notwendige Maß beschränkt werden. Die Haftung für Stromunterbrechungen wird daher meist durch den Wortlaut der Verträge, die Haftung für Inneninstallationen durch die Stromlieferungsbedingungen ausgeschlossen; die Haftung aus dem Bestand und Betrieb der Elektrizitätsanlagen muß vernünftigerweise auf Verschuldensfälle beschränkt werden.

Eine gerechte Entscheidung in Streitfragen kann nur gefällt werden, wenn technische Normen und Sicherheitsvorschriften vorhanden sind, die den Beurteilungsmaßstab für den Zustand einer Anlage oder die Zweckmäßigkeit des Betriebes abgeben sollen. Solche Vorschriften haben sich in Deutschland die verantwortungsbewußten Fachkreise schon seit vielen Jahren selbst gegeben, während andere Staaten durch Gesetz oder Verordnung hierüber Bestimmungen erlassen haben. Angesichts des stetigen Fortschreitens der Technik ist es zweckmäßiger, den Erlaß und die stete Ergänzung solcher Vorschriften den berufenen Fachverbänden statt den Behörden zu überlassen.

II.

Ungleich bedeutungsvoller als die Beziehungen der Elektrizitätswerke zum Zivilrecht ist ihr Verhältnis zum Verwaltungsrecht, weil hiervon der Bestand und die Entwicklung der Unternehmungen überhaupt abhängt. Grundlage dieser Beziehungen bildet die Tatsache, daß die Elektrizitätswerke zur Fortleitung und Verteilung des elektrischen Stromes materieller Leitungen bedürfen, die über fremde Grundstücke geführt und auf ihnen befestigt werden müssen. Es kommt hinzu, daß zur Elektrizitätserzeugung in allen Kulturländern die vorhandenen Energiequellen und damit ihre Naturschätze in stetig steigendem Maße in Anspruch genommen werden.

Zur Führung der Leitungen und Aufstellung der Stützpunkte auf fremden Grundstücken bedarf es einer Erlaubnis des Eigentümers, sei es, daß es sich um öffentliches Gut, sei es, daß es sich um Privateigentum handelt. In erster Linie kommen die öffentlichen Verkehrsräume, Straßen, Wege, Brücken, Plätze, Kanäle usw. in Frage. Die verfügungsberechtigten Behörden können, sobald die Benutzung dieser Verkehrsräume über den Gemeingebrauch hinausgeht, besondere Bedingungen stellen, deren Erfüllung den Unternehmungen den Charakter der Gemeinnützigkeit verleiht. Ohne hierbei auf die vielfachen Abweichungen in den Gesetzgebungen und in der Handhabung der verschiedenen Länder einzugehen, kann festgestellt werden, daß im Regelfall als Voraussetzung für die Zuerkennung der Gemeinnützigkeit verlangt wird:

die möglichst umfassende Versorgung eines bestimmt abgegrenzten Gebietes,
die Verpflichtung zur Stromlieferung an jedermann, der bestimmte Bezugsbedingungen erfüllt (Anschlußpflicht[3])
die Zusage, bestimmte Höchstpreise nicht zu überschreiten und etwa abgestufte Preise allen Abnehmern, die unter gleichen wirtschaftlichen Bedingungen Strom entnehmen, einzuräumen (Preisbindung),
die Gewährleistung, den Betrieb, soweit es sich nicht um Unglücksfälle oder um höhere Gewalt handelt, aufrechtzuerhalten (Betriebspflicht). Hierzu tritt meist noch das Verbot, für das Unternehmen Installations- oder Materialmonopole einzuführen.

In vielen Staaten wird den Unternehmungen, die diese Bedingungen erfüllen, nicht nur das Recht, das Staatseigentum zur Führung der Leitungen zu benutzen, verliehen (Leitungsrecht), vielfach wird gleichzeitig dem Unternehmer, um ihn vor überspannten Forderungen der Privateigentümer zu schützen, in gewissem Umfang das Recht zur Benutzung von Privateigentum erteilt, zunächst in der Form von Zwangsdienstbarkeiten oder, wenn diese nicht ausreicht, in Form besonderer Enteignungsrechte. Manche Staaten haben derartige Rechte sogar ohne besondere Betonung der Gemeinnützigkeit sehr frühzeitig verliehen, weil sie erkannten, daß eine möglichst unbehinderte Leitungsführung die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung begünstigt (Italien 1894, Frankreich 1896, Spanien 1900, Finnland 1901). In der Schweiz ist dieses Recht sogar in der Bundesverfassung verankert. In Deutschland hat man den Elektrizitätswerken ein derartiges Recht trotz zahlreicher unablässiger Bemühungen verweigert. Allerdings ist dadurch auch der deutschen Elektrizitätswirtschaft eine gesetzliche Regelung des Konzessionswesens überhaupt erspart geblieben, so daß sich die Entwicklung freier, schneller und zweckmäßiger vollziehen konnte als in manchen anderen Ländern, die frühzeitig die Erlaubnis zur Verlegung von Leitungen an be-

[1] S. Gutachten Dr. Rumpf beim Vierten Deutschen Juristentag in der Tschechoslowakei und „Die rechtliche Natur des Elektrizitäts- und Gaslieferungsvertrages" Bericht von Dr. Alexander und Dr. Rumpf an die Zweite Weltkraftkonferenz.

[2] S. Rumpf, Juristische Wochenschrift 1930, Heft 19/20.

[3] In verschiedenen fremden Elektrizitätsgesetzen, z. B. Englands, wird übrigens die Verpflichtung zur Reservestromlieferung grundsätzlich verneint.

Digitized by Google

sondere gesetzliche Bedingungen knüpften (England z. B. bereits seit dem Jahre 1882). In der Tat ist eine derartige gesetzliche Regelung i. a. nicht erforderlich, denn, wie oben ausgeführt, sind die öffentlichen Körperschaften als Verfügungsberechtigte über die Verkehrsräume in der Lage, an die Erlaubnis zur Verlegung von Leitungen alle diejenigen Bedingungen zu knüpfen, die sie im Interesse der Allgemeinheit für notwendig erachten. Da die Gesetze sich nur auf einen bestehenden technischen Zustand stützen können, müssen sie bei dem steten Fluß der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung dauernd den veränderten Verhältnissen angepaßt werden, was angesichts der allgemeinen Schwerfälligkeit der Gesetzgebungsmaschine wohl überall eine Hemmung bedeutet. Die Staaten, die frühzeitig derartige Gesetze erlassen haben, waren infolgedessen gezwungen, immer wieder neue gesetzliche Bestimmungen zu veröffentlichen, so daß die Kenntnis der Elektrizitätsgesetzgebung vielfach ein genaues, oft langwieriges Studium verlangt[4].

Zahlreiche Staaten beschränken die gesetzliche Regelung nicht auf die Errichtung der Leitungsnetze, sondern behalten sich auch eine Genehmigung für Ort, Art und Umfang der Kraftwerke vor. Als Ziel einer solchen Gesetzgebung wird stets die wirtschaftliche und zweckmäßige Ausnutzung der nationalen Energiequellen bezeichnet. Dies gilt besonders im Hinblick auf die Ausnutzung der Wasserkräfte. Die gesetzliche Regelung dieses Gebietes geht z. T. viele Jahrzehnte zurück und bedarf daher einer Anpassung an die veränderten Verhältnisse. Die Vielheit der Gesetze auf diesem Gebiet ist fast unübersehbar, weil nicht nur die Reiche, sondern auch die einzelnen Gliedstaaten besondere Gesetze hierüber besitzen und der Vereinheitlichung vielfach Schwierigkeiten bereiten. Dazu kommt, daß die durch den Weltkrieg neugebildeten oder vergrößerten Staaten, meist beeinflußt von politischen Strömungen, eine ihrer Hauptaufgaben darin erblicken, das Recht der Ausnutzung der Naturkräfte der Staatsgewalt vorzubehalten und sie nur unter besonderen Bedingungen, die im einzelnen anzuführen der Raummangel verbietet, zur Ausnutzung freizugeben. Vor der Übertreibung einer Forderung muß jedoch im Interesse der Entwicklung gewarnt werden. In allen derartigen Gesetzen, auch in den Konzessionen für die Leitungsnetze, behalten sich die Verfügungsberechtigten den vorzeitigen Rückkauf oder den Heimfall bei Beendigung der Konzession vor, u. zw. fast stets zu Bedingungen, die dem Unternehmer eine ausreichende Entschädigung vorenthalten und namentlich die Ausgestaltung der Anlagen in den letzten Jahren vor dem Rückkauf oder dem Heimfall in schädlicher Weise hemmen müssen. Wenn auch den Verfügungsberechtigten die Wiedererstattung ihres Eigentums oder ihrer Rechte vorbehalten bleiben muß, so sollten sie mit größerem Weitblick als bisher der Tatsache Rechnung tragen, daß technische Werke dauernd der Veränderung und Erneuerung unterliegen und ohne Schädigung des Unternehmers und damit der Allgemeinheit die großen Geldmittel, die hierzu nötig sind, nicht ohne entsprechende Gegenleistung aufgewendet werden können.

Zu verwerfen ist ferner, wenn in manchen neueren Elektrizitätsgesetzen der Versuch gemacht wird, durch mehr oder weniger verklausulierte Bestimmungen die Ausgestaltung der Eigenanlagen, d. h. von Werken, die nur für den eigenen Betrieb Energie benötigen, einzuengen oder zu verhindern; dadurch werden zwar für den Augenblick für die allgemeine Elektrizitätsversorgung Vorteile erreicht, der Wettbewerb aber, eine der hauptsächlichsten Quellen des technischen Fortschritts, wird unterbunden.

In der ganzen Welt besteht Einigkeit darüber, daß eine möglichst rasche und umfassende Elektrizitätsversorgung die Voraussetzung für die Erleichterung der Lebenshaltung und für die Hebung des Wohlstandes der Völker ist. Dieses Ziel wird sicherlich schneller erreicht und unter Aufwendung geringerer Mittel, wenn man dem freien Spiel der Kräfte soweit als irgendmöglich Raum gibt und sie nicht in die engen Maschen von Gesetzen einspinnt, die die Unternehmungslust und die Bewegungsfreiheit lähmen.

[4] Von dem Verfasser dieses Aufsatzes erscheint im VDI-Verlag anläßlich der Weltkraftkonferenz ein Werk über „Die Elektrizitätsgesetzgebung der Kulturländer der Erde", dessen Umfang (4 Bände) allein die Richtigkeit der obigen Behauptungen beweist.

Die Elektrizität im deutschen Wirtschaftskörper.

Von **Klaus Dohrn**, Berlin.

Das Problematische aller statistischen Messungen wirtschaftlicher Werte und Entwicklungen tritt besonders deutlich in Erscheinung, wenn sich die Statistik eines Gegenstandes bemächtigen will, wie ihn die Anwendung der Elektrizität darstellt, die in ihrem noch nicht ein Jahrhundert umfassenden bisherigen Lebensgange bereits bisher einen Wandel aller wirtschaftlichen Grundlagen und Beziehungen bewirkt hat, wie er bis zu den Erkenntnissen ihrer Eigenschaften noch nie zuvor vernommen worden ist. Einer so stürmisch vorandringenden und in alle Lebenssphären eingreifenden Macht gegenüber kommt die Statistik schwer nach. Der Verschiedenartigkeit der Anwendung und der dadurch bedingten Mannigfaltigkeit und Menge der zu ihrer Anwendung notwendigen Erzeugnisse gegenüber kann sich die Statistik nur dann behaupten, wenn sie sich auf die Ermittlung weniger entscheidender Größen beschränkt und in eben dieser Beschränkung die Meisterschaft zu gewinnen sucht. Auf einem Gebiete wie dem vorliegenden sind alle mit weitgehenden Spezifikationen arbeitenden statistischen Versuche dazu verurteilt, zu spät zu kommen, d. h. bei der Beendigung der Berechnungen bereits überholt zu sein.

So sind denn die Zahlen, die zur Verfügung stehen, wenn über Rang und Stellung der Elektrizität in ihrer Anwendung im modernen Wirtschaftsleben Rechenschaft abgelegt werden soll, weder ganz zuverlässig noch vollständig und daher nur mit Vorbehalt zu gebrauchen. Insbesondere sind Vergleiche mit anderen Wirtschaftsgebieten, ferner Vergleiche zeitlicher und örtlicher Art nur von bedingtem Wert. Dies vorausgesetzt, erscheint es immerhin wichtig, zu versuchen, einen solchen mit aller Skepsis aufzunehmenden Überblick zu gewinnen.

Als eine Art ruhender Pol kann dabei die Volks- und Betriebszählung vom Juni 1925 angesehen werden, die, wenn sie auch nur gewisse Teilergebnisse gebracht hat, doch auf manche Fragen eine wenigstens vorläufige Antwort erteilt, die gewisse vorsichtige Schlüsse zuläßt.

Die Bevölkerung Deutschlands betrug 1907 62 Millionen, 1925 63,2 Millionen, die Zahl der in der deutschen elektrotechnischen Industrie und in der Elektrowirtschaft beschäftigten Personen stieg in der gleichen Zeit von 142 000 auf 537 000. Die Bevölkerung nahm also um rund 2 %, die Zahl der genannten Berufstätigen um 278 % zu 1925 waren in Deutschland tätig:

	Personen	einschl. Angehörige
1. in Industrie und Handwerk insgesamt	13 240 000	25 800 000
2. in der elektrotechnischen Industrie[1]	440 000	714 000
3. in der Elektrizitätsgewinnung und -versorgung .	97 000	224 000
2. und 3. zusammen . . .	537 000	938 000

In der Elektroindustrie und Elektrizitätswirtschaft zusammen waren also rund 4 % aller in der deutschen Industrie tätigen Personen beschäftigt, und etwa 3,6 % der von der Berufsarbeit in der Industrie wirtschaftlich abhängigen Angehörigen sind diesen beiden Wirtschaftszweigen zuzurechnen. Demgegenüber betrug die Zahl der zur gleichen Zeit im Stein- und Braunkohlenbergbau tätigen Personen 752 000, entsprechend einem Anteil von 5,7 % an der industriellen Gesamtbelegschaft und 8,2 % der davon wirtschaftlich abhängigen Personen. Die entsprechenden Sätze für den Maschinenbau sind 6,3 % bzw. 6,3 %. Von den rund 4 Mill Einwohnern der Reichshauptstadt waren nach der Betriebszählung 1925 insgesamt 1 033 000 Personen in Industrie und Handwerk erwerbstätig. Davon in

Elektrotechnik einschl. Installation 186 302 oder 18,3 %
Elektrizitätswerken . . . . . 5 286 „ 0,5 %
übrigen Industrien . . . . . 840 000 „ 81,2 %.

Rund 19 % der Berliner Industriebelegschaft waren also in der Elektrizitätsbranche tätig. Damit ist Berlin nicht nur Deutschlands erster Platz auf elektrotechnischem Gebiet, sondern überhaupt die größte Zentrale der elektrotechnischen Produktion der Welt.

[1] Einschl. Handwerk, Installation und Reparaturwerkstätten.

Digitized by Google

Der Produktionswert der deutschen Elektroindustrie wurde für 1925 mit etwa 2,1 Mrd RM, für 1927 mit etwa 2,7 Mrd RM angenommen, was einer Zunahme um 28,6 % entspricht. Die elektrotechnische Industrie hatte demnach an der industriellen Gesamtproduktion des Jahres 1925, die mit etwa 23,5 Mrd RM berechnet worden ist, einen Anteil von rd. 9 %. Seither hat fraglos eine weitere Steigerung stattgefunden. Die amerikanische Elektroindustrie war im Jahre 1925 mit etwa 2,4 % an der industriellen Gesamtproduktion des Landes beteiligt. Vergleichsweise betrug der Produktionswert der deutschen Webereien 1925 etwa 3,7 Mrd RM, der der chemischen Industrie (ausschl. Düngemittelindustrien, Teer- und Mineralöldestillation) 2,4 Mrd RM und der des Maschinenbaues 2,9 Mrd RM.

Die Stromerzeugung hat seit 1925 wie folgt zugenommen:

1925	20,3	Mrd kWh
1926	21,2	„ „
1927	25,1	„ „
1928	28,0	„ „
1929	rd. 33,0	„ „ .

Das entspricht einer Steigerung um 62,5 % zwischen 1925 und 1929.

Für die Bewertung der Produktion elektrotechnischer Erzeugnisse liegen nur sehr vage Schätzungen vor, da eine Produktionsstatistik wenigstens in Deutschland z. Z. noch fehlt. Den Wert der elektrotechnischen Produktion in Deutschland, England und den V. S. Amerika für die Jahre 1913/25/27 zeigt folgendes Bild:

Länder	1913	1925	1927
	Mrd RM		
Deutschland	1,3	2,1	2,7
England	0,612	1,4	1,7
V.S. Amerika	1,4	6,5	6,9

Die Anwendung der Elektrizität im Verbrauch sowohl von Strom wie von Maschinen und Apparaten aller Art ergibt die folgende Darstellung: In der Industrie betrug der Anteil der Elektroantriebe an der Gesamtheit der industriellen Antriebe 1907 etwa 20 %, 1925 etwa 67 %. Die nachstehende Tafel gewährt eine Übersicht über den Stand der industriellen Elektrisierung in Deutschland, England und in den V. S. Amerika sowohl im ganzen wie für einige wichtige Industriezweige. Von den Kraftantrieben waren elektrisiert in[2]:

Industrien	Deutschland 1925	England 1924	V. S. Amerika 1925
	Prozent		
Alle Industrien zusammen	67	51	73
Eisen- und Stahlindustrie	74	42	72
Maschinenbau	93	91	100
Automobilindustrie	92	88	44
Textilindustrie	55	—	67
Papierindustrie	63	63	62
Chemische Industrie	72	52	63
Industrie d. Steine und Erden	57	—	81

Der industrielle Elektrisierungsgrad betrug in Kanada 1926 67 %, in Japan 88 % und in Polen 1925 27 %.

Im Verkehrswesen trägt die Elektrizität heute hauptsächlich den städtischen Massenverkehr, während ihr Anteil an der Bewältigung des Fernverkehrs bisher noch klein blieb. Einer rascheren Entwicklung auf diesem Gebiet stehen die gegenwärtig in Deutschland herrschenden Finanzierungschwierigkeiten im Wege. Der elektrische Ausbau der deutschen Bahnen[3] entwickelte sich seit 1925 (Jahresende) wie folgt:

1925	950 km
1926	1066 „
1927	1228 „
1928	1515 „
1929	1558 „

Das entspricht einer Steigerung um 64 % seit 1925 und für 1928 bzw. 1929 einem Anteil von 2,8 bzw. 2,9 % an der Gesamtstreckenlänge der Deutschen Reichsbahn. In Frankreich waren 1928 1250 km oder 2,3%, in Italien am 1. IV. 1930 1 626,1 km oder rd. 7 % des gesamten Eisenbahnnetzes elektrisiert. Für England und die V. S. Amerika liegen nur die Daten für 1927 mit 640 km oder 1,6 % bzw 2280 km oder 0,7 % vor.

Die landwirtschaftlichen Gebiete Deutschlands sind im Gegensatz zu manchen anderen Ländern, wie z. B. den V. S. Amerika, bereits ziemlich vollständig in das elektrische Versorgungsnetz mit einbezogen. Dagegen ist die Anwendung der Elektrizität in der deutschen Landwirtschaft noch nicht sehr weit vorgeschritten. Immerhin hatte sich dort, wo überhaupt der Kraftbetrieb eingeführt ist, der Elektroantrieb 1925 bereits bei über 90 % aller in der deutschen Landwirtschaft vorhandenen Motorenantriebe eingebürgert, was angesichts der zunehmenden Verschärfung der Landarbeiterfrage besonders wichtig ist. Der Anteil des landwirtschaftlichen Stromverbrauches am deutschen Gesamtverbrauch betrug 1925 3 % gegenüber einem Anteil von 80 %, den Industrie und gewerbliche Unternehmungen, und einem von 5 %, den die Bahnbetriebe in Anspruch nahmen.

Über den Elektrisierungsgrad der Haushaltungen in Deutschland liegen genaue Angaben nicht vor. Es wird aber angenommen, daß etwas mehr als die Hälfte der in den Städten vorhandenen Haushaltungen an die öffentliche Stromversorgung angeschlossen sind. So wurde für Berlin im Oktober 1928 ein Elektrisierungsatz von 56 % festgestellt gegen 27,8 % im Jahre 1925. In Königsberg i. Pr. war dieser Satz Mitte 1929 etwa 82 %, in Breslau 39 %. In den V. S. Amerika lebten 1925 etwa 56 %, 1927 rund 63 % der Bevölkerung in Wohnungen mit elektrischem Licht.

Die Entwicklung des Nachrichtenwesens zeigte auf dem Fernsprechgebiet folgende Zahlen:

	Sprechstellen
am 31. XII. 1924	2,385 Mill
„ 31. „ 1925	2,588 „
„ 31. „ 1926	2,688 „
„ 31. „ 1927	2,815 „
„ 31. „ 1928	2,950 „
„ 31. „ 1929	3,116 „
„ 31. III. 1930	3,135 „

Dies entspricht einer Steigerung um 31,4 % seit 1924. In Deutschland waren zuletzt ungefähr 40 ... 45 % der vorhandenen Sprechstellen automatisiert. In England belief sich die Zahl der Sprechstellen am 1. I. 1928 auf 1 630 000, in den V. S. Amerika auf 18 523 000. Die Zahl der Sprechstellen in Deutschland, England und den V. S. Amerika zeigte 1928 je 1 km² und 1000 Einwohner folgendes Bild:

Sprechstellen	Deutschland ohne Saargebiet	England ohne Irland	V.S. Amerika
je 1 km²	6,0	6,74	2,36
je 1000 Einw.	43,8	36,2	154,4

Die Zahl der Rundfunkhörer in Deutschland betrug am 1. IV. 1930 3,238 Millionen. Demgegenüber gab es in den V. S. Amerika 1928 etwa 11 Millionen, 1929 in England 2 614 000, in Polen 189 000 und in Italien 51 000 Rundfunkteilnehmer.

Auf je 1000 Einwohner entfielen anfangs 1929 in

Deutschland	41,7	Rundfunkhörer
Dänemark	72,4	„
Großbritannien	58,9	„
Polen	6,3	„
Italien	1,3	„ .

Die Übersicht über die Verwendung von Strom und elektrotechnischen Erzeugnissen in Deutschland ist durch die über den deutschen elektrotechnischen Außenhandel zu ergänzen. Die im Gange befindliche organisatorische und technische Zusammenschlußbewegung in der Elektrostromwirtschaft, die auf dem Wege einer räumlich möglichst ausgedehnten elektrischen Kupplung der einzelnen Versorgungssysteme die Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit der Energieversorgung erhöhen soll, hat bereits auch internationale Kupplungen über die Landesgrenzen hinaus geschaffen. Das Bild der weiteren Entwicklung wird dadurch beeinflußt. Am regsten ist der mit der Schweiz unterhaltene Stromaustausch, ein stärkeres Hervortreten Österreichs ist zu erwarten, elektrische Verbindungen mit Skandinavien werden geplant. Der Wert der internationalen Kupplungen wird für Deutschland in der durch den Stromaustausch ermöglichten rationelleren Gestaltung der Elektrizitätserzeugung und -verteilung liegen. Seit 1925 verlief die Entwicklung folgendermaßen:

Jahr	Einfuhr	Ausfuhr
	Mill kWh	
1925	307	79
1926	206	120
1927	265	176
1928	293	181

[1] Nach Angaben des BEAMA Publication Department, London 1929, S. 76.
[2] Geschäftsberichte der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

Digitized by Google

Deutschlands Außenhandel mit elektrotechnischen Erzeugnissen gestaltete sich seit 1913 wie folgt:

Jahr	Ausfuhr		Einfuhr	
	Wert Mill RM	Steigerung %	Wert Mill RM	Steigerung %
1913	330,6		14,4	
1925	366,5		22,4	
1926	406,2	10,8	23,0	2,7
1927	441,2	8,5	35,8	55,7
1928	536,1	21,5	49,2	37,4
1929	638,2	19,0	53,6	8,9
1930 (3 Monate)	163,9		12,1	

Mit einer Zunahme um 93 % von 1913 bis 1929 weist die elektrotechnische Ausfuhr einen höheren Steigungsatz als die deutsche Gesamtausfuhr auf, die in der gleichen Zeit von 10,1 auf 13,5 Mrd RM nur um 33,5 % gestiegen ist. Allerdings ist bei der Bewertung dieser Steigerungsfaktoren auf den Einfluß der Geldentwertung Rücksicht zu nehmen.

	1913	1929	Zunahme in %
Wertder deutschen Gesamtausfuhr Mrd RM	10,1	13,5	33,5
Wert der deutschen Elektroausfuhr Mill RM	330,6	638,2	93,0
Anteil der Elektroausfuhr an der Gesamtausfuhr %	3,3	4,7	42,0
Wert der deutschen Gesamteinfuhr Mrd RM	10,7	13,4	25,2
Wert der deutschen Elektroeinfuhr Mill RM	14,4	53,6	272,2
Anteil der Elektroeinfuhr an der Gesamteinfuhr %	1,3	4,0	20,8

Fast 80 % der deutschen elektrotechnischen Ausfuhr gehen in europäische Länder, unter denen die ost- und südosteuropäischen Staaten neuerdings eine steigende Aufnahmefähigkeit zeigten. Im einzelnen veränderten sich die prozentualen Anteile der wichtigsten Absatzgebiete an der deutschen elektrotechnischen Gesamtausfuhr gegenüber 1913 in folgender Weise:

Absatzgebiete	1913	1929	Änderung %
Rußland	11	4	—63,6
Großbritannien	10	7	—30,0
Frankreich	6	7	+16,7
Belgien	7	3	—57,1
Italien	6	6	
Argentinien	6	5	—16,6
Niederlande	5	11	+120
V. S. Amerika	3	2	—33,3
Polen	—	3	

Die prozentuale Beteiligung der wichtigsten Herkunftsländer an der deutschen elektrotechnischen Gesamteinfuhr zeigt seit der Vorkriegszeit folgende Veränderungen:

Herkunftsländer	1913	1929	Änderung %
Schweiz	27,0	9,3	— 65,6
Belgien	16,0	2,7	— 83,1
Großbritannien	15,0	6,0	— 60,0
V. S. Amerika	8,8	17,0	+ 93,2
Oesterreich	8,4	8,7	+ 3,6
Niederlande	6,3	28,9	+358,7
Italien	2,2	2,0	— 10,0

Deutschlands Anteil am Volumen des Welthandels in elektrotechnischen Erzeugnissen ist von 49 % im Jahre 1913 auf 34 % im Jahre 1929 zurückgegangen. Der Anteil Großbritanniens sank in dieser Zeit von 23 auf 21 %, der der V. S. Amerika stieg von 16 auf 33 %. Diese Zahlen kennzeichnen den schweren Stand des deutschen Wettbewerbes auch auf dem Gebiete der Elektrotechnik.

Zahlreiche Fälle, in denen die Elektrizitätsanwendung wichtige wirtschaftliche Wirkungen ausgelöst hat, sind einer zahlenmäßigen Beachtung hinsichtlich Richtung und Tempo der Entwicklung nicht oder nur schwer zugänglich. Es sei nur an die hygienischen Vorteile des elektrischen Betriebes auf allen möglichen Gebieten erinnert, die für die Volksgesundheit von größter Bedeutung sind.

Bereits jetzt hat die Elektrizität binnen weniger Jahrzehnte Arbeitsweise und Lebensformen verändert, sie hat neue materielle und kulturelle Massenbedürfnisse geschaffen und befriedigen gelehrt und eröffnet noch Entwicklungsaussichten von schwer absehbarer Tragweite. Von den zahlreichen ihrer Lösung harrenden Problemen sei hier nur eins hervorgehoben: In der Unabhängigkeit des Elektrizitätsverbrauches vom Orte der Erzeugung liegt die Tendenz, die Freiheit in der Standortswahl und damit die Dezentralisierung der Industrie zu begünstigen und so der entgegengesetzten, so verhängnisvollen Tendenz zur Zusammenballung der Bevölkerung und allen mit ihr zusammenhängenden sozialen Spannungen entgegenzuwirken. Die heilsamen Folgen sind nicht abzusehen. Gleiche und ähnliche Aussichten eröffnen sich dem bei der Wertung des bisher Erreichten in eine nahe und fernere Zukunft gerichteten Blick. Und so zeigt sich, daß wir trotz der Millionen- und Milliardenziffern, mit denen die vorstehende, des verfügbaren Raumes wegen nur allzu knappe und allzu unvollständige Darstellung sich zu befassen hatte, trotz der stürmischen Entwicklung in den 80 Jahren bewußter Anwendung der Elektrizität in der Auswertung dieser geheimnisvollen Energieform auch heute noch erst am Anfang stehen.

Die Mehrsprachen-Einrichtung der Berliner Weltkraftkonferenz.

Die Abwicklung internationaler Tagungen politischer oder wirtschaftlicher Art, wie sie gegenwärtig häufig stattfinden, wird durch die Tatsache, daß nicht alle Teilnehmer die gleiche Sprache sprechen und verstehen, in unangenehmer Weise erschwert und verzögert. Man half sich meistens dadurch, daß man nach dem Originalvortrag des Redners die Rede in einer oder mehreren Übersetzungen vorlesen ließ. Dadurch wurde das Fortschreiten der Vortragsfolge natürlich sehr verzögert, und diese Verzögerung bedingte weiterhin ein störendes Nachlassen der Aufmerksamkeit. Eine Diskussion war unter diesen Umständen nahezu unmöglich, und gerade dadurch wurde der Wert der Tagungen vielfach in Frage gestellt.

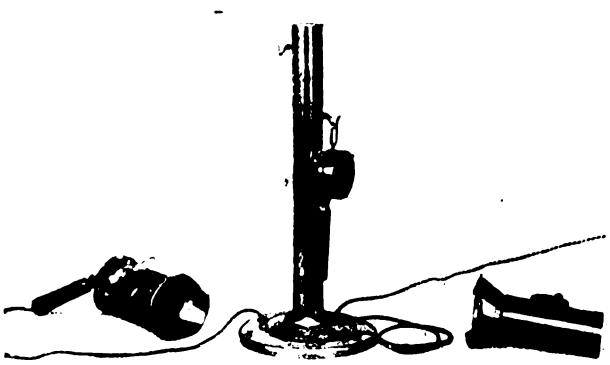


Abb. 2. Übersetzermikrophone.

Abb. 3. Übersetzerplätze.

Digitized by Google

Um diese Schwierigkeiten bei internationalen Konferenzen zu beseitigen, tauchte zum erstenmal vor 1½ Jahren bei den Tagungen des Völkerbundes in Genf der Gedanke auf, die Rede gleichzeitig in mehreren Sprachen zu verbreiten und sich dazu der neuesten Hilfsmittel der Verstärkertechnik zu bedienen. Man benutzte bei den Versuchen lediglich behelfsmäßige Einrichtungen und erzielte schon mit diesen gute Erfolge.

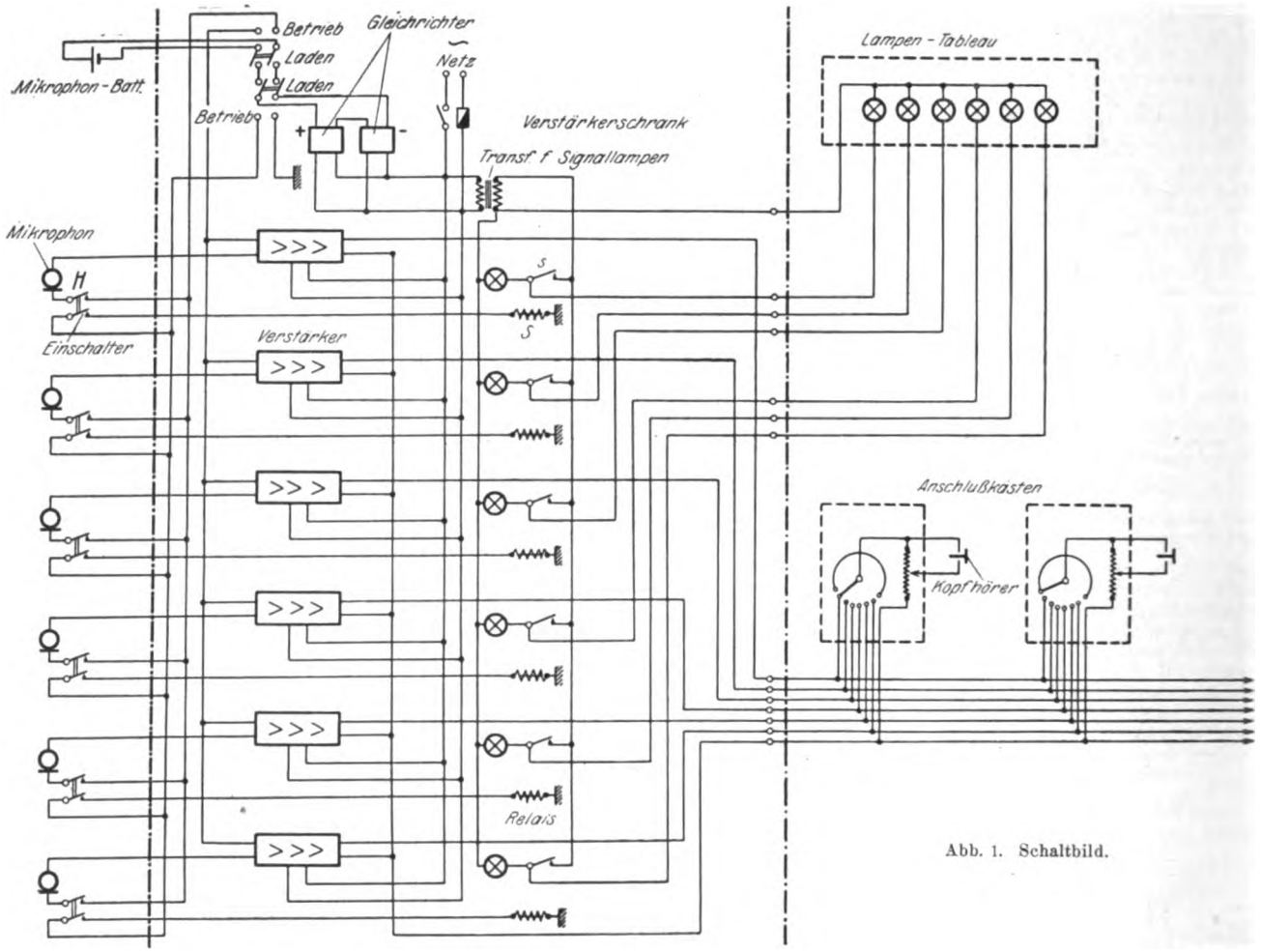


Abb. 1. Schaltbild.

Bei den Tagungen der Weltkraftkonferenz wird nun eine grundsätzlich ähnliche Anlage benutzt, deren Einzelteile jedoch besonders für diesen Zweck durchgebildet sind. Die Anlage wurde von der Siemens & Halske AG. erstellt, die damit den serienmäßigen Bau von Übersetzeranlagen (Mehrsprachen-Einrichtungen) aufnahm. In der serienmäßigen Ausführung vermögen diese Anlagen außer dem Originalvortrag des Redners noch fünf Übersetzungen an die Zuhörer zu verbreiten.

In diesem Umfange wird die Anlage, die im Sitzungssaal der Kroll-oper zu Berlin eingebaut ist, allerdings nicht ausgenutzt, da bei der Weltkraftkonferenz als offizielle Verhandlungssprachen nur deutsch, englisch und französisch zugelassen sind. Abb. 1 gibt die Grundform eines Schaltbildes der normalen Mehrsprachen-Einrichtung. Die gesamte Anlage besteht aus sechs Mikrophonen, deren Sprechströme über je einen Verstärker in das Leitungsnetz gelangen. In diesem sind Schaltkästen vorgesehen, mittels deren die Kopfhörer auf jede Leitung und damit auf jeden Verstärker und auf jedes Mikrophon zu schalten sind. Von den Mikrophonen dient eines als Rednermikrophon, es steht auf dem Rednerpult; die anderen sind Dolmetschermikrophone und befinden sich auf dem Arbeitstisch der Dolmetscher, die vor dem Rednerpult Platz nehmen. Die Dolmetscher sprechen die natürlich vorbereitete Übersetzung in ihr Mikrophon. Auf die Mikrophone wer-

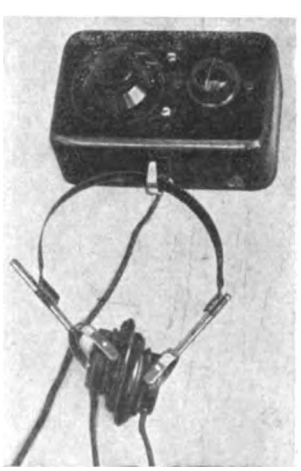


Abb. 4. Kopfhörer und Schaltkästchen der Zuhörer.

Abb. 5. Zuhörerplätze.

Digitized by Google

den besondere Mundstücke aus Weichgummi aufgesteckt, um gegenseitige Störungen und Störungen der Versammlung zu vermeiden. An jedem Arbeitsplatz sind zwei Mikrophone parallel geschaltet, damit sich zwei Dolmetscher pausenlos ablösen können.

Als Rednermikrophon ist ein Stabmikrophon von Siemens & Halske benutzt, das gute Aufnahme der Schallwellen auch dann gewährleistet, wenn der Redner nicht unmittelbar hineinspricht. Die Rednermikrophone sind Kohlenkörner-Mikrophone normaler Bauart, die zur Erleichterung der Benutzung mit einem Handgriff versehen sind. Sie hängen an Hakenumschaltern (Abb. 2 u. 3). Beim Abnehmen werden im Sitzungsaal und im Verstärkerraum Signallampen eingeschaltet, an deren Aufleuchten man erkennen kann, welche Übersetzungen gerade gesprochen werden, bzw. welcher Verstärker benötigt wird. Am Rednermikrophon befindet sich für den gleichen Zweck ein Kippschalter. Im Sitzungsaal stehen die Signallampen, die über einen Transformator vom Netz gespeist werden, hinter Glasplatten, so daß beim Aufleuchten der Name der Sprache bzw. ein den Redner darstellendes Symbol sichtbar wird. Die Verstärker sind zu sechs in einem Schrank vereinigt, von denen bei der Weltkraftkonferenz jeweils zwei in Reserve sind. Benutzt sind dreistufige Verstärker normaler Bauart für Netzanschluß. Ihre Leistung reicht für etwa 1000 Kopfhörer aus. Die Umschaltekästen an den Zuhörerplätzen (Abb. 4 u. 5) enthalten außer dem Umschalter für sechs Stellungen einen Lautstärkeregler. Die gesamte Montage der Anlage im Sitzungsaal der Krolloper erfordert etwa 6 km Doppelleitung.

W. Jaekel.

Die erste internationale Elektrizitätsstatistik.

Von **Norberg Schulz**, Oslo.

Übersicht. Die Ergebnisse der ersten internationalen Statistik der Elektrizitätsversorgung werden besprochen und kurz mit früheren wirtschaftlichen Erfahrungen verglichen.

Bei der Sitzung der Conference Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension in Paris 1925 habe ich einen Vorschlag für die Errichtung einer gleichartigen Statistik der Elektrizitätsversorgung verschiedener Länder vorgelegt. Er wurde als Dokument Nr. 88 für 1925 gedruckt. Ich habe darin die rasche Entwicklung der Elektrizitätsversorgung hervorgehoben und gleichzeitig auf die noch spärlichen und ungleichartigen statistischen Angaben, die es damals gab, hingewiesen. In meinem Vorschlag wurde empfohlen:

1. Die Conference Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension entwirft ein Muster für eine gleichartige Statistik, der sämtliche der Konferenz angeschlossenen Länder in möglichster Ausdehnung beitreten.
2. Zu diesem Zweck wird ein internationales Komitee mit dem Auftrag errichtet, die Grundlage einer solchen Statistik vorzulegen.

Der Vorschlag wurde angenommen, und die Konferenz beschloß:

a) Ein Muster für eine internationale Statistik zu liefern, wobei versucht werden sollte, eine gleichartige Grundlage für diese in bezug auf Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Arbeit zu schaffen und nachher die Ergebnisse vom wirtschaftlichen Gesichtspunkte aus zu analysieren und zu vergleichen.
b) Die Führung der Konferenz zu überlassen und zu dem genannten Zweck ein internationales Komitee unter meinem Vorsitz zu bilden.

Dieses wurde errichtet und ein Vorschlag für das Muster bei der 1927 abgehaltenen Sitzung in Paris als Dokument Nr. 60 für 1927 vorgelegt. Das Muster besteht aus 4 Tabellen, in welchen die nach Auffassung des Komitees wünschenswerten statistischen Angaben zusammengefaßt waren, u. zw. in

Tabelle 1: Zugängliche Energiequellen — Wasserkraft, Kohle, Öl, Holz und Torf.

Tabelle 2: Ausgeführte elektrische Kraftanlagen — Wärmekraft und Wasserkraft — mit Angaben über die Anzahl der installierten Generatoren, ihre Leistung usw.

Tabelle 3: Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit mit Angaben über die gesamte Höchstbelastung, die erzeugten und gelieferten, die ausgeführten und eingeführten Kilowattstunden usw.

Tabelle 4: Insgesamt investierte Kapitalien, die gesamten Einnahmen und Ausgaben usw.

Tabelle 1 soll eine Übersicht über die vorhandenen natürlichen Energiequellen der einzelnen Länder bieten. Die Art und Leistungsfähigkeit soll für Wasserkraft in kW und kWh/Jahr, für Kohle, Öl, Holz und Torf sollen die geschätzten vorhandenen Vorräte in t und der angenommene mittlere Wärmeinhalt in kcal angegeben werden.

Tabelle 2 soll Angaben über die Zahl der Anlagen, die insgesamt installierte Generatorenleistung in kW sowohl für Wärmekraft- wie für Wasserkraftwerke enthalten und für Wasserkraftanlagen auch, wo es möglich ist, die Leistungsfähigkeit für 12-, 9- und 6monatigen Betrieb mit voller Belastung. Es wird auch gewünscht, daß für Wasserkräfte mitgeteilt werde, welche Energiemengen für kürzere Zeiträume als 6 Monate zur Verfügung stehen und welche Sammelbecken (in m^3 Voluminhalt) für den Ausgleich der Wasserführungen zwischen verschiedenen Wasserläufen angeordnet sind.

Tabelle 3 bringt Angaben über die Gesamtsumme der Höchstbelastungen der Kraftanlagen in kW und die jährliche Stromerzeugung in kWh für sämtliche Kraftanlagen; besondere Gesamtangaben für die Wärmekraft- und die Wasserkraftanlagen werden gewünscht. Für erstere soll auch der Verbrauch von Kohlen oder Öl in t mitgeteilt werden. Ferner enthält diese Tabelle Zahlen über eingeführte und ausgeführte elektrische Arbeit in kW und kWh nebst Angaben über den Verbrauch von Elektrizität in kW und kWh für die allgemeine Elektrizitätsversorgung des Landes, d. h. über den Gesamtverbrauch der Stromabnehmer, die an die Elektrizitätsverteilungsanlagen angeschlossen sind.

In der Tabelle 4 sollen die in der Elektrizitätsversorgung angelegten Gesamtkapitalien, getrennt nach Wasser- und Wärmekraftwerken, genannt werden und weiter die jährlichen Gesamteinnahmen und -ausgaben, spezifiziert für gekauften Strom, Verwaltung, Betriebspersonal, Brennstoff, Unterhaltung, Zinsen und Abschreibungen. Sodann sind die Baukosten der Übertragungsanlagen nebst Unterstationen und der Stromverteilungsanlagen für sich aufzuführen, um eine vollständige Übersicht über die Kapitalverwendung bis zum Abnehmer erhalten zu können.

Die erzeugte Arbeitsmenge soll nur einmal angegeben werden, u. zw. diejenige, welche den Stromverbrauchern direkt geliefert wird.

Die Tabellen 2, 3 und 4 haben alle drei Unterabteilungen, d. h. die verschiedenen Zahlen der Statistik sollen für drei verschiedene Verwendungszwecke der Elektrizität genannt werden, u. zw. für:

1. die Verwendung zur allgemeinen Elektrizitätsversorgung. In dieser ist der Verbrauch für Licht, Kochen, Heizen, kleine Industrien usw. einbegriffen, der aus den gewöhnlichen Verteilungsanlagen gedeckt wird;
2. die Verwendung zu großindustriellen Zwecken, z. B. für elektrochemische und elektrothermische Großindustrien;
3. die Verwendung für den elektrischen Bahnbetrieb.

Wo eine größere Kraftanlage für mehrere Zwecke ausgenutzt wird, muß die Leistungsfähigkeit entsprechend verteilt werden, um den Anteil der allgemeinen Elektrizitätsversorgung erkennen zu können.

Die meisten Länder haben sich bis jetzt nur in sehr geringem Maß darauf eingerichtet, diese und ähnliche Angaben zu machen; es darf jedoch angenommen werden, daß die Auffassung sich mit der Zeit ändert und Angaben dieser Art als zweckmäßig betrachtet werden.

Digitized by Google

Zu dem oben kurz skizzierten Entwurf für das Muster wurde vom Komitee 1927 in Paris beschlossen:

1. Das Muster den an der Konferenz teilnehmenden 28 Ländern zuzuschicken.
2. Diese aufzufordern, die Tabellen auszufüllen und dabei Änderungen oder Ergänzungen vorzuschlagen.
3. Die einzelnen Teilnehmer der Konferenz aufzufordern, ihre Anschauungen dem Komitee entweder direkt oder durch Institutionen, die sich mit dieser Frage beschäftigen, mitzuteilen.
4. Der Konferenz im Jahr 1929 eine möglichst vollständige Statistik vorzulegen und dabei über die Ergebnisse der Rundfragen 1 bis 3 zu berichten.

Es zeigte sich nun sofort, daß nur einzelne Länder darauf vorbereitet waren, die gewünschten Angaben liefern zu können, weil das statistische Material über die Elektrizitätsversorgung meistens sehr mangelhaft war und es längerer Zeit bedurfte, um die nötigen Untersuchungen durchzuführen. Nur 7 Länder haben die Tabellen vollständig oder wenigstens teilweise ausgefüllt. Die Ergebnisse sind deshalb vorläufig nicht glänzend, doch ist dadurch festgelegt, daß die Möglichkeit besteht, eine erweiterte statistische Wirksamkeit in den verschiedenen Ländern zu fördern, wenn man nur über die Ziele dieser Bestrebungen einig wird. Das scheint aber recht schwierig zu sein, u. zw. wesentlich deswegen, weil man die wirtschaftlichen Angaben schwer erhält, trotzdem diese für die weitere Entwicklung der Elektrizitätsverwertung und -versorgung wohl am wichtigsten sind.

In dem Bericht des Komitees — abgegeben als Dokument Nr. 2 der Konferenz für 1929 — finden sich einige Schlußfolgerungen aus der ersten Statistik; Zahlentafel 1 gibt sie wieder. Man sieht, daß in der Schweiz beinahe die ganze Bevölkerung mit elektrischem Strom versorgt wird, während in Japan nur etwa 20% an die Verteilungsnetze angeschlossen sind. Norwegen besitzt wesentlich mehr Wasserkraft je Einwohner wie die anderen an der Statistik beteiligten Länder. Seine Kohlenvorräte sind auch sehr bedeutend, was ausschließlich denen von Svalbard zuzuschreiben ist. Der Verbrauch an Kohlen überwiegt in England mit 4,4 t je Einwohner und Jahr; am niedrigsten steht hier Dänemark mit 1 t. In Norwegen beträgt die gesamte installierte Generatorenleistung 0,518 kW je Einwohner, dann kommen die Schweiz mit 0,336 und Kanada mit 0,306 kW. In der Schweiz

Zahlentafel 1.

Land	Jahr	1 Von den Einwohnern sind versorgt bzw. können an die Verteilungsnetze angeschlossen werden %	2 Vorhandene Energiequellen je Einwohner des Landes: Wasserkraft (12 monatige) kW	3 Kohlenmengen (geschätzte) t	4 Ölmengen (geschätzte) t	5 Gesamtkohlenverbrauch je Einwohner u. Jahr t	6 Gesamtölverbrauch je Einwohner u. Jahr t	7 Installierte Stromerzeugerleistung je Einwohner kW: Wärmekraftanlagen	8 Wasserkraftanlagen	9 Spalte 8 in % der Spalte 2 %	10 Gesamtstromerzeugung je Einwohner u. Jahr kWh	11 Jährlicher Belastungsfaktor B_a: Wärmekraftanlagen	12 Wasserkraftanlagen	13 Durchschnittl. Kohlenverbrauch je erzeugte kWh kg	14 In den Kraftanlagen je kW Höchstbelastung investiertes Kapital RM: Wärmekraftanlagen	15 Wasserkraftanlagen	16 Baukosten der gesamten Verteilungsanlagen je kW Höchstbelastung RM	17 Jährliche Einnahmen je kW Höchstbelastung RM	18 Jährliche Ausgaben je kW Höchstbelastung RM
Kanada	1926	59	1,6	—	—	3,1	0,117	—	0,306	19,2	1120	—	—	—	—	—	—	—	—
Dänemark	1926/27	—	—	—	—	1,0	0,035	0,036	—	—	90	—	—	—	—	—	—	—	—
Niederlande	1926	80	—	460	—	1,67	—	0,087	—	—	160	0,36	—	0,73	530	—	1160	375	190
Norwegen	1927	70	3,35	2900	—	1,08	0,072	0,018	0,500	15,2	2900	—	0,65	—	—	905	1170	234	253
England	1925	74	0,12	3400	—	4,4	0,038	0,099	—	—	150	0,295	—	1,06	755	—	970	320	194
Schweiz	1927	99	0,46	—	—	—	—	0,016	0,320	69	680	—	0,61	—	1490	910	690	—	—
Japan	1927	19	0,09	—	—	0,55	—	0,017	0,037	41	190	0,36	0,74	0,9	1200	1380	1400	470	280

Zahlentafel 2.

Land	Jahr	1 Summe der Höchstbelastungen kW: Insgesamt	2 Für allgemeine Zwecke allein	3 Höchstbelastung je Einwohner des Landes kW: Insgesamt	4 Für allgemeine Zwecke allein	5 Höchstbelastung je versorgter Einwohner kW: Insgesamt	6 Für allgemeine Zwecke allein	7 Jährliche Stromerzeugung Mill kWh: Insgesamt	8 Für allgemeine Zwecke allein	9 Jährliche Stromerzeugung je Einwohner des Landes kWh: Insgesamt	10 Für allgemeine Zwecke allein	11 Jährliche Stromversorgung je versorgter Einwohner kWh: Insgesamt	12 Für allgemeine Zwecke allein	13 In den elektrischen Gesamtanlagen investiertes Kapital Mill RM: Insgesamt	14 Für allgemeine Zwecke allein	15 In den Verteilungsanlagen allein investiertes Kapital Mill RM: Insgesamt	16 In % der Spalten 13 und 14	17 Jährliche Einnahmen Mill RM	18 Jährliche Einnahmen je gelieferte kWh RM	19 Jährliche Einnahmen je Einwohner des Landes RM	20 Jährliche Einnahmen je versorgter Einwohner RM	21 Jährliche Einnahmen je 1000 RM Anlagekapital RM	22 Jährliche Einnahmen je kW Höchstbelastung RM	23 Nach Spalte 13 und 14 investiertes Kapital je kW Höchstbelastung RM	24 Nach Spalte 13 und 14 investiertes Kapital je 1000 kWh gelieferte kWh	25 Durchschnittlicher Jahresbelastungsfaktor B_a
Kanada	1926	[2 300 000]		[0,242]	—	—	—	10 592	—	1120	—	1880	—	3150	—	1060	33,6	370	0,0358	39,3	66	117	[161]	[1370]	296	[0,53]
England	1925	2 560 000	—	0,0585	—	0,079	—	6 618	—	150	—	204	—	4440	—	2500	56	815	0,123	18,6	25	184	318	1730	670	0,295
Niederlande	1926	—	368 000	—	0,049	—	0,061	—	1193	—	160	—	200	—	—	420	69	134	0,112	17,9	22,4	220	365	1650	535	0,372
Japan	1927	1 816 000	—	0,0325	—	0,170	—	10 558	—	190	—	980	—	4900	—	2500	51	850	0,08	15	79	172	470	2700	470	0,66
Norwegen	1927	1 420 000	400 000	0,51	0,143	0,74	0,206	8 040	2000	2900	715	4150	1020	1190	830	465	56	92,5	0,046	33	48	112	230	2080	415	0,572
Schweiz	1927	—	621 000	—	0,16	—	0,16	3 595	3180	910	810	925	820	—	990	428	43	—	—	—	—	—	—	1590	310	0,58

Digitized by Google

sind schon etwa 69 % der vorhandenen Wasserkräfte ausgenutzt, während in Norwegen noch etwa 85 % der Verwertung harren. Die Stromerzeugung je Einwohner und Jahr ist hier wegen der verhältnismäßig ausgedehnten großindustriellen Betriebe wesentlich größer als in den anderen Ländern. Der Jahresbelastungsfaktor (B_a) stellt sich bei Wasserkraftanlagen erheblich höher als bei den Wärmekraftbetrieben. Während er bei ersteren im Durchschnitt etwa 0,68 war, erreichten die Wärmekraftanlagen im Mittel nur etwa 0,31. Diese Zahlen sind sehr wichtig, weil die neuere Entwicklung des Baues und Betriebes von Wärmekraftwerken wahrscheinlich mit der Zeit zu einer besseren Ausnutzung der Kraft- und Verteilungsanlagen durch Erhöhung des Jahresbelastungsfaktors führen muß. Je erzeugte Kilowattstunde wurden durchschnittlich etwa 0,9 kg Kohle verbraucht. Es ist zu erwarten, daß dieser Betrag künftig geringer werden wird, weil die Nutzeffekte der Wärmekraftanlagen immer mehr verbessert werden; die in Zahlentafel 1 berücksichtigten Anlagen sind ja zum wesentlichsten Teil ältere und dazu auch kleinere Werke mit natürlicherweise höherem Kohlenverbrauch.

Die in der Elektrizitätserzeugung bzw. -versorgung angelegten Kapitalien je Kilowatt Höchstbelastung sind in den Spalten 14 ... 16 genannt. Als Durchschnittszahl für sämtliche Länder ergeben sich Gesamtausgaben je Kilowatt Höchstbelastung für die ganze Elektrizitätserzeugung einschl. der für großindustrielle Zwecke etwa 680 RM. Die Stromverteilung für die allgemeine Elektrizitätsversorgung kostete durchschnittlich etwa 950 RM/kW Höchstbelastung. Die Wärmekraftanlagen allein erforderten etwa 730 RM, die Wasserkraftwerke etwa 890 RM je kW Höchstbelastung der allgemeinen Elektrizitätsversorgung ausschl. der großindustriellen Betriebe. Dabei ist zu bemerken, daß die Wasserkraftanlagen die nur für letztere verwendet werden, gewöhnlich wesentlich billiger sind. So kosten beispielsweise in Norwegen durchschnittlich sämtliche Wasserkraftanlagen etwa 500 RM/kW, während der Teil davon, der für allgemeine Zwecke und Elektrizitätsverteilung verwendet wird, etwa 900 RM/kW beansprucht. Die Stromverteilung allein kostet, wie erwähnt, durchschnittlich etwa 950 RM/kW Höchstbelastung. In Norwegen sind die Verteilungskosten größer — etwa 1160 RM/kW —, wahrscheinlich wegen der Ausdehnung des Landes und der zerstreuten Bevölkerung. Nach den Spalten 17 und 18 erhält man im Mittel für alle Länder eine jährliche Einnahme aus der allgemeinen Elektrizitätsversorgung von 308 RM/kW Höchstbelastung. Die jährlichen Ausgaben betrugen etwa 196 RM. Es zeigt sich, daß ganz gute Überschüsse aus der Elektrizitätsversorgung erzielt worden sind, wenn man von Norwegen absieht, wo infolge niedriger Strompreise (vgl. Spalte 17) und kostspieliger Verteilung ein Verlust zu verzeichnen ist.

In Zahlentafel 2 habe ich eine Reihe von Werten angegeben, die aus der vorliegenden internationalen Statistik direkt herausgezogen sind. Spalte 1 zeigt die Summe sämtlicher Höchstbelastungen. Für Kanada ist nur die Stromerzeugerleistung sämtlicher Kraftanlagen in kW — einschl. Reserven — angegeben. Rechnet man schätzungsweise mit 20 % dieser Leistung als Reserve und setzt man weiterhin voraus, daß die 80 % vollbelastet sind, so läßt sich die Gesamthöchstbelastung in Kanada annähernd auf etwa 2,3 Mill kW schätzen. Diese Zahl und die aus ihr abgeleiteten sind in der Zahlentafel 2 eingeklammert worden. Es scheint, daß die Schätzung nicht sehr weit von der Wirklichkeit abweicht[1].

Für Kanada, England und Japan ist die Summe der installierten bzw. benutzten Kilowatt genannt, also einschl. der Leistung für großindustrielle und bürgerliche Zwecke. Nach den übrigen Angaben scheint es berechtigt, zu schließen, daß der wesentlichste Teil der Stromerzeugung in England und Japan für die allgemeine Elektrizitätsversorgung (bürgerliche Zwecke) verwendet wird; ich habe dies jedenfalls vorausgesetzt. Dagegen scheint es zweifellos, daß in Kanada ein erheblicher Teil der Erzeugung großindustriellen Zwecken dient. Die Niederlande, Schweiz und Norwegen haben dagegen angeführt, welcher Teil der Generatorenleistung auf die allgemeine Elektrizitätsversorgung entfällt.

In den Spalten 3 ... 6 ist die Gesamthöchstbelastung je Einwohner angegeben, d. h. die Summe der Höchstbelastungen nach den Spalten 1 und 2 der Zahlentafel 2 dividiert durch die Zahl der Einwohner (Sp. 3 und 4) bzw. die Zahl der mit Elektrizität versorgten Bewohner (Sp. 5 und 6). Die höchste Stromerzeugungsleistung je Einwohner weisen Norwegen, Kanada und die Schweiz auf.

[1] Vgl. die Angaben des Komitees über den Belastungsfaktor in verschiedenen Ländern im Jahr 1924/25. ETZ 1929, S. 491.

Die Gesamtenergiegewinnung ist in den Spalten 7 und 8 und die Produktion je Einwohner in den Spalten 9 und 10 verzeichnet. Da dabei die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung natürlich eine wesentliche Rolle spielt, beziehen sich die Werte der Spalten 11 und 12 auf den Jahresverbrauch (kWh) je angeschlossenen Einwohner. Es ist natürlich, daß die Länder, in denen Elektrizität in erster Linie für Beleuchtung und kleinindustrielle Zwecke benutzt wird, wie England, die Niederlande und Japan, einen geringeren Verbrauch je Einwohner zeigen.

Die in den Spalten 13 und 14 genannten Kapitalien schließen sämtliche Baukosten bis zu den Stromverbrauchern ein, also sowohl die der Kraftanlagen wie die Kosten der Übertragung mit Unterstationen und die der Stromverteilungsanlagen. Die Kosten der Stromverteilung finden sich in den Spalten 15 und 16; aus letzteren ersieht man, daß etwa 55 % der Kapitalien in den Verteilungsanlagen investiert sind, wenn man nicht mit Kanada rechnet, wo die Stromverteilung nur etwa 33,6 % kostet. Dies scheint indessen erklärlich, wenn man voraussetzt, daß dort ein wesentlicher Teil der Erzeugerleistung für großindustrielle Zwecke verwendet wird.

Spalte 17 gibt die jährlichen Gesamteinnahmen wieder. Sie sind in den Spalten 18 ... 21 verteilt, u. zw. auf jede gelieferte Kilowattstunde (Sp. 18), auf jeden Einwohner des Landes (Sp. 19), auf jeden versorgten Einwohner (Sp. 20), auf jede 1000 RM Anlagekapital nach den Spalten 13 und 14 (Sp. 21) und zuletzt auf jedes Kilowatt der Gesamthöchstbelastung (Sp. 22).

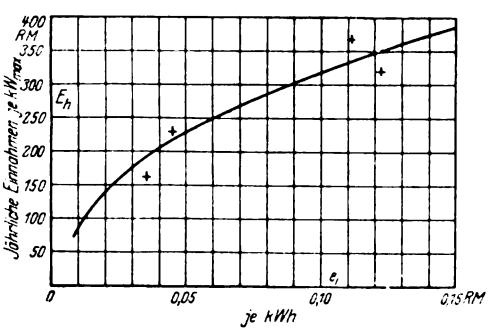


Abb. 1. Jährliche Einnahmen je kW Höchstbelastung als Funktion des Durchschnittspreises der Kilowattstunde.

In den Spalten 23 und 24 findet man die Kapitalien nach den Spalten 13 und 14 verteilt auf das Kilowatt Höchstbelastung (Sp. 23) und auf jede gelieferten 1000 kW (Sp. 24). Die Zahlen sind ziemlich verschieden, geben jedoch einen ganz bemerkenswerten Überblick über die Betriebsverhältnisse, wenn man beispielsweise die Spalten 18 und 24 miteinander vergleicht. Es ist auch ganz interessant, die Spalten 24 und 25 zusammenzuhalten. Die Stromlieferungsanlagen kosten wesentlich mehr je gelieferte Kilowattstunde in England und den Niederlanden, wo der Belastungsfaktor ziemlich niedrig ist, als in den Ländern mit einem höheren Belastungsfaktor.

Mit dieser internationalen Statistik ist natürlich nur ein erster Versuch gemacht. Nicht nur war die Beteiligung verhältnismäßig gering, die Angaben selbst müssen auch als Versuchsergebnisse betrachtet werden, die sich mit der Zeit auf eine mehr gleichartige Grundlage werden bringen lassen, wenn man die Frage überhaupt weiter verfolgen will und die nötige Arbeit darauf verwenden kann.

Auf Grund der beiden Zahlentafeln habe ich versucht, einige Schlußfolgerungen zu ziehen, u. zw. bezüglich der Einwirkung der Elektrizitätspreise auf die Gesamteinnahmen und die Größe des Elektrizitätsverbrauchs. Mit anderen Worten, es wurde untersucht, ob die oben skizzierten Ergebnisse die früher von mir nachgewiesene Abbelastung von dem Durchschnittspreis je Kilowattstunde belastung von dem Durchschnittspreis je Kilowattstunde (die Charakteristik) bzw. die Abhängigkeit der durchschnittlichen Höchstbelastung je Einwohner von demselben Durchschnittspreis (die Verbrauchskurve) gewissermaßen bestätigen oder nicht. Früher wurden diese Untersuchungen mit den Betriebszahlen einzelner Werke ausgeführt, jetzt besitzt man also einige Durchschnittswerte für die ganze Elektrizitätsversorgung einiger Länder.

Digitized by Google

In Abb. 1 sind die jährlichen Einnahmen je Kilowatt Höchstbelastung als Funktion des Durchschnittspreises der Kilowattstunde eingezeichnet (vgl. Zahlentafel 2, Sp. 18 u. 22).

Es muß sofort bemerkt werden, daß die Zahl E_h für Kanada etwas unsicher ist und die Angaben für Japan nicht berücksichtigt wurden. In dem Dokument der Konferenz Nr. 2 für 1929 sind die Kostenangaben für Japan in Papierfranken genannt, während Goldfranken vorgeschrieben waren. Dies ist 1929 vom Elektrizitätsbüro der japanischen Kommunikationsverwaltung berichtigt worden, und die richtigen Zahlen habe ich in die Zahlentafeln 1 und 2 übernommen. Trotzdem scheinen die Betriebsverhältnisse der Elektrizitätsversorgung Japans so von denen in den anderen Ländern abzuweichen (vgl. Zahlentafel 1, Sp. 1; Zahlentafel 2, Sp. 14, 15, 18 usw.), daß die Zahlen schwer zu vergleichen sind.

Die in Abb. 1 gezogene Linie entspricht der Gleichung

$$E_h = 1000\, e_i^{0,5}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

In Abb. 2 ist diese Charakteristik eingezeichnet (Nr. 3), und nebenbei sind einige früher gefundene Charakteristiken und die zwei Grenzlinien angegeben, zwischen denen

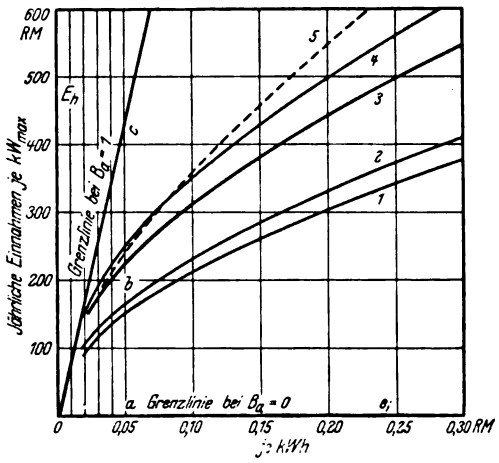


Abb. 2. Charakteristiken norwegischer Elektrizitätswerke.

sich die Charakteristiken bewegen müssen. Die obere Grenzlinie entspricht den Einnahmen je Kilowatt Höchstbelastung, wenn der Jahresbelastungsfaktor $B_a = 1$ ist. Bei sehr niedrigen Preisen, bei denen man voraussetzen kann, daß die höchstmögliche Stromerzeugung ausgenutzt, d. h. eine jährliche Benutzungsdauer von 8760 h erreicht wird, muß die Charakteristik mit der oberen Grenzlinie zusammenfallen, später aber nach unten abbiegen, u. zw. so viel, daß die Ordinate a—b der durchschnittlichen Benutzungsdauer der Höchstbelastung des betreffenden Werks entspricht.

Für sämtliche Charakteristiken hat man nämlich E_h/e_i = jährliche Benutzungdauer der Höchstbelastung, und infolgedessen wird

$$B_a = \frac{\text{Linie } a\text{—}b}{\text{Linie } a\text{—}c}.$$

In der allgemeinen empirischen Charakteristik

$$E_h = a\, e_i^{\alpha} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

wird also für die obere Grenzlinie $E_h = 8760\, e_i^1$ und für die untere Grenzlinie (die Abszissenachse) $E_h = 0 \,.\, e_i^0$.

Die Werte der Größe a sollten sich also zwischen 0 und 8760 bewegen und die der Größe α zwischen 0 und 1 liegen. Die in Abb. 2 eingezeichneten Charakteristiken sind die folgenden.

Nr. 1 ist eine angenäherte Mittellinie für norwegische Elektrizitätswerke[1] im Jahre 1913 und entspricht der Gleichung

$$E_h = 670\, e_i^{0,5}.$$

Nr. 2 ist eine Mittellinie für Oslo E. V.[1] im Jahr 1914 und entspricht der Gleichung

$$E_h = 745\, e_i^{0,5}.$$

Nr. 4 und 5 sind zwei Mittellinien für 6 norwegische Werke im Jahr 1926 und entsprechen den Gleichungen

$$E_h = 1130\, e_i^{0,5} \text{ oder auch } E_h = 1450\, e_i^{0,6}.$$

Ich habe früher Mittelcharakteristiken für deutsche Werke aus der Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke bestimmt[2] und dabei Werte von $\alpha = 0{,}75$ benutzt, um eine annähernde empirische Gleichung aufstellen zu können. Es ist ganz natürlich, daß die Werte von a in Gl. 2 mit der Zeit wegen der Vergrößerung des Versorgungsgebiets und der Vermehrung der Verwendungszwecke elektrischer Arbeit zunehmen müssen. Steigende Werte von α sollten wohl auch mit Vorteil benutzt werden können.

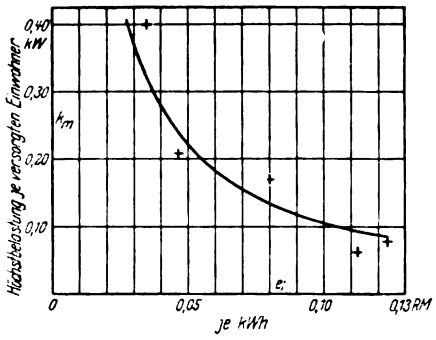


Abb. 3. Verbrauchskurve.

Als Ergebnis der jetzt vorliegenden neuen Angaben darf man wohl sagen, daß die damit gewonnenen wirtschaftlichen Zahlen ganz gut mit den früheren Untersuchungen übereinstimmen. Bis zu welchem Grade die empirischen Mittellinien mit den tatsächlichen Ergebnissen der Werke stimmen oder — man kann auch sagen — nicht stimmen, läßt sich aus Abb. 1 beurteilen (vgl. auch Abb. 3).

Nach den Zahlen der Zahlentafel 2, Sp. 5, 6 und 18 kann man eine Verbrauchskurve konstruieren (Abb. 3). Die ausgezogene Linie entspricht der Gleichung

$$k_m = 0{,}011\, e_i^{-1}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Für die Verbrauchskurve habe ich früher die folgende empirische Gleichung aufgestellt[3]

$$k_m = b\, e_i^{\beta} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

und nachgewiesen, daß die Größe b mit der Zeit, d. h. mit der Sättigung des Versorgungsgebiets steigen muß[4]. Der Wert von b in der Gl. 3 stimmt jedoch sehr gut sowohl mit den Ergebnissen der Untersuchungen von 1926, betreffend 6 größere norwegische Werke, wie mit denen der Statistik der Vereinigung norwegischer Elektrizitätswerke, wo beziehungsweise $b = 0{,}01$ und 0,009 gefunden wurde[5]. Frühere Untersuchungen haben, wie zu erwarten war, kleinere Werte von b erwiesen[3].

[1] Vgl. ETZ 1916, S. 401.
[2] Vgl. ETZ 1918, S. 401.
[3] Vgl. ETZ 1916, S. 401.
[4] Vgl. ETZ 1917, S. 138; 1918, S. 402.
[5] Vgl. ETZ 1929, S. 492.

Digitized by Google

Zur IEC-Tagung in Skandinavien 1930.

Vom 27. Juni bis 9. Juli 1930 findet in Skandinavien die 7. Volltagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) statt; die letzte Tagung war 1927 in Bellagio (Italien).

Infolge der immer enger werdenden Verknüpfung der wirtschaftlichen Verhältnisse in den einzelnen Ländern und der fortschreitenden Entwicklung der Verkehrs- und Nachrichtenmittel ist auch das Bedürfnis nach internationaler Zusammenarbeit und Verständigung auf nationalwirtschaftlichem Gebiet stark gewachsen, was schon die große Zahl der Nationen, die an den IEC-Arbeiten beteiligt sind, zeigt.

Deutschland arbeitet an internationalen Vereinbarungen auf dem Gebiete der Elektrotechnik in steigendem Maße mit. So ist Deutschland bei den kommenden Internationalen Verhandlungen der IEC, die in den Hauptstädten der drei skandinavischen Königreiche stattfinden (die Arbeitstagung wird in Stockholm abgehalten), nicht nur in bedeutendem Ausmaß an den Arbeiten fast sämtlicher Fachgruppen beteiligt, sondern es führt auch seit längerer Zeit das Sekretariat für die Fachgruppe „Elektrische Meßinstrumente". Der Sachbearbeiter hierfür ist Herr Regierungsrat Dr. Schmidt von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin-Charlottenburg. Außerdem hat Deutschland bei der kommenden Tagung in Stockholm den Vorsitz in verschiedenen Fachgruppen, und zwar hat der Vorsitzende des Deutschen Kommittees der IEC, Herr Präsident a. D Geheimrat Prof. Dr. Karl Strecker, den Vorsitz in der Fachgruppe „Klemmenbezeichnungen", Herr Dr. Apt den Vorsitz in der Fachgruppe „Aluminium"; außerdem wurde Herrn Geheimrat Prof. Josse von der Technischen Hochschule Berlin der Vorsitz in der Fachgruppe „Dampfturbinen" angeboten.

Diese rege Beteiligung Deutschlands stellt einen Fortschritt der Entwicklung der internationalen Zusammenarbeit dar.

Anläßlich der Tagung in Skandinavien werden auch eine Reihe der bedeutenden Elektro-Industriewerke in Norwegen und Schweden besucht. Es dürfte daher von Wert sein, aus den nachstehenden Berichten einiges über die nordischen elektrotechnischen Anlagen zu erfahren.

Die Schriftleitung.

Die Wasserkräfte Schwedens und deren Ausnutzung.

Von Oberdirektor **W. Borgquist**, Stockholm.

Volkswirtschaftliches.

Die Landwirtschaft ist jahrhundertelang der wichtigste Zweig der schwedischen Volkswirtschaft gewesen, und noch heute spielt sie die größte Rolle für das Erwerbsleben des Landes. Aber neben der Landwirtschaft hat die Industrie schon frühzeitig angefangen, Bedeutung zu erlangen. Die industrielle Entwicklung, die hauptsächlich durch die Ausnutzung der reichen und vorzüglichen Erzlager eingeleitet wurde, nahm allmählich größeren Umfang an. Mit der Zeit wurde das Holz, das Schweden in großen Mengen aus seinen ausgedehnten Wäldern bezieht, ein wichtiger Faktor des Wirtschaftslebens. Das Holz nebst Zellulose und Papier ist nunmehr das bei weitem wichtigste Exportprodukt des Landes.

Die beiden erwähnten Naturschätze Schwedens, Erz und Holz, werden auf glücklichste Weise durch einen dritten, die Wasserkraft, ergänzt, mit deren Hilfe die beiden anderen gewonnen oder veredelt werden. Die Natur hat Schweden reichlich mit Wasserkraft gesegnet. Schweden nimmt nämlich in dieser Hinsicht den zweiten Platz unter den europäischen Staaten ein, sowohl in bezug auf die Gesamtleistung als auch bezüglich der Leistung auf den Kopf der Einwohner. An erster Stelle steht Norwegen.

Die vorhandenen Wasserkräfte.

Eine genaue Angabe über den Leistungsinhalt der schwedischen Wasserkräfte liegt zur Zeit nicht vor. Eine Reichsinventur wird gegenwärtig ausgeführt. Dr. Sven Norlindh hat aber ausgerechnet, daß, wenn alles abfließende Wasser — auch das Hochwasser — und alle Gefälle ausgenutzt werden könnten, im Jahre durchschnittlich etwa 100 Mrd kWh gewonnen werden könnten. Praktisch ist eine so vollständige Ausnutzung natürlich nicht möglich, einmal weil die Speicherung der gesamten Hochwassermenge aus topographischen und wirtschaftlichen Gründen sich verbietet, weil ferner das natürliche Gefälle vieler Stromschnellen und Flußstrecken zu gering ist, als daß eine vollständige Profilregelung wirtschaftlich möglich wäre, und endlich weil nicht unbeträchtliche Wasserkräfte in den Gebirgsgegenden Norrlands allzu abgelegen sind, um mit Vorteil ausgebaut werden zu können. Man muß deshalb die theoretische Gesamtziffer erheblich herabsetzen.

Nach den zuverlässigsten vorliegenden Berechnungen, nämlich denen der Kgl. Elektrisierungskommission, können die für den Ausbau in Frage kommenden Wasserkräfte bei normalen Wassermengen und so weitgehender Regelung, wie sie in einzelnen Fällen als noch wirtschaftlich angesehen wurde, etwa 32,5 Mrd kWh im Jahr liefern, was einer ausgebauten Leistung von etwa 6,5 ... 7 Mill kW entsprechen dürfte.

Wegen der ungleichartigen Geländegestaltung in verschiedenen Teilen Schwedens sind die Wasserkräfte sehr ungleichmäßig über das Land verteilt. Sie werden um so reichlicher, je weiter nördlich man kommt. Während das obere Norrland fast die Hälfte der Wasserkräfte des Landes beherbergt, müssen die südlichen Provinzen sich mit wenigen Prozenten des Gesamtreichtumes an Wasserkraft begnügen (Abb. 1). Die Bevölkerungsdichte ist dagegen in den nördlichen Teilen des Landes bedeutend geringer als in den südlichen. Das Verteilungsverhältnis von Wasserkraft zu Bevölkerung in verschiedenen Teilen des Landes geht aus Zahlentafel 1 hervor:

Zahlentafel 1.

Landesteil	Einwohnerzahl in Tausenden im Jahre 1928	Wasserkraft nach Angabe der Elektrisierungskommission		
		10^9 kWh	10^6 kW	kW auf 1 Einwohner
oberes Norrland	390	15,0	3,00	7,7
niederes Norrland und Dalekarlien	942	12,4	2,50	2,7
westliches Mittelschweden	1421	3,2	0,75	0,5
Malarprovinzen	1435	0,6	0,15	0,1
östliches Mittelschweden	1136	1,2	0,30	0,25
Schonen	750	0,1	0,02	0,03
ganz Schweden	6074	32,5	6,72	1,10

Ausgebaute Wasserkräfte.

Die Wasserkraft ist in Schweden schon immer in kleinem Maße ausgenutzt worden. Erst mit der elektrischen Kraftübertragung erlangte sie aber größere Bedeutung für das Erwerbsleben. Seitdem ging die Entwicklung jedoch, wie aus Zahlentafel 2 hervorgeht, schnell voran.

Zahlentafel 2.

Jahr	ausgebaute Wasserkräfte, Turbinenleistung in PS	Jahr	ausgebaute Wasserkräfte, Turbinenleistung in PS
1900	250 000	1920	1 150 000
1905	350 000	1925	1 380 000
1910	550 000	1929	1 600 000
1915	880 000		

Die ganze Zunahme seit 1900 entfällt praktisch auf Elektrizitätserzeugung, während die für anderen Antrieb

Digitized by Google

verwendete Wasserkraftleistung auf 250 000 PS stehengeblieben ist. Aus der Zahlentafel 2 geht hervor, daß die ausgebaute Leistung während der letzten 30 Jahre mehr als versechsfacht wurde. Zur Zeit sind indessen erst 18 %

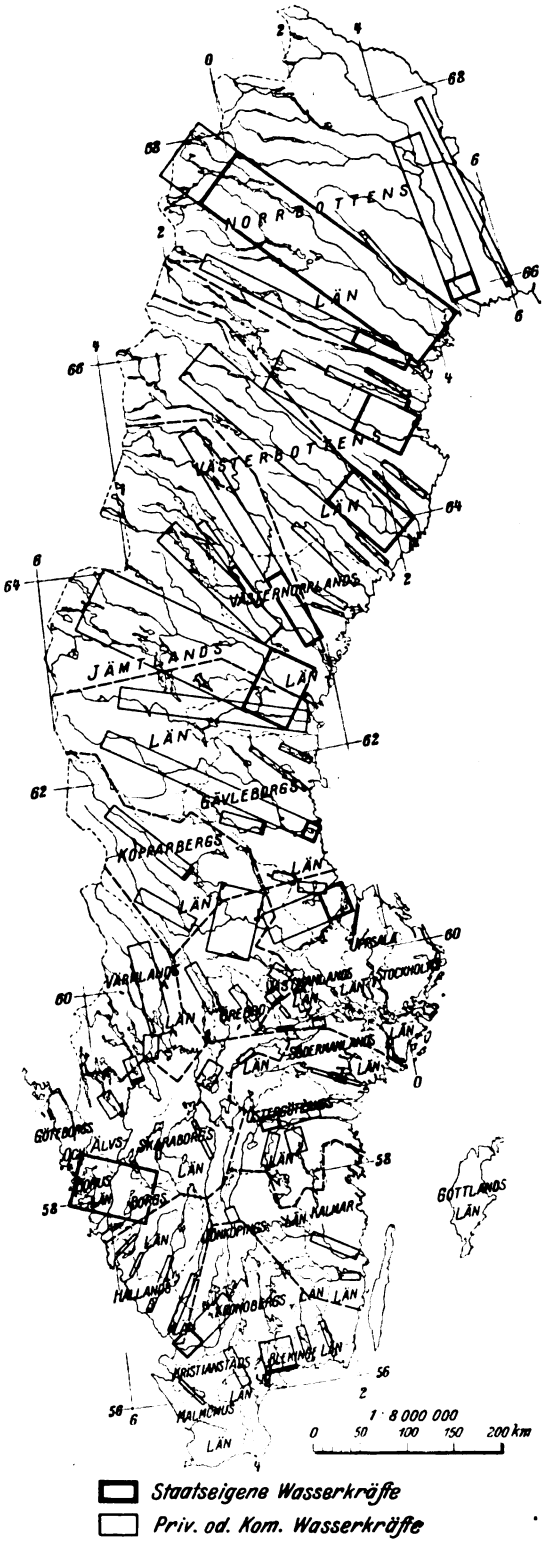


Abb. 1. Vorhandene Wasserkräfte in den größeren Flußläufen Schwedens nach rationeller See- und Profilregulierung.

der zugänglichen Wasserkräfte in Anspruch genommen. Der vorhandene Vorrat reicht also noch für sehr lange Zeit aus[1].

Wie überall, herrscht auch in Schweden die Tendenz vor, beim Ausbau von Wasserkräften immer weniger und dafür größere Maschineneinheiten zu wählen. Man kann auch von einer Renaissance der niedrigen Gefälle sprechen, welche durch die Fortschritte auf dem Gebiet der Turbinentechnik ermöglicht wurde und gleichzeitig dadurch bedingt ist, daß vorteilhaftere, nicht ausgebaute Wasserkräfte mit höheren Gefällen immer seltener werden. Bei kleinen Gefällen werden heute Einrad-Propellerturbinen mit festen oder drehbaren Laufradschaufeln für Wassermengen bis etwa 300 m³/s ausgeführt.

Die Leitungsnetze.

Die Entwicklung der Kraftübertragungsanlagen ging parallel mit dem Ausbau der Wasserkräfte. Besonders die Zeit gegen Kriegsende und unmittelbar nach dem Kriege brachte eine schnelle Erweiterung des Kraftleitungsnetzes mit sich. Eine wichtige Ursache für die Verdichtung der Netze in fast allen bewohnten Teilen des Landes lag in der Elektrisierung der Landwirtschaft. Gleichzeitig hiermit sind auch die Hauptleitungsnetze erheblich weiter entwickelt und verstärkt worden. Die Gesamtlänge der Hochspannungsleitungen in Schweden beträgt zur Zeit 55 000 km, also etwa 1⅓ Äquatorlängen.

Das schwedische Leitungsnetz, das, von wenigen großen Verbrauchszentren abgesehen, ein dünn bevölkertes Land versorgt, ist der Natur der Sache nach sehr lang und ausgedehnt und konnte aus wirtschaftlichen Rücksichten nur auf besonders wichtigen Strecken mit Doppelleitungen ausgeführt werden. Einfache Radialleitungen werden in großem Umfange verwendet. Die Betriebserfahrungen mit diesem verbilligten System sind aber voll befriedigend, wo sorgfältiger Konstruktion, guter Ausführung und den Isolatoren genügende Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Die Energieerzeugung.

Die Menge der erzeugten elektrischen Energie hat während der letzten Jahre nach Zahlentafel 3 zugenommen:

Zahlentafel 3.

Jahr	erzeugte elektr. Energie	Jahr	erzeugte elektr. Energie
1915	1,69 Mrd. kWh	1926	4,01 Mrd. kWh.
1920	3,30 „ „	1927	4,39 „ „
1923	2,99 „ „	1928	4,41 „ „
1924	3,07 „ „	1929	4,85 „ „
1925	3,67 „ „		

Die Erzeugung elektrischer Energie beträgt in Schweden also z. Z. etwa 800 kWh je Einwohner und Jahr, eine Ziffer, die in Europa nur in Norwegen und der Schweiz übertroffen wird. Die prozentuale Zunahme ist an sich verhältnismäßig groß. Man sollte aber eigentlich nie mit der prozentualen Zunahme rechnen, weil diese auch bei geringem absoluten Zuwachs in einem wenig entwickelten Lande groß ausfallen kann. Wichtiger ist die absolute Zunahme auf den Einwohner. Diese hat in der Periode 1923/1929 etwas über 50 kWh/Einw. u. Jahr betragen, ist also sehr hoch gewesen.

Spitzen- und Reservekraft.

Von der gesamten Energieerzeugung entfallen 96 bis 97 % auf Wasserkraftwerke und nur 3 ... 4 % auf Dampfkraftwerke. Daß die Dampfkraftwerke in Schweden nur einen so unbedeutenden Anteil an der gesamten Jahresproduktion haben, verglichen z. B. mit Deutschland, beruht natürlich in erster Linie auf dem reichlichen Bestand an Wasserkräften, die billig ausgebaut werden konnten. Die schwedischen Dampfkraftwerke dienen hauptsächlich nur der Ergänzung der Wasserkraft zu Zeiten von Wasserknappheit.

Auf dem Gebiet der Dampfkraft geht die Entwicklung in Richtung auf große zentralisierte Reservedampfkraftwerke hin. Auch hier ist die Größe der Maschinensätze stetig im Zunehmen begriffen. So hat z. B. die Kgl. Wasserfallverwaltung für ihr Dampfkraftwerk in Västerås[2] einen Dampfturbinensatz von 50 000 kW im Bau. Diejenigen Dampfkraftwerke, die als Reserve für Niedrigwasserperioden errichtet wurden, werden in Zeiten reichlicher Wasserführung zur Deckung des Spitzenkraftbedarfes herangezogen. Die Betriebsdauer der Dampfkraftwerke wird hierbei verhältnismäßig kurz und der Brennstoffbedarf entsprechend unbedeutend. Es ist deshalb weniger wichtig, den Brennstoffverbrauch auf die Rekordwerte herabzudrücken, die für manche deutsche und amerikanische Anlagen, die jahraus, jahrein arbeiten, charakteristisch sind. Dagegen ist es bei dem niedrigen Belastungsfaktor von größerer Bedeutung, die Anlagekosten niedrig zu halten. Auch ist es wichtig, kurze Anheizzeiten zu er-

[1] Vgl. ETZ 1918, S. 425.

[2] ETZ 1920, S. 112; 1925, S. 121.

Digitized by Google

zielen, so daß die Anlage gegebenenfalls schnell in Betrieb gesetzt werden kann. Die neuen Dampfkessel (Abb. 4) des Kraftwerkes Västerås der Kgl. Wasserfallverwaltung sind deshalb besonders im Hinblick auf diese Forderung konstruiert worden (Forssbladkessel).

Die Spitzendeckung macht bei der heutigen Energieversorgung häufig Schwierigkeiten, in den schwedischen Kraftanlagen kommt dies aber weniger zum Vorschein. Ziemlich unabhängig von den kurzzeitigen Belastungsspitzen wird eine gewisse Wasserkraftleistung bereitgestellt, die bei Niedrigwasser für die Spitzenleistung ausgenutzt wird. Im allgemeinen sind gute Speicherräume für Tages- und Wochenregelung vorhanden. Die Dampfkraftwerke, die für den Energiemangel in der Niedrigwasserzeit nötig sind, bekommen im allgemeinen von selbst eine genügende Leistung, um zusammen mit der Wasserkraftleistung auch höhere Spitzen als die jetzigen decken zu können.

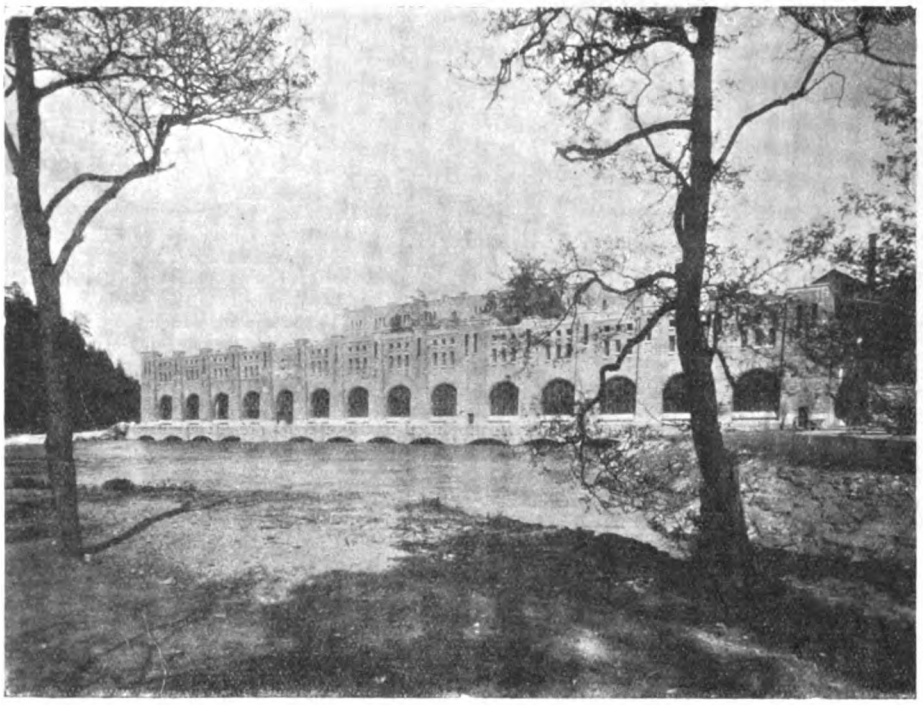


Abb. 2. Das Wasserkraftwerk Trollhätta mit Rohreinlauf im Hintergrund.

Seeregulierungen.

Der Bedarf an Dampfkraft als Ergänzung der Wasserkraft während Niedrigwasserzeit ist natürlich von den Schwankungen der Wasserführung abhängig. Letztere wechselt, wenigstens in den meisten Flußläufen, ganz wesentlich von einer Jahreszeit zur anderen und von einem Jahr zum anderen. Man versucht jedoch, diese Schwankungen durch Seeregulierungen auszugleichen. Solche Regulierungen sind schon für mehrere Flußläufe ausgeführt worden. Unter den größten Regulierungsanlagen sind die des Siljansees im Dalälv und die Suorva-Regulierung im Luleälv in Lappland zu erwähnen. Die Regulierung des Vänernsees, des größten Binnensees Schwedens, ist in Vorbereitung und wird wahrscheinlich in naher Zukunft durchgeführt werden. Dadurch erhalten die von dem Abfluß des Vänersees versorgten Kraftwerke (Trollhätta[3] [Abb. 2], Vargö und Lilla Edet[4], Abb. 3) eine überragende Bedeutung nicht nur für ihr unmittelbares Versorgungsgebiet, sondern für den ganzen elektrischen „Zentralblock", der Mittelschweden mit Kraft versorgt und an den auch das Kraftwerk Trollhättan (Abb. 2) angeschlossen ist.

Verteilung des Energieverbrauchs.

Wozu wird nun die elektrische Kraft in Schweden verwendet? Eine Vorstellung hiervon erhält man aus den Angaben über die prozentuale Verteilung vom Jahresverbrauch der Hauptgruppen der Abnehmer, wie sie durch das in Abb. 5 dargestellte Diagramm veranschaulicht wird. Wie hieraus ersichtlich ist der Verbrauch der Großindustrie von überragender Bedeutung. Sie verbraucht nicht weniger als 80 % aller elektrischen Energie. Die Industriegruppe, welche die größte Energiemenge abnimmt, dient der Veredelung der Waldprodukte. Für die Förderung der Erze und die Bearbeitung des Eisens werden ebenfalls erhebliche Energiemengen verbraucht. Die Erzgruben von Kiruna und Malmberget in Norrbotten, von Grängesberg in Bergslagen, die Anlagen der Stora Kopparbergs Bergslags AG. in Dalekarlien sowie die Uddeholmswerke in Wärmland sind einige der bekanntesten Werke dieser Gruppe.

Eine andere Industriegruppe, die große Energiemengen verbraucht, jedoch ohne dieselbe durchgreifende Bedeutung für die wirtschaftlichen Verhältnisse des ganzen Landes zu besitzen wie die Holz-, Gruben- oder Eisenindustrie, ist die elektrothermische und elektrochemische Industrie. Fast die Hälfte des Kraftverbrauchs dieser Industrie ist in Trollhättan konzentriert. Diese Industrie begnügt sich indessen teilweise mit Saisonenergie oder Abfallenergie und kann deshalb natürlich zum Teil auch mit niedrigeren Kraftpreisen als andere Abnehmer rechnen. Obwohl der Kraftverbrauch für elektrothermische und elektrochemische Zwecke in Schweden verhältnismäßig groß ist, hat er doch bei weitem nicht den Umfang wie in Norwegen.

Die Maschinenbauindustrie, Textilindustrie und ähnliche Verbraucher ziehen zwar im allgemeinen die größte Aufmerksamkeit auf sich wegen der großen Anzahl der darin beschäftigten Arbeiter. Diese Gruppen sind aber für den Krafthaushalt von geringer Bedeutung; ihr Kraftverbrauch beträgt nur 6 % der gesamten Energieerzeugung.

Der bürgerliche Verbrauch in den Städten und Ortschaften sowie auf dem platten Lande macht auch nur einen verhältnismäßig geringen Teil des Ganzen aus.

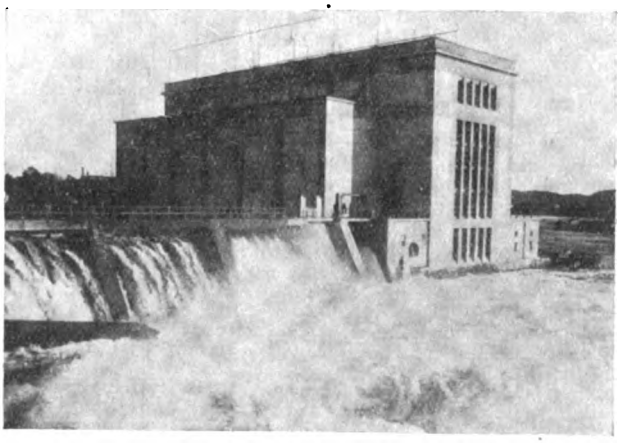


Abb. 3. Das Kraftwerk Lilla Edet.

Dieser niedrige Anteil beruht aber nicht etwa auf einer sparsamen Verwendung der Elektrizität in Haus und Hof. Man kann eher sagen, daß die bürgerliche Elektrisierung in Schweden sowohl intensiv als auch weitgehend ist. Der industrielle Energieverbrauch ist aber so viel größer als der bürgerliche, daß dieser neben dem industriellen wenig ins Gewicht fällt.

Die Elektrisierung des Heimes ist immer eine wichtige Aufgabe gewesen. Heutzutage steht bekanntlich die Elektrisierung der Küche an erster Stelle der Tagesordnung der Elektrizitätswerke. In den Städten

[3] ETZ 1913, S. 1371.
[4] ETZ 1925, S. 463; 1926, S. 1053.

Digitized by Google

und größeren Gemeinden Schwedens ist die elektrische Beleuchtung schon längst in fast jedem Heim eingeführt. Es sind z. B. jetzt mehr als 95 % der Haushalte in den Mälar-Städten mit Elektrizität versehen. Die gebräuchlichen elektrischen Haushaltapparate kommen auch in großer Zahl zur Verwendung. Die niedrigen Gaspreise

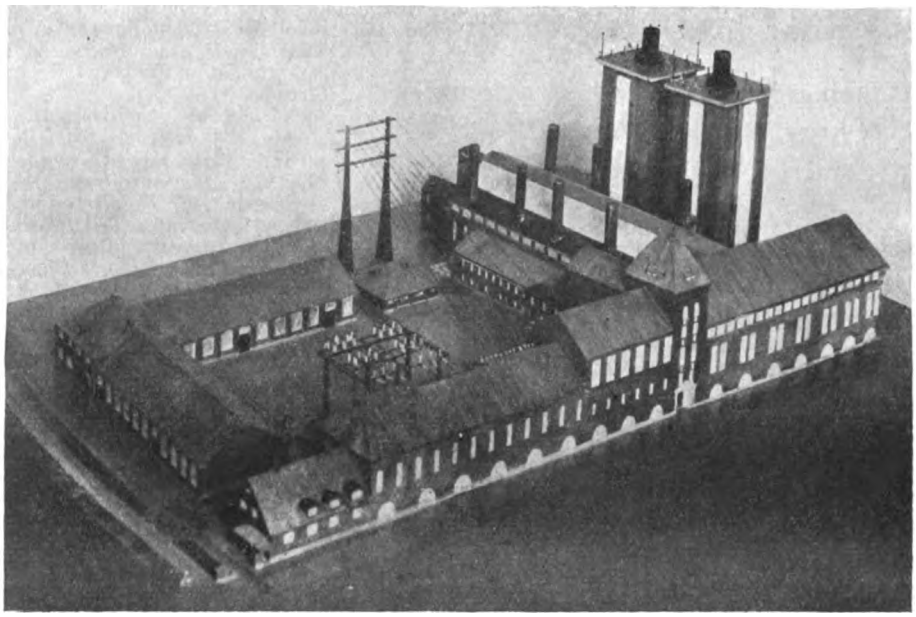
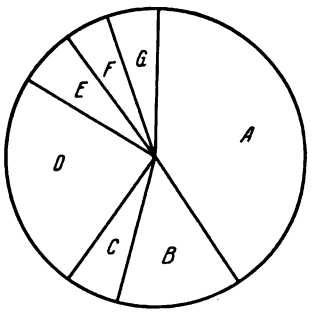


Abb. 4. Modell des Dampfkraftwerkes in Västerås. Die Türme stellen die im Bau befindlichen Forssbladkessel dar.

bindung der genannten Tarifarten entstanden. Die Messung erfolgt hierbei durch einen Subtraktionszähler. So wird z. B. bei einer Grundgebühr von 11 RM/Zimmer die Energie mit 110 RM/kW u. Jahr + 3,3 Pf/kWh unter der Subtraktionsgrenze und mit 7,5 ... 9 Pf/kWh über der Subtraktionsgrenze bezahlt.



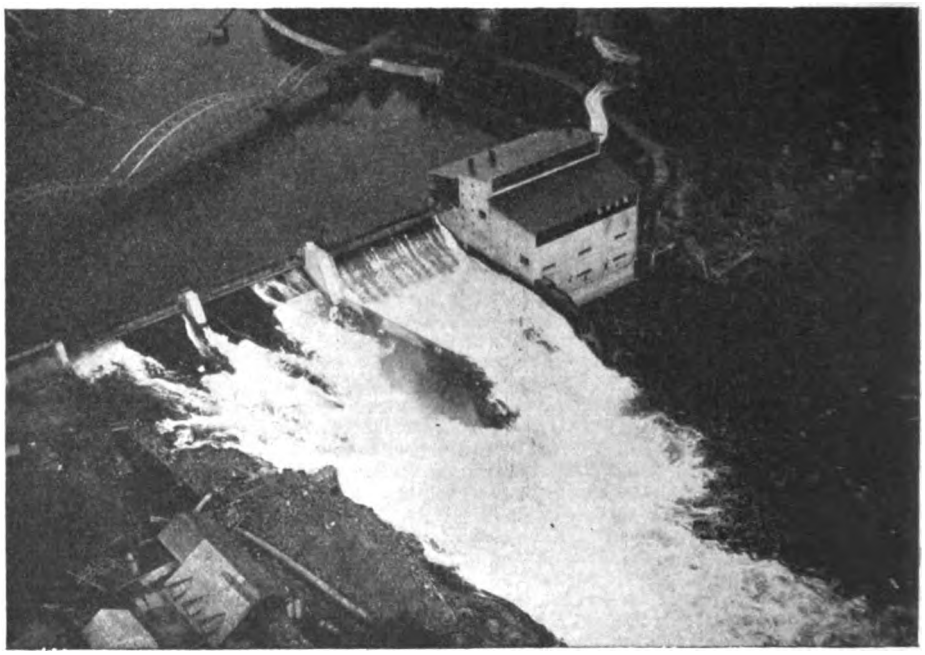
A	Sägewerksindustrie, Papier- und Celluloseindustrie	40%
B	Eisen- und Bergwerksindustrie	13%
C	Maschinenbau, Textil- und verschiedene Industrie	6%
D	elektrothermische und elektrochemische Industrie	23%
E	bürgerlicher Verbrauch in den Städten und größeren Ortschaften, einschließlich Kleinindustrie und Handwerk	7%
F	bürgerlicher Verbrauch auf dem Lande	5%
G	elektrisierte Haupt- und Straßenbahnen	6%

Abb. 5. Verteilung des Jahresverbrauchs in Schweden im Jahre 1929.

in den Großstädten (in Stockholm etwa 11 Pf/m³) und der reichliche Zugang an Brennholz aus dem Lande erschweren aber die allgemeine Einführung der Elektrizität für Kochzwecke. Man kann zwar in ganz besonderen Fällen darauf hinweisen, daß, wo niedrige Strompreise, Mangel an Brennholz, hohe Lebenshaltung im allgemeinen zusammenwirken, wie z. B. in Kiruna, 50 ... 75 % der Küchen elektrisch sind. Ein anderes interessantes Beispiel bieten einige Vorstädte von Stockholm, wo keine Gasversorgung vorhanden ist und wo die Dienstbotenfrage Schwierigkeiten und große Kosten bereitet. In Stocksund sind z. B. etwa 72 % der Küchen vollständig elektrisch. Insgesamt dürften in den letzten 5 Jahren etwa 10 000 Küchen in Schweden elektrisch eingerichtet sein. Natürlich kommt daneben gelegentliches elektrisches Kochen — besonders in den Sommermonaten — häufig vor. Im großen ganzen scheint es doch, als ob das elektrische Kochen etwas überschätzt wird und als ob die Entwicklungsmöglichkeiten der Herde für Gas und andere Brennstoffe nicht hoch genug gewertet werden.

Natürlich ist die Intensität der Elektrisierung der Heime sehr von der Tarifpolitik abhängig. In Schweden sind die Haushaltstarife in der Regel Zimmertarife mit einer jährlichen Grundgebühr, die meistens 10 ... 11 RM je Zimmer beträgt, und einer Verbrauchsgebühr von 5,5 ... 6,5 Pf/kWh während des Sommerhalbjahres und 10 ... 11 Pf/kWh während des Winterhalbjahres oder auch 7,5 ... 9 Pf während des ganzen Jahres. Daneben wird häufig ein Spezialtarif für akkumulierende Apparate (wie z. B. der Sevesherd) in der Preislage von 165 ... 275 RM/kW und Jahr + 4,5 ... 5,5 Pf/kWh ohne Zimmergebühr angewandt. In den letzten Jahren ist eine Ver-

Die Elektrisierung des platten Landes wurde bei dem Mangel an Petroleum und Motoröl während des Krieges eine Frage von großer Bedeutung. Die Eile, mit welcher die Arbeit während des Elektrisierungsfiebers gegen Ende des Krieges und unmittelbar danach betrieben wurde, sowie vor allem die danach eintretende Deflation hatten eine verhängnisvolle Überkapitalisierung der kleinen Unternehmungen auf dem Lande zur Folge. Bei der nach und nach eintretenden Krisis der Landwirtschaft wurde diese Überkapitalisierung besonders fühlbar und erregte während einer Reihe von Jahren viel Unruhe und politische Erörterungen. Später ist jedoch eine Konsolidierung eingetreten, teils durch Amor-



E 25 A

Abb. 6. Luftbild des Kraftwerkes Hammarfors.

Digitized by Google

tisierung der zu großen Schuld, teils durch die von Jahr zu Jahr gesteigerte Ausnutzung der elektrischen Energie für immer neue Zwecke. Charakteristisch für die Entwicklung auf diesem Gebiet ist die Zahlentafel 4 mit einigen Angaben von denjenigen Gebieten, die mit Kraft von der Kgl. Wasserfallverwaltung versorgt werden.

Zahlentafel 4.

Jahr	gekaufte Energie auf 1 ha	nützlicher Energieverbrauch auf 1 ha	durchschnittliche Kosten für gekaufte Energie an den Transformatorstationen*	durchschnittliche Kosten für nützliche Energie auf den Höfen
	kWh	kWh	Pf/kWh	Pf/kWh
1917	17	—	15,4	—
1923	38	25	13,3	53
1927	49,5	35,5	10,5	34
1928	52	38	9,7	31
1929	57	43	9,2	29
1930	62	48	8,4	25

* Die Energie wird im Zentrum eines Bezirkes von etwa 3 ... 5 km Halbmesser mit normal 3000 V Spannung geliefert.

Von der angebauten Fläche des Landes sind nunmehr 45 % mit elektrischer Kraft versehen, nicht nur so, daß elektrische Beleuchtung sowohl in Wohnungen, Ställen, Magazinen und anderen Wirtschaftsgebäuden eingerichtet ist, der elektrische Strom wird auch in großem Umfang für den Antrieb von Dreschmaschinen, Melkmaschinen, Holzsägen, Aufzügen, Pumpen und anderen Maschinen ausgenutzt.

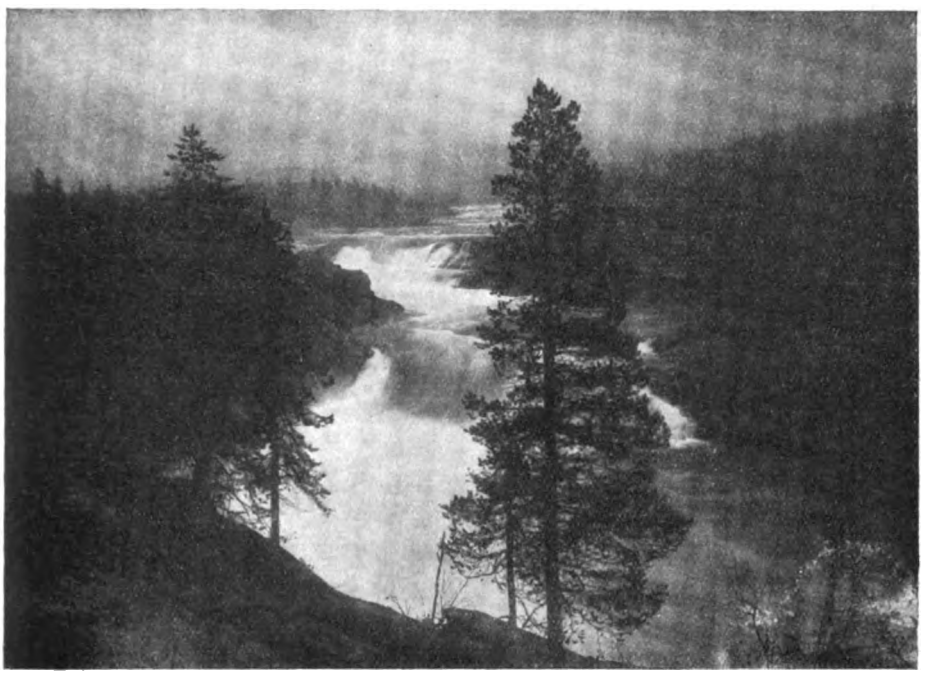


Abb. 7. Die Porjusfälle vor dem Ausbau.

Gegenwärtig dürfte der normale Stromverbrauch auf einem Landgut durchschnittlich 40 ... 50 kWh/ha angebauten Landes betragen. Es gibt jedoch noch mehr Verwendungsarten für die Elektrizität in der Landwirtschaft, und der Energiebedarf ist bei dem, was man als vollständige Elektrisierung bezeichnen könnte, bedeutend größer. Was am meisten zu der gesteigerten Anwendung des Stromes beigetragen hat, ist der Umstand, daß die Tarife allmählich rationeller gestaltet wurden.

Nunmehr werden die festen Jahreskosten für die Verteilungsanlagen fast überall als feste jährliche Gebühr und nur der kleinere Teil der Kosten, der wirklich von der Größe des Energieverbrauchs abhängig ist, nach Kilowattstunden verrechnet. In den Gegenden, die die Energie von der Wasserfallverwaltung beziehen, ist in der Regel die Verbrauchsgebühr für Niederspannungsenergie auf dem Hofe etwa 11 Pf/kWh. Es besteht im allgemeinen daneben auch die Möglichkeit, Energie zu einem Preise von etwa 225 RM/kW-Installation und Jahr (ohne besondere kWh-Gebühr) zu beziehen. Die feste Jahresgebühr schwankt je nach den Kosten des Ortsnetzes von Bezirk zu Bezirk; im Mittel beträgt sie rd. 8 RM/ha.

Obwohl die Elektrisierung von Haus und Hof in Schweden auf den Einwohner oder 1 ha einen bedeutenden Umfang erreicht hat und obwohl diese Teile der Energieversorgung mit Rücksicht auf soziale und kulturelle Verhältnisse besonders wichtig sind, muß man doch gestehen, daß ihr Einfluß in bezug auf die Energiebilanz des Landes sehr gering ist.

Die Eisenbahnelektrisierung Schwedens umfaßt zur Zeit 1140 km oder 7 % der ganzen Bahnlänge. Von den größeren Eisenbahnen sind bis jetzt die Bahnen Luleå—Riksgränsen und Stockholm—Göteborg elektrisiert worden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese Elektrisierungen wirtschaftlich gut ausgefallen sind. Dazu kommt der große Vorteil, die Fahrzeiten verkürzen und eine größere Anzahl Züge einsetzen zu können. Man kommt z. B. jetzt von Stockholm nach Göteborg in 6 h, während früher die kürzeste Fahrzeit 9 h betrug. Nach einem vorläufigen Beschluß des Reichstages in diesem Jahr soll auch die Elektrisierung der Staatsbahnstrecke Stockholm—Malmö nebst anschließenden Zweigstrecken mit einer Gesamtlänge von rd. 720 km bald durchgeführt werden.

Organisation der Kraftindustrie.

Die Organisation der Kraftindustrie in Schweden ist in vielen Hinsichten eigenartig.

Der größte Teil der Wasserfälle besonders im südlichen und mittleren Schweden gehört Privaten, der Staat besitzt nur 32 %, hiervon entfällt ein verhältnismäßig großer Anteil auf Norrland. Die Ausnutzung der Wasserkräfte ist ursprünglich von privaten Besitzern in die Hand genommen worden. Vor etwa 25 Jahren fingen die Städte an, sich für die Entwicklung der Wasserkraft zu interessieren, teils durch eigene Kraftwerksbauten, teils durch Beteiligung und Zusammenschluß zu Aktiengesellschaften für den Bau und Betrieb von Wasserkraftwerken. Daß der Staat etwas später auch anfing, sich an der Energieversorgung des Landes zu beteiligen, rührt daher, daß er einige sehr günstig gelegene große Wasserfälle besaß (Trollhättan und Alvkarleby), deren rationeller Ausbau und zweckmäßige Verwendung für die umgebenden Bezirke nur durch den Staat selbst zu erreichen waren. Die Stromversorgung der Staatsbahnen hatte schon früher zum Erwerb einiger in dieser Hinsicht geeignet gelegener Wasserfälle geführt.

Auf diese Weise ist das spezielle „schwedische System“ entstanden, wonach Staat, Städte und Private in freiem Wettbewerb auf dem Gebiet der Kraftindustrie arbeiten. Der Staat besitzt also keinen besonderen Schutz und kein Monopol in seinen Bezirken. Es kommt zuweilen vor, daß ein Abnehmer, der vom Staate Energie bezogen hat, dazu übergeht, Energie von einem eigenen oder einem privaten Kraftwerk zu nehmen. Der Staat bezahlt ferner Steuer an die Gemeinden für sein Kraftgeschäft. Natürlich bezahlt er keine Steuer an den Staat, ebensowenig wie die kommunalen Elektrizitätswerke Kommunalsteuer bezahlen. Das einzige bestehende Elektrizitätsmonopol ist das der Städte, innerhalb deren Versorgungsgebiet Leitungen nur mit Genehmigung der betreffenden Stadt errichtet werden dürfen.

Der Wettbewerb zwischen verschiedenen Kraftunternehmungen kommt natürlich nicht durch Wettbewerb um jede einzelne Kraftlieferung zum Ausdruck. Allmählich werden Vereinbarungen zwischen den Unternehmungen getroffen, wodurch gewisse Grenzen zwischen den Versorgungsgebieten festgestellt werden, und dabei geht gewöhnlich der Wettbewerb in Gemeinschaftsarbeit über. Vom Staate aus wird aber bei solchen Vereinbarungen immer die Bedingung gestellt, daß in dem betreffenden benachbarten Bezirk angemessene Preise gehalten werden. Die Erfahrung zeigt, daß dieses System für die Kraftversorgung des Landes fördernd gewesen ist, und

Digitized by Google

daß im allgemeinen eine gut ausbalanzierte Preisbildung auf dem Gebiete der Kraftindustrie entstanden ist. Es muß aber hervorgehoben werden, daß dieses schwedische System von Anfang an nur dadurch ermöglicht wurde, daß die Topographie des Landes so war, daß gewisse Wasserkraftquellen sich zur Versorgung bestimmter Gebiete in besonders hohem Maße eigneten. Die Organisation war also in gewissem Sinne von der Natur gegeben. Der seinerzeitige Mangel an Kapital trug das Seinige zu dieser Entwicklung bei.

Die Verteilung der erzeugten elektrischen Energie auf die verschiedenen Produzentengruppen verteilte sich im Jahre 1929 nach Zahlentafel 5:

Zahlentafel 5.

Staatliche Kraftwerke	1,69	Mrd	kWh =	35%	der ganzen	Produktion
Kraftwerke der Städte und Gemeinden	0,39	„	„ =	8%	„	„
im Privatbesitz befindliche Kraftwerke, die Energie abgeben	1,26	„	„ =	26%	„	„
im Privatbesitz befindliche Kraftwerke zur Deckung des eigenen Energiebedarfes	1,51	„	„ =	31%	„	„
Summe	4,85	Mrd	kWh =	100%	der ganzen	Produktion

Ursprünglich war jedes Kraftunternehmen eine abgeschlossene Einheit ohne Verbindung mit anderen Werken, allmählich kam jedoch eine Zusammenarbeit zustande, durch welche die vorhandenen Kraftquellen besser ausgenutzt werden konnten. Dieses ist deutlich aus einem Vergleich der Zunahme der ausgebauten Leistung und der Zunahme der erzeugten Energie in derselben Periode ersichtlich. So hat z. B. die ausgebaute Wasserkraftleistung von 1915 ... 1929 eine Zunahme von 81 % erfahren, während die Energieerzeugung auf 185 % gestiegen ist, ein Ergebnis, das zum Teil auch durch Regelungen und Zusammenarbeit mit Dampfkraftwerken erreicht wurde.

Die Verbundwirtschaft ist im südlichen und mittleren Teile Schwedens (Svea- und Götaland) am ausgeprägtesten. Der südschwedische Block wurde von der Sydsvenska Kraft AG., einem gemischten privaten und kommunalen Unternehmen, dessen Aktienmajorität im Besitz gewisser Städte ist, gebildet. Diese Gesellschaft hat 16 Wasserkraftwerke mit zusammen 70 000 PS. Dazu kommen noch 2 Wärmekraftwerke mit zusammen 25 000 PS. Die östlichen und westlichen Kraftnetze innerhalb des südschwedischen Blockes sind durch eine Sammelschiene für 132 kV miteinander verbunden. Die Gesellschaft besorgt die Kraftverteilung innerhalb des größten Teiles von Südschweden und Öland. Ihre jährliche Energieerzeugung beträgt nunmehr rd. 300 Mill kWh.

In Mittelschweden besteht ein Zentralblock, gebildet aus den staatlichen Kraftanlagen. Von diesen ist das Trolhättan-Kraftwerk mit 162 000 PS das größte Wasserkraftwerk des Landes. Eine Sammelschiene von Trollhättan nach Västerås für 132 kV — die Masten sind für 220 kV ausgeführt — verbindet das Kraftnetz der Kraftwerke Trollhättan und Lilla Edet mit dem östlichen Teil des Zentralblockes, den Kraftwerken Älvkarleby und Motala. Die gesamte Maschinenleistung der genannten vier Wasserkraftwerke beträgt 300 000 PS; hierzu kommen noch 60 000 PS von der Dampfzentrale in Västerås, die jetzt auf 150 000 PS erweitert wird. Die Krafterzeugung innerhalb des Zentralblocks betrug im Jahre 1929 1,36 Mrd kWh. Verschiedene der privaten Kraftunternehmungen in Mittelschweden arbeiten nunmehr mit dem staatlichen Zentralblock zusammen; der Anschluß der bis jetzt noch freistehenden Unternehmungen in diesem Landesteil dürfte bald erfolgen.

In Norrland ist die Blockbildung noch nicht so ausgeprägt wie in den südlicheren Teilen des Landes. Man kann aber jetzt schon vier große Kraftsysteme unterscheiden. Von Süden her gerechnet kommt zuerst der Kreugersche Block mit dem Hammarfors-Kraftwerk (Abb. 6) als Zentralpunkt für eine bedeutende Anzahl von Kraftanlagen. Dieser Block wird bald sämtliche Kraftwerke in Norrland von Gävle bis zum Angermanälv umfassen. Hiernach kommt eine Gruppe von Kraftanlagen, die mit dem staatlichen Kraftwerk Norrfors in Umeälv zusammenarbeiten. Weiter im Norden kommen die Kraftwerke der Stadt Skellefteå und am allernördlichsten, in Norbotten, das staatliche Kraftwerk Porjus (Abb. 7), das jetzt auch Kraft für die Ofotenbahn und Narvik in Norwegen sowie für den finnländischen Teil des Tornetales liefert. Es dürfte jedoch nicht allzulange dauern, bis auch diese vier norrländischen Kraftsysteme zu einem oder zwei Blöcken verbunden werden.

Wahrscheinlich werden aber alle diese Kraftblöcke in naher Zukunft aneinander angeschlossen werden. Wie bereits erwähnt, liegen die größten Kraftquellen Schwedens im nördlichen Teil des Landes, der Kraftbedarf ist dagegen in den südlichen und mittleren Teilen des Landes am größten. Die Kgl. Elektrisierungskommission hat s. Z. für die einzelnen Gegenden des Landes eine Untersuchung über Bedarf und Möglichkeit der Bedarfsdeckung von elektrischer Energie durchgeführt. Diese

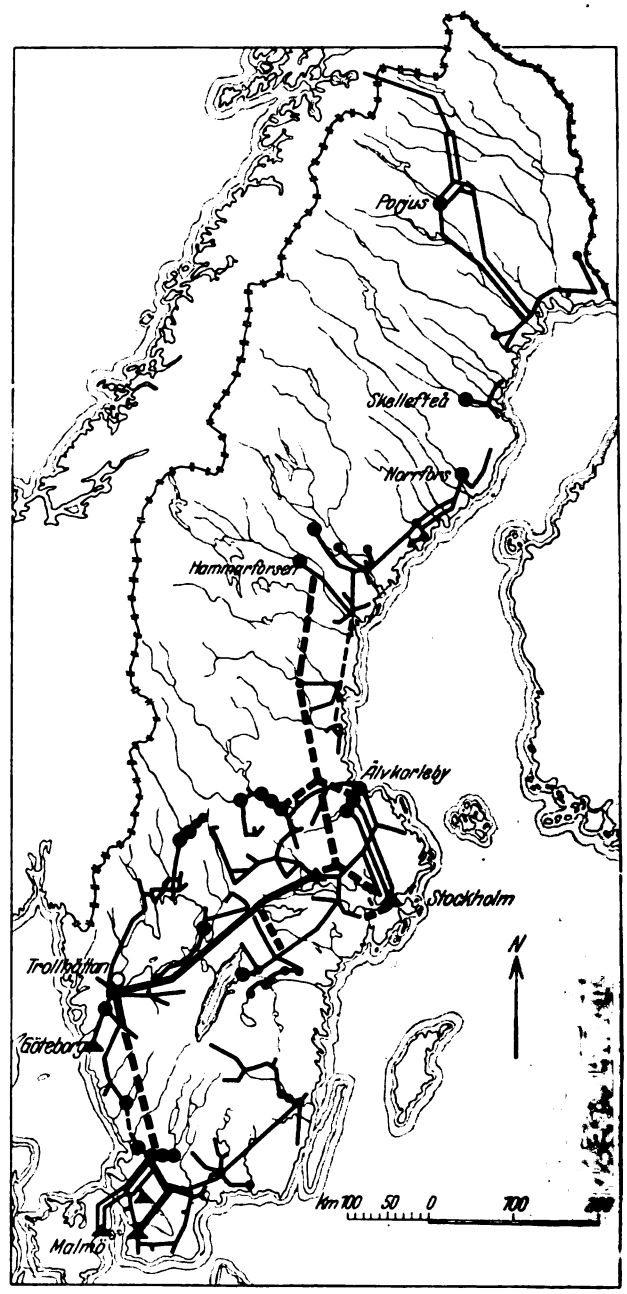


Abb. 8. Karte der bestehenden (vollausgezogen) und einiger geplante (gestrichelt) Hauptleitungen.

Untersuchung zeigt, daß in den meisten Teilen des Landes wahrscheinlich auf lange hinaus ausreichende Kraftmengen vorhanden sind, um den Bedarf zu decken, daß man aber damit rechnet, daß dem mittleren und südlichen Teil des Landes später norrländische Kraft in größeren Mengen zugeführt werden muß. Pläne für eine solche Kraftübertragung sind auch in fachmännischen Kreisen längst erörtert worden, und schon im Jahre 1921 wurde von der staatlichen Wasserfallverwaltung ein erstes Projekt für ein Sammelschienennetz vom niederen Norrland bis nach Schonen ausgearbeitet (Abb. 8), welches teilweise verwirklicht ist und dessen Bau in 10 Jahren wahrscheinlich in vollem Umfange durchgeführt sein wird.

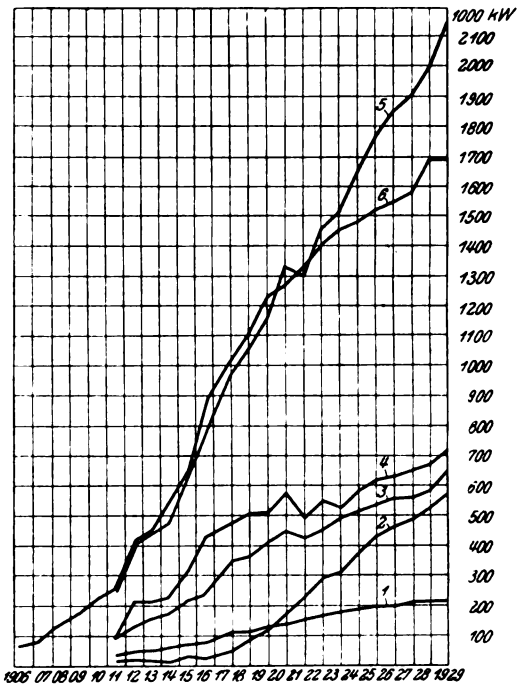
Digitized by Google

Die Elektrizitätswirtschaft Norwegens.

Von **Norberg Schulz**, Oslo.

Ende 1929 waren in Norwegen elektrische Generatoren mit einer Leistungsfähigkeit von rd. 1,690 Mill kW installiert. Davon entfielen etwa 100 000 kW auf Wärmekraft und 1 590 000 kW auf Wasserkraftanlagen. Die Verwendung dieser Leistung und der mit ihr 1929 gelieferten elektrischen Arbeit ergibt sich schätzungsweise aus folgender Übersicht[1]:

Verwendung	1000 kW	Mill kWh
Für die allgemeine Elektrizitätsversorgung.	550	2300
„ elektrochemische und elektrothermische Anlagen	720	4500
„ größere Industrien und andere Zwecke	420	2100
Summe etwa . .	1690	8900



1. Beleuchtung. — 2. Haushaltmaschinen, Kochen, Heizen usw. — 3. Elektromotoren. — 4. Elektrochemische u. elektrothermische Industrien. — 5. Summe 1 ... 4. — 6. Gesamte Generatorenleistung einschl. der Reservemaschinen.

Abb. 1. Anschlußwert der Ende 1929 in Norwegen installierten elektrischen Verbrauchsanlagen und die gesamte Generatorenleistung.

Da Norwegen Ende 1929 rd. 2,821 Mill Einwohner hatte, waren zu der Zeit also 0,6 kW Generatorenleistung je Einwohner installiert, und der Stromverbrauch betrug in dem genannten Jahr annähernd 3150 kWh je Einwohner. Diese ziemlich hohen Zahlen zeigen, daß die elektrische Arbeit in Norwegen eine ausgedehnte Verwendung sowohl für industrielle Zwecke wie in den Haushaltungen gefunden hat.

Es ist von Interesse, zu bemerken, daß sich die industriellen Betriebe jetzt beinahe ausschließlich der Elektrizität als Zwischenglied zwischen den Primärmaschinen und den Arbeitsmaschinen bedienen. Ende 1929 benutzten wesentlich nur die Holzveredelungsindustrie und die Mühlen in beschränktem Umfang Wasserturbinen für direkten Betrieb, u. zw. lediglich etwa 0,1 Mill kW. Der elektrische Strom besorgt daher etwa 96 % der Energievermittelung und kann somit als der weit überwiegende Faktor in der Energiewirtschaft Norwegens bezeichnet werden.

Diese Entwicklung hat sich in einem sehr kurzen Zeitraum abgespielt, denn im Jahr 1911 waren an Generatorenleistung erst 262 095 kW installiert. Diese ist also im Lauf von weniger als 20 Jahren auf das Siebenfache gestiegen, u. zw. auch während der wenig guten Konjunkturen der Jahre 1920/1927, wenngleich damals natürlich etwas langsamer.

Aus Abb. 1 ist ersichtlich, daß die elektrische Beleuchtung langsam aber gleichmäßig zunimmt, die Benutzung des Stroms in den Haushaltungen jedoch erst 1916 angefangen hat, um nachher sehr rasch zu wachsen. Man kann sagen, daß gerade diese Verwendungsweise am stärksten vorwärts schreitet. Die Zahl und die Gesamtleistung der Elektromotoren steigen ebenfalls gleichmäßig, während die Verwertung elektrischer Arbeit für elektrochemische und elektrothermische Betriebe 1914/1920 verhältnismäßig schnell, später aber langsamer zugenommen hat und 1921/1923 einen Rückgang aufweist.

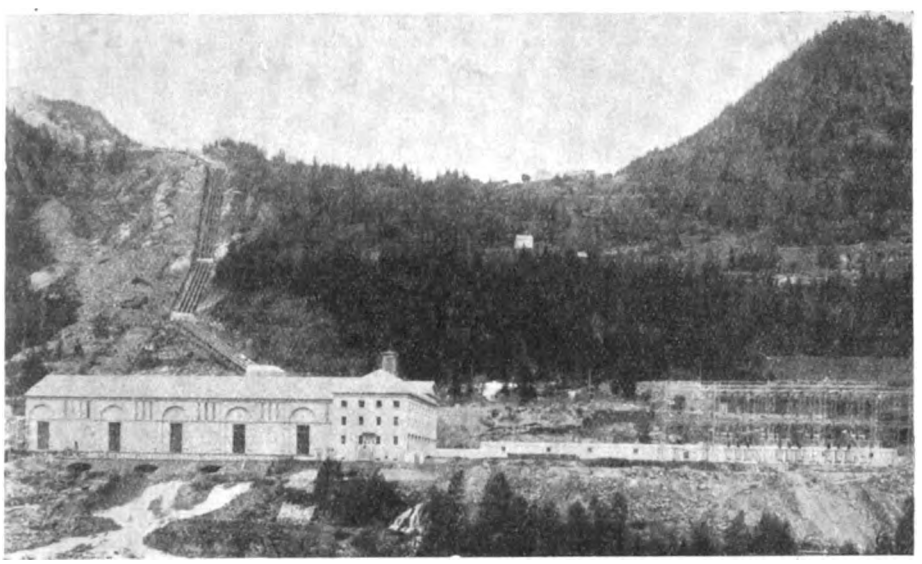


Abb. 2. Staatliches Kraftwerk Nore mit vier Maschinensätzen zu je 29 000 kVA bei 12 kV Generatorenspannung, Fernleitungsspannung 132 kV.

In den Jahren bis 1922 war ein Überschuß an installierter Generatorenleistung über den Anschlußwert des Gesamtverbrauchs vorhanden, dann hat sich dieses Verhältnis, wie Abb. 1 zeigt, umgekehrt.

Setzt man voraus, daß etwa 20 % der Generatorenleistung als Reserve dient, was den Verhältnissen in der allgemeinen Elektrizitätsversorgung Norwegens annähernd entspricht, so waren Ende 1929 etwa 1,350 Mill kW als Summe der Höchstbelastungen in Benutzung. Da der Gesamtanschlußwert der Verbrauchsapparate nach Abb. 1 zu derselben Zeit etwa 2,150 Mill kW ausmachte, ergibt sich ein durchschnittlicher Gleichzeitigkeitsfaktor von etwa 63 % für die Gesamtversorgung Norwegens mit Elektrizität. Setzt man weiter voraus, daß die Generatorenleistung bei den elektrochemischen und elektrothermischen Großbetrieben vollständig ausgenutzt wird, der Gleichzeitigkeitsfaktor also in diesem Fall gleich 1 gesetzt werden kann, so bleiben für die anderen in Abb. 1 berücksichtigten Verbrauchsgruppen an Generatorenleistung etwa 776 000 kW übrig, die bei einem Gesamtinstallationswert von etwa 1,430 Mill kW einem durchschnittlichen Gleichzeitigkeitsfaktor von etwa 54 % entsprechen. In den

[1] In der Übersicht sind die Motoren der Motorfahrzeuge und der Flotte nicht einbegriffen. Anfang 1930 liefen z. B. in Norwegen 41 900 Automobile und 6200 Motorräder, also insgesamt 48 100 Motorfahrzeuge, in denen Motoren für etwa 1,3 Mill PS bzw. etwa 1 Mill kW installiert waren. Diese Motoren verwenden jährlich etwa 100 Mill l Benzin zu je etwa 25 Oere/l und werden durchschnittlich während etwa 400 h jährlich benutzt.

Digitized by Google

gewöhnlichen Industrien und in den Haushaltungen bzw. Geschäften usw. sollte man also durchschnittlich mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor dieser Größe rechnen können, was mit den gewöhnlichen Betriebsverhältnissen bei

Abb. 3. Tysse-Kraftwerk, Sörfjorden in Hardanger, Gefälle 414 m, minim. Wasserführung 24 m³/s, rd. 80000 kW.

den Elektrizitätswerken Norwegens annähernd übereinstimmen dürfte.

Als das Interessanteste dieser Statistik darf vielleicht die Verwendung der elektrischen Arbeit für Haushaltzwecke (Licht, Kochen, Wärme usw.) gelten. Ende 1929 waren hierfür etwa 575 000 kW an die Leitungsnetze der Elektrizitätswerke angeschlossen, d. s. ungefähr 0,2 kW/Einwohner. Diese Zahl steigt fortwährend und betrug

1911	16 535 kW
1915	29 603 „
1920	176 801 „
1925	427 229 „

Die Ursache dieser Zunahme bzw. überhaupt der rasch wachsenden Verwendung des Stromes in den Haushaltungen liegt zweifellos in der ausgedehnten Anwendung von Pauschaltarifen für die genannten Zwecke. Nach diesen Tarifen können die Abnehmer bei den norwegischen Elektrizitätswerken eine bestimmte Anzahl kW oder einen bestimmten Teil eines kW für einen festen Jahresbetrag bestellen, wenn es sich um Strom für Haushaltzwecke handelt. Nachher steht es ihnen frei, beliebig viele Kilowattstunden auszunutzen, wenn die bestellte kW-Leistung dadurch nicht überschritten wird (Regelung durch Strombregenzer).

Nach der Statistik der „Norske Elektrisitetsverkers Forening" haben die Elektrizitätswerke Norwegens, von denen einige besonders bedeutende in den Abb. 2 bis 5 dargestellt sind, zwar viele und auch recht voneinander abweichende Tarife aufgestellt, ihnen allen gemeinsam ist jedoch, daß die Abnehmer für Haushaltzwecke nach Pauschaltarifen bedient werden. Man berechnet Jahrespreise von 100 ... 450 Kr und auch noch höhere Preise je Kilowatt und Jahr, mit dem Recht des Abnehmers, den Strom für Licht, Kochen, Wärme usw. zu verwenden. Für Licht allein kostet er gewöhnlich 250 ... 450 Kr, im Mittel etwa 330 Kr, für Kochen, Wärme usw. meist etwa 80 ... 240 Kr bzw. durchschnittlich etwa 175 Kr/kW und Jahr.

Diese Preise sind natürlich sehr niedrig. Es entstehen dabei auch häufig ziemlich schwere Verluste, besonders wenn die Kraft- und Verteilungsanlagen in den teueren Jahren gebaut wurden, und von solchen hat man ziemlich viele in Norwegen. Im Jahr 1927/28 betrugen die Bruttoeinnahmen sämtlicher Elektrizitätswerke, d. h. derjenigen, die elektrische Arbeit verkauften, 86,3 Mill Kr, während ihre Gesamtbetriebsausgaben 94,1 Mill Kr ausmachten. Es ergab sich also ein Verlust von etwa 8 Mill Kr, und dabei sind hinreichende Abschreibungen in den Ausgaben nicht enthalten. Infolgedessen müssen mehrere Stadt- und Landgemeinden ganz wesentliche Beiträge zu der Elektrizitätsversorgung bezahlen.

Die Frage der Zweckmäßigkeit von Pauschaltarifen für Haushaltungszwecke ist in Norwegen viel diskutiert worden, und ziemlich häufig werden Vorschläge für die Einführung von Zählertarifen vorgelegt. Es scheint indessen jetzt kaum möglich, reine Zählertarife oder gemischte Tarife ohne Schaden für die Stromabnehmer und Elektrizitätswerke zur Anwendung zu bringen. Die Pauschaltarife sind bei den Verbrauchern sehr beliebt, auch deshalb, weil die jährlichen Stromkosten im voraus genau berechnet werden können, und die Werke erreichen eine Begrenzung der Höchstbelastung und eine Erhöhung des

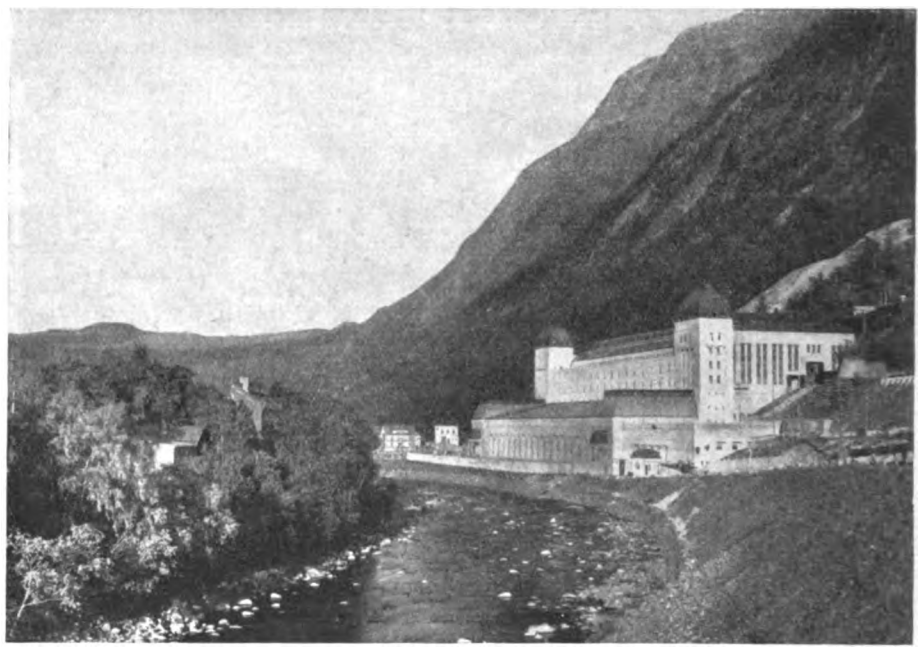


Abb. 4. Kraftwerk Saahe m der Norsk Hydro-Elektrisk Kvaelstofaktieselskap für rd. 110000 kW.

Jahresbelastungsfaktors, was eine bessere Ausnutzung der Kraft- und Verteilungsanlagen bedeutet.

Nach Auffassung des Verfassers sind Pauschaltarife für Haushaltzwecke zu empfehlen, besonders bei Werken, die eine fertig zur Verfügung stehende Wasserkraft hinreichender Größe und mit gleichmäßiger Leistungsfähig-

Digitized by Google

keit besitzen. Auch bei Wärmekraftwerken bedeutet ein wachsender Jahresbelastungsfaktor eine Verringerung der Kohlenkosten je erzeugte Kilowattstunde. Eine mäßige Steigerung des Belastungsfaktors braucht deswegen nicht immer die Betriebsausgaben zu erhöhen, wobei auch daran erinnert werden muß, daß die festen Betriebskosten bei sinkenden Strompreisen und zunehmender Größe der Anlagen gewöhnlich fallen.

Die elektrochemischen und elektrothermischen Industrien haben einen Anschlußwert von etwa 720 000 kW, der sich auf die Erzeugnisse annähernd wie folgt verteilt:

Salpeter	330 000 kW
Karbid, Zyanamid und Ferrolegierungen	160 000 „
Aluminium	125 000 „
Eisen und Stahl	35 000 „
Karborundum	30 000 „
Zink	15 000 „
Verschiedenes	25 000 „
Summe etwa	720 000 kW.

Diese Zahlen beziehen sich nur auf die Apparaturen, die zur direkten Produktion benutzt werden, wie elektrische Öfen usw. Die Beleuchtung, Motoren, Transportanlagen usw. sind nicht berücksichtigt.

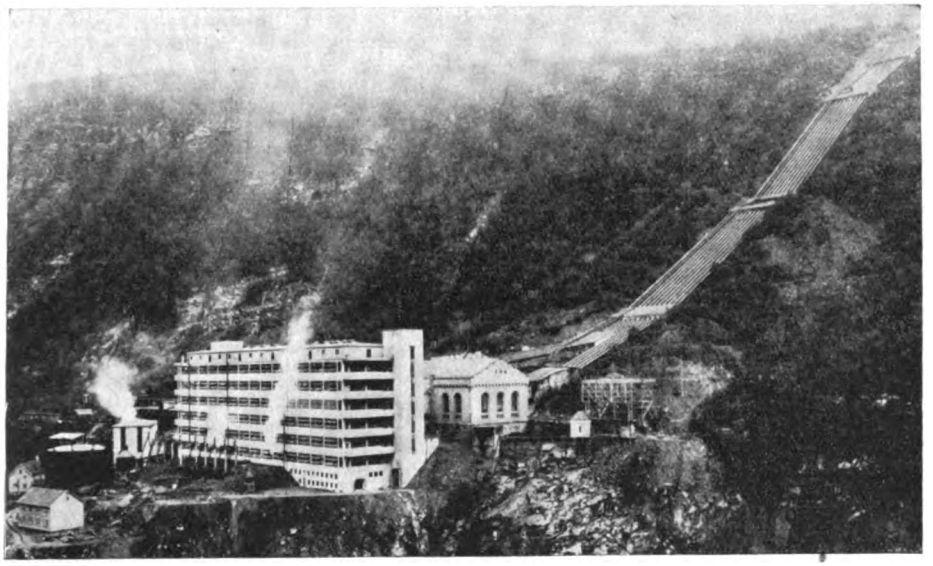


Abb. 5. Kraftwerk Vemork der Norsk Hydro-Elektrisk Kvaelstofaktieselskap für rd. 140 000 kW.

Die Eisenbahnen Norwegens werden in der Hauptsache noch mit Dampflokomotiven betrieben. Trotzdem reichliche Wasserkräfte vorhanden sind, lohnt es sich nicht, den elektrischen Betrieb einzuführen, weil die Bevölkerungsdichte gering und die Entfernungen groß sind. Gleichwohl hat man einzelne nachstehend genannte Strecken in den letzten Jahren elektrisiert:

Strecke	Jahr der Elektrisierung	Länge der Strecke km	Kosten der elektrischen Anlage einschließlich rollendes Material Mill Kr
Staatseisenbahnen			
1. Oslo—Drammen	1919/1922	53	18,5
2. Drammen—Kongsberg	1929	46	3,5
3. Oslo—Lilleström	1927	22	9,5
4. Narvik—Riksgrensen	1923	42	12,4
		163	43,9
5. Notodden—Tinnoset	1912	30	
Privatbahnen			
6. Lökken—Orkedalsören	1908/1910	26	
7. Rjukan—Moel	1912	16	
		235	

Für die Bahnstrecken Oslo—Drammen—Kongsberg usw. und für die Strecke Oslo-Lilleström ist eine besondere Wasserkraftanlage — etwa 90 km von Oslo entfernt — gebaut worden. Ausschließlich für den Eisenbahnbetrieb eingerichtet, kann die über drei Turbogeneratoren von je 2700/4200 kVA verfügende Anlage jährlich etwa 30 Mill kWh Einphasenstrom von 15 Hz an ihre Sammelschienen liefern. Unter von 5 auf 60...66 kV erhöhter Spannung wird der Strom durch eine etwa 60 km lange Freileitung bis zur Transformatorenstation Asker der Staatseisenbahn übertragen. Heute beträgt die Jahreserzeugung für die erwähnten Bahnstrecken 1, 2 und 3 etwa 16 Mill kWh oder etwa 15 Mill kWh in der Transformatorenstation. „Hakavik Kraftanlegg" ist in den Jahren 1918 bis 1922 gebaut und deswegen ziemlich teuer geworden. Die Staatseisenbahnen bezahlen jährlich für die Elektrizitätslieferung 1,250 Mill Kr, was gegenwärtig einem Strompreis von etwa 0,08 Kr/kWh, in der Transformatorenstation Asker gemessen, entspricht. Da die Staatsbahnen das Recht haben, für diesen Betrag jährlich bis 30 Mill kWh zu beziehen, dürften die Stromkosten — bei Erweiterung des elektrischen Betriebs — bis etwa 0,045 Kr sinken können. Die Anlage ist außerdem für Spitzenbetrieb gebaut worden und arbeitet schon jetzt mit der zu einem Drittel dem Staat gehörenden Mörkfos-Solbergfos-Anlage zusammen.

Die Linie 4 (Narvik—Riksgrensen) wird jetzt mit Strom aus der schwedischen Zentrale „Porjus" versorgt, indessen hat man nunmehr beschlossen, eine neue Kraftanlage: „Nygaardsanlegget" bei Narvik als eine städtische Anlage auszubauen. Sie soll dem norwegischen Teil der Ofotbahnen und dabei auch der Stadt Narvik mit Umgebung elektrische Arbeit liefern. Ihr erster Ausbau ist für etwa 40 Mill kWh jährlich bemessen.

Da die gesamte Einzelgleislänge der norwegischen Eisenbahnen 3850 km beträgt und bis jetzt 235 km, davon 35 km Doppelgleis, elektrisiert worden sind, betreibt man z. Z. etwa 7 % mit Elektrizität. Neben 507 Dampflokomotiven laufen 52 elektrische Lokomotiven — darunter 2 Rangierlokomotiven mit Akkumulatoren —, d. h. etwa 10 % der Gesamtzahl.

Geplant wird z. Z. die Einführung des elektrischen Betriebs auf den neuen Strecken Voss—Eide (27 km) und „Flaamsbanen" (22 km). Die Linien 5, 6 und 7 der Übersicht und die Strecke Voss—Eide werden von lokalen Kraftanlagen mit Strom versorgt, während für die Bahn „Flaamsbanen" wahrscheinlich ein neues, kleineres Kraftwerk gebaut werden muß.

Nach den Angaben der Staatseisenbahnverwaltung verbrauchte die Linie Oslo—Drammen—Kongsberg beim Dampfbetrieb etwa 22 000 t Kohlen jährlich. Die jetzigen Ausgaben für elektrische Arbeit entsprechen aber einem Kohlenpreis von etwa 57 Kr/t, der wesentlich über den heutigen Kohlenpreisen liegt.

Die Elektrisierung der Staatsbahnen ist also bei der gegenwärtigen Konjunktur wirtschaftlich nicht vorteilhaft, sie hat aber andere Vorzüge, auf die bei dieser Gelegenheit nicht weiter eingegangen werden soll.

Norwegen besitzt Wasserkräfte, die nach einer Schätzung etwa 10 Mill kW oder, vielleicht richtiger, etwa 9,2 Mill kW leisten können; darin sind solche von weniger als 1000 PS nicht einbegriffen. Von diesen Wasserkräften hat man bisher etwa 15 % ausgebaut und ausgenutzt, u. zw. beinahe ausschließlich im Lande selbst; es wird sogar z. Z., wie oben erwähnt, Elektrizität für den Betrieb der Eisenbahnstrecke Narvik—Riksgrensen importiert.

Im Jahr 1920 hat nun die Regierung ein norwegisches Komitee gebildet, um mit einem dänischen Komitee die Frage der Übertragung norwegischer Wasserkraftenergie nach Dänemark zu studieren.

Digitized by Google

Das Arbeitsministerium erwähnte in seinem Vorschlag für die Ernennung dieses Komitees, daß eine Stromführung über die Landesgrenzen hinüber auf norwegischer Seite eine Mitarbeit der öffentlichen Behörden erfordere. Die Bedingungen für den Export werden vom Staat festgesetzt (vgl. § 12 Abs. 10 des Konzessionsgesetzes, wonach elektrische Energie nach dem Ausland nicht ohne Erlaubnis des Königs abgegeben werden darf); denn es handelt sich hier nicht allein um den Schutz der allgemeinen sozialen Interessen, die in gewöhnlichen Konzessionssachen zur Geltung kommen, sondern auch um Dinge, die die öffentlichen Belange berühren.

Die Übertragung elektrischer Energie aus Norwegen nach Dänemark rief die Frage ihrer Leitung durch Schweden hervor. Die schwedische Regierung ernannte daher im Jahre 1921 auch ein Komitee, das mit dem norwegischen und dänischen zusammenarbeiten sollte[2]. Die drei Komitees schlossen ihre Arbeit 1925 ab und rieten den Regierungen, die Behandlung der administrativen und juristischen Fragen zu verschieben, bis ein aktueller Kraftübertragungsvorschlag vorliege. Indessen hatten die Komitees schon 1922 eine Übersicht über die technischen und wirtschaftlichen Grundlagen für eine Kraftübertragung von Norwegen durch Schweden nach Dänemark ausgearbeitet. Es handelte sich dabei um eine Übertragung von 63 000 kW durch eine Freileitung mit 132 kV. Die Benutzungsdauer wurde zu 6500 h jährlich geschätzt[3].

Jetzt ist in Norwegen die Frage der Stromausfuhr in größerem Maßstabe wieder aufgetaucht, diesmal jedoch nur auf privatem Wege, u. zw. handelt es sich um etwa 0,6 bzw. 0,9 Mill kW, die man von Norwegen aus durch Freileitungen unter etwa 380 kV nach Deutschland zu übertragen beabsichtigt. Die norwegischen Behörden haben bis jetzt zu dem Projekt keine Stellung genommen und Rücksprachen zwischen den beteiligten Ländern sind auch noch nicht erfolgt.

Wie oben erwähnt, rechnet man in Norwegen annähernd mit einer Leistungsfähigkeit der nutzbaren Wasserkräfte von etwa 9,2 Mill kW. Davon waren Ende 1929 ausgebaut 1,7 Mill kW. Unverwertet sind infolgedessen noch etwa 7,5 Mill kW, deren Leistungsfähigkeit bei 8000 Betriebstunden etwa 60×10^9 kWh beträgt; das entspricht bei einem Wärmegehalt in Kohlen von 7000 kcal etwa $7{,}5 \times 10^6$ t.

Im Jahre 1929 wurden etwa 3 Mill t Kohle und Koks in Norwegen eingeführt. Diese Menge hatte schätzungsweise einen Wärmeinhalt entsprechend etwa 24×10^6 kWh. Nimmt man an, daß die 1929 eingeführte Kohlenmenge ganz für Elektrizitätserzeugung benutzt wurde, und setzt man dabei voraus, daß sich in neuen, hochmodernen und großen Wärmekraftanlagen ein Nutzeffekt von rd. 30 % erreichen läßt, so sollte man mit den 3 Mill t Kohle etwa 7 Mrd kWh elektrischer Arbeit erzeugen können. Im Anfang dieses Aufsatzes wurde erwähnt, daß im Jahr 1929 etwa 9 Mrd kWh Elektrizität in Norwegen produziert worden seien. Wollte man den ganzen Wärmeinhalt der eingeführten Brennstoffe durch elektrische Energie aus den Wasserkraftanlagen ersetzen, so wäre etwa die Hälfte der bis jetzt unbenutzten Wasserkräfte dazu nötig.

Es muß als selbstverständlich hinzugefügt werden, daß die Ausbaukosten der oben genannten 7,5 Mill kW Wasserkraft sehr verschieden sein werden je nach den natürlichen Verhältnissen, den beim Ausbau herrschenden Konjunkturen usw., und man muß außerdem annehmen, daß nur ein beschränkter Teil der noch nicht verwerteten größeren Wasserkräfte mit den jetzt im Betrieb befindlichen Wasserkraftanlagen hinsichtlich des Preises der erzeugten elektrischen Arbeit wird konkurrieren können. Die ganz schwachen Wasserkräfte Norwegens, von denen es ziemlich viele gibt, werden dagegen häufig mit gutem wirtschaftlichen Erfolg für kleinere Bezirke oder besondere Zwecke ausgebaut und verwendet.

[2] Vgl. ETZ 1921, S. 39; 1924, S. 82.
[3] Vgl. The Transactions of the first World Power Conference, London 1924, Bd. 3, S. 472 u. 588.

Weltkraftkonferenz Berlin 1930.

Wenn der Ehrenpräsident, Exzellenz Dr.-Ing. O. v. Miller, und der Vorsitzende, Generaldirektor Dr.-Ing. C. Köttgen, am 15. Juni die nahezu 3000 Teilnehmer der unter dem Ehrenprotektorat des Reichspräsidenten in Berlin stattfindenden Zweiten Waltkraftkonferenz im Reichstag am Platz der Republik empfangen und begrüßen, werden sie damit eine Veranstaltung einleiten, wie sie die Reichshauptstadt bisher wohl kaum gesehen hat. Ihre Bedeutung liegt einmal in der wissenschaftlich-wirtschaftlichen Behandlung des heute alle Welt intensivst berührenden Energieproblems in 34 Sektionen (s. S. 2), sodann darin, daß die Konferenz den aus 41 Ländern zusammenkommenden Fachmännern Gelegenheit zu eingehender persönlicher Aussprache über das weite Gebiet der Energieversorgung bietet, und schließlich in ihrer Eigenschaft als Plattform, von der aus die Energiewirtschaft zur breitesten Öffentlichkeit sprechen und in allen interessierten Kreisen Verständnis für die brennendsten Fragen erwecken kann, die aus dem raschen Fortschritt der Technik für die Wirtschaft und Verwaltung erwachsen. Letzterem Zweck dienen die in Aussicht genommenen Hauptvorträge, deren in der ETZ 1930, S. 466, bekanntgegebene Reihe dadurch eine Veränderung erfährt, daß an Stelle des erkrankten Vorsitzenden des Internationalen Hauptausschusses der Konferenz, Mr. D. Dunlop, der Direktor der Ingeniörs Vetenskaps Akademien in Stockholm, A. S. Enström, über „Die Maschinenkraft als Kulturfaktor" reden wird.

Für die im unmittelbaren Zusammenhang mit der Weltkraftkonferenz vorgesehenen Industriefahrten durch Deutschland ist eine weitverzweigte Organisation geschaffen worden, um vor allem den ausländischen Gästen ein möglichst zutreffendes Bild des deutschen industriellen Schaffens zu bieten und hervorragende Leistungen deutscher Technik zu zeigen, ohne durch die Fülle des Gebotenen die Fahrtteilnehmer zu ermüden. Seit Monaten rüsten die Firmen eifrigst, um den besonderen Anforderungen im Juni gewachsen zu sein. In vielen größeren Städten sind unter hervorragender Mitwirkung der Stadtverwaltungen und der großen deutschen technischen Verbände Empfangsausschüsse gebildet worden, welche die Besichtigungen bis in alle Einzelheiten vorbereiten. Die Organisationsstelle hat ferner darauf Bedacht genommen, daß die Fahrt durch Deutschland neben dem Fachlichen auch noch andere Eindrücke vermittelt und vor allem die landschaftlichen Eigenarten der verschiedenen Gegenden den Besuchern nahebringt. Die Städte und die in ihnen beheimateten Industrien und Verbände werden alles aufbieten, ihre Gäste würdig und herzlich zu empfangen. So wird u. a. Heidelberg seine berühmte Schloßbeleuchtung zeigen und Baden-Baden eine Illumination seines Kurparks veranstalten. In Freiburg verspricht eine Fahrt mit der neuen „Schau-ins-Land-Bahn" besondere Reize. In München, der Stadt des Deutschen Museums, wird dessen Schöpfer es sicher nicht an besonderen Überraschungen für seine Gäste fehlen lassen, und die Oberammergauer Passionsspiele werden einen bleibenden Eindruck bei den Besuchern hinterlassen. In Essen ist ein Empfang durch Herrn und Frau Krupp von Bohlen und Halbach in der Villa Hügel vorgesehen. Die Teilnehmer der Ostpreußenfahrt will auf dem bekannten Bismarckstammsitz Varzin in Pommern der Schloßherr, ein Nachkomme des Fürsten, empfangen. Man darf also wohl hoffen, daß die Zweite Weltkraftkonferenz auch in dieser Beziehung alle Erwartungen befriedigen wird.

IEC und Rundfunk.

Während der Tagung der IEC in Skandinavien in der Zeit vom 27. Juni bis 9. Juli 1930 werden auch Rundfunkangelegenheiten zur Besprechung kommen. Bemerkenswerte Punkte sind die internationale Normung von Röhrensockeln und -fassungen und die Normung von Anschlußsteckern für Anschluß von Apparaten an das Lichtnetz, außerdem von Anschlußsteckern für nachgeschaltete Apparate, wobei hier von dem Gesichtspunkt ausgegangen wird, daß die Stecker an nachgeschalteten Apparaten so ausgebildet sein müssen, daß sie nicht in die Lichtsteckdosen eingeführt werden können. Die allgemeine Anwendung des 19 mm-Steckers, der durch Ausrüstung mit einem nicht stromführenden dritten Stift zwischen den beiden stromführenden Stiften für die Benutzung an Starkstromdosen unbrauchbar ist, wird hierfür speziell in Vorschlag gebracht. Dieser dritte Stift kann zweckmäßigerweise gleichzeitig zur mechanischen Verbindung, z. B. zur Verschraubung der einzelnen Teile des Steckerkörpers dienen.

Abschluß des Heftes: 7. Juni 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 21 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Quecksilberdampf-Gleichrichter.

Mitteilung der AEG.

Die Beibehaltung des Gleichstromes als Verbrauchsstromart in Netzen der allgemeinen Versorgung, in industriellen Betrieben, bei Bahnen und in der Elektrochemie machte bei dem Überhandnehmen des Drehstromes als Erzeugungsstromart die Benutzung wirtschaftlicher Umformungsanlagen zum dringenden Bedürfnis der Elektrizitätswirtschaft. Für diesen Zweck wurde der Quecksilberdampf-Gleichrichter zu derartiger Vollkommenheit entwickelt, daß er heute bei neuen Anlagen fast ausschließlich Verwendung findet. Er hat sich bereits bis zu den für umlaufende Umformereinheiten in Frage kommenden Grenzstromstärken bewährt und bietet eine Reihe von wirtschaftlichen und betrieblichen Vorteilen. Durch den guten Wirkungsgrad, der zwischen Vollast und ¼ Last nahezu konstant ist, ergibt sich ein hoher mittlerer Jahreswirkungsgrad.

Da es sich bei den Gleichrichtern um ruhende Geräte von verhältnismäßig geringem Gewicht handelt, ist der Einbau einfach. Er kann auch in oberen Stockwerken erfolgen. Die Geräuschlosigkeit ermöglicht die Unterbringung in Wohnvierteln. Gleichrichter stellen nur geringe Ansprüche an Wartung. Sie können leicht automatisiert und ferngesteuert werden.

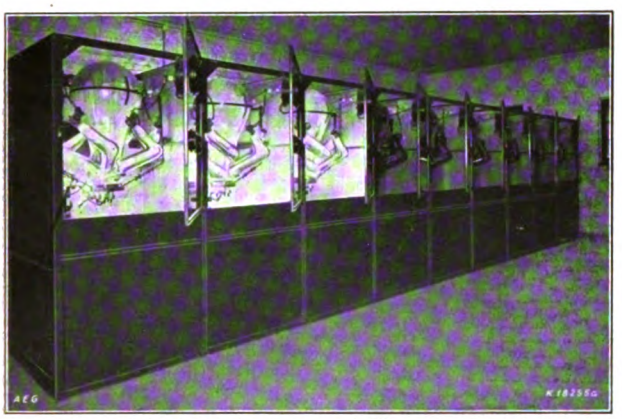


Abb. 1. Gleichrichter im Unterwerk Eibsee der Bayerische Zugspitzbahn A.-G., 1350/2700 A, 1650 V.

Glasgleichrichter werden von der AEG zur Zeit in Einheiten bis zu 400 A hergestellt. Die Parallelschaltung mehrerer derartiger Einheiten ist wirtschaftlich durchaus gerechtfertigt. Die besonderen Vorzüge der AEG-Glasgleichrichter liegen in der hochwertigen Beschaffenheit des Glaskörpers, der aus Spezialhartglas mit besonders hohem Schmelzpunkt hergestellt wird, ferner in der übersichtlichen Schaltungsanordnung und der leichten Zugänglichkeit aller Hilfsapparate in den Gleichrichtergestellen, wie der automatischen Zündung, der Erregung, der Drosseln und des Kühlventilators. Der Glaskörper ist von der Bedienungstafel aus zugänglich und bei den großen Einheiten herausfahrbar angeordnet. Der Ventilator wird nach DRP 297 002 automatisch bei ⅓ Last zugeschaltet, um den Lichtbogenverlust bei allen Belastungen gleichmäßig niedrig zu halten.

Besondere Erwähnung verdienen die Hochspannungs-Glasgleichrichter für Gleichspannungen über 1000 V. Im Unterwerk Eibsee der Bayerische Zugspitzbahn A.-G. arbeiten 9 AEG-Glasgleichrichtereinheiten für je 150 A bei einer Fahrdrahtspannung von 1650 V (Abb. 1).

Auch für fahrbare Anlagen haben sich Glasgleichrichter bereits seit langem bestens bewährt (Abb. 2). Derartige Anlagen bilden bei Betriebsstörungen eine stets bereite Reserve für viele Unterstationen in einem großen Bezirk oder sie dienen zum Einsatz bei zeitlich und örtlich begrenzter Strombedarfsteigerung.

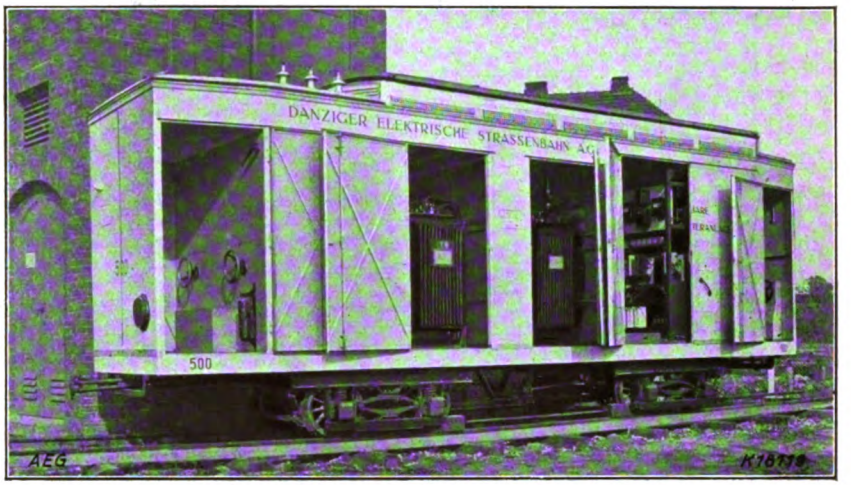


Abb. 2. Fahrbare Gleichrichteranlage 2×300 A, 600 V, sechsphasig.

Bei den Eisengleichrichtern ist in neuerer Zeit eine beträchtliche Steigerung der Stromstärken zu verzeichnen. Nachdem sich die Bauarten von 2000 A sehr gut bewährt haben und auch Ausführungen für 3000 A in Betrieb genommen waren, wurde die Steigerung der Stromstärken auf ein Mehrfaches der bisherigen Werte verwirklicht. Abb. 3 zeigt einen derartigen Eisengleichrichter mit 24 Anoden. Das Gleichrichtergefäß und der Kühlbehälter ruhen mit vier hohlen Säulen auf der Grundplatte. Die beiden vorderen Säulen dienen als Vorvakuumbehälter für die beiden Diffusionspumpen des Gleichrichters, die an den Stellen angeschlossen sind, wo sich durch die Quecksilber-Dampfströmung die beste Saugwirkung ergibt. Das Vakuum wird durch die der AEG geschützte,

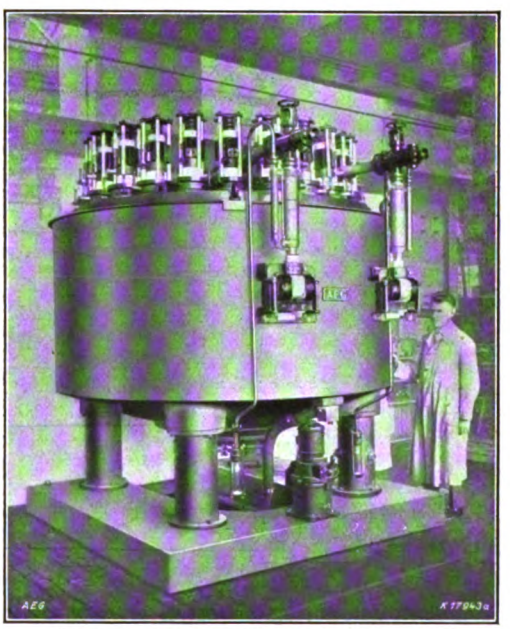


Abb. 3. Hochstromgleichrichter 10 000 A, 650 V.

aus Diffusionspumpe, Rückschlagventil und Vorvakuumbehälter bestehende Anordnung gehalten. Ebenso wie die Vakuumapparatur, sind alle elektrischen Leitungen und die Kühlwasserführung anschlußfertig am Gleichrichter verlegt.

Digitized by Google

AEG

fabrikations-Gebiete

Dampfturbinen · Turbogeneratoren
Generatoren · Motoren · Umformer
Transformatoren · Gleichrichter
Schaltapparate · Schaltanlagen
Kabel · Blanke u. isolierte Leitungen
Fernmeldeanlagen
Erdschluß- und Selektivschutz
Industrieöfen · Elektr. Schweißanlagen
Installationsmaterial

Zähler · Meß- und Regel-Instrumente
Elektrische Lokomotiven und Triebwagen · Elektrokarren
Elektrische Uhren
Elektrische Haushalts-Apparate
Kino- und Rundfunk-Apparate
Fahrkartendrucker
Isoliermaterial
Metallwalzw.-Erzeugnisse (Metallhalbfabrikate)

BAU von Kraftwerken, Unterwerken, Umspannwerken, Leitungsanlagen, elektrischen Anlagen aller Art für Industrie und Gewerbe, Landwirtschaft, Schiffahrt, elektrischen Bahnen

fabriken

Turbinenfabrik
Fabriken Brunnenstraße
Transformatorenfabrik
Kabelwerk Oberspree
Apparatefabriken Treptow
Fabriken Ackerstraße
Fabriken Hennigsdorf
Fabriken Annaberg
- Fabrik Annaberg
- Fabrik Crottendorf
- Fabrik Freiberg
- Fabrik Scheibenberg

Fabrik Stuttgart
Fabrik für Elektrobeheizung, Nürnberg
Fabrik Mülheim-Ruhr
Porzellanfabrik Hennigsdorf

Ausstellung der Fabriken im Haus der Technik, Berlin

ALLGEMEINE ELEKTRIC

Digitized by Google

AEG

100 000 VOLT-KABEL
FÜR KRAFTWERK GOLPA

Digitized by Google

Englands größtes Unternehmen für Schaltanlagen.

Einige kurze Bemerkungen über die Geschichte und Entwicklung der Firma A. Reyrolle & Co. Ltd. in Hebburn-on-Tyne, England.

Abb. 1. Ansicht der Werke der Firma Reyrolle aus der Vogelschau.

Der Ursprung dieses bedeutenden Unternehmens geht auf das Jahr 1886 zurück; damals errichtete der verstorbene Mr. A. C. Reyrolle in London eine Werkstatt, in der 8 Arbeiter und 1 Junge beschäftigt wurden. 15 Jahre später begann die Übersiedlung des Geschäfts nach Hebburn-on-Tyne; sie erwies sich später als einer der bedeutendsten Schritte in der Entwicklung der Elektrotechnik während des letzten Vierteljahrhunderts, denn hier begann die Herstellung der gekapselten Schalter. Die ersten Werke in Hebburn, 1901 erbaut, bestanden aus 2 oder 3 einstöckigen Gebäuden, die nur einen kleinen Teil der zur Verfügung stehenden 2,2 ha bedeckten; das Unternehmen dehnte sich jedoch so rasch aus, daß dieser Platz 1922 bereits völlig in Anspruch genommen war und mit dem Bau eines zweiten Werkes auf einem 1,8 ha großen Grundstück in der Nähe des alten begonnen wurde. Später kamen noch weitere 2 ha für Werkszwecke und ein angrenzender Sportplatz von 2,2 ha hinzu. Die rasche Entwicklung zwang jedoch zum Ankauf weiterer 6,3 ha, so daß die alten und neuen Werke sich insgesamt über 14,5 ha erstrecken. Die Werke wachsen auch jetzt noch; die neuesten Bauten umfassen große neue Werkstätten für elektrische Schweißung und andere Entwicklungsarbeiten, eine umfangreiche Erweiterung der Prüffelder und Laboratorien sowie eine neue Kantine für die Arbeiter und Angestellten, deren Zahl 3000 erreicht.

Die erste gekapselte Schaltanlage der Firma Reyrolle wurde 1906 in Betrieb genommen. Durch Zufall existiert keine Photographie von dieser Anlage; sie war der in Abb. 2 gezeigten Anlage (der zweiten, die kurz darauf in Betrieb kam) im allgemeinen ähnlich.

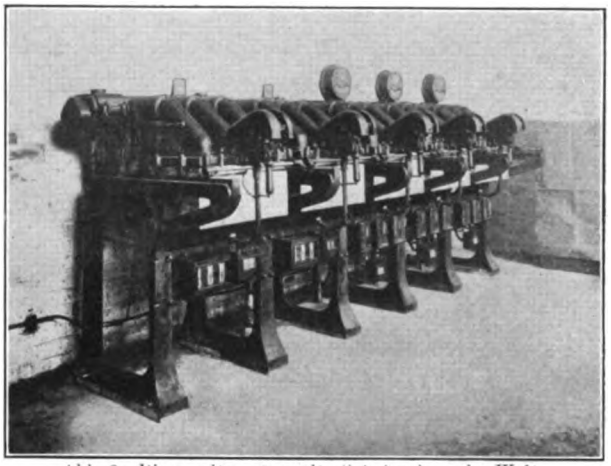


Abb. 2. Die zweite gekapselte Schaltanlage der Welt.

Seit jener Zeit wurde der einmal eingeschlagene Weg konsequent weiterverfolgt; daß er richtig war, geht in überzeugender Weise daraus hervor, daß immer mehr Fabrikanten folgten, nachdem er sich einwandfrei als vorteilhaft erwiesen hatte. Infolgedessen ist die nach den ursprünglichen Grundsätzen und späteren Verbesserungen der Firma Reyrolle gebaute Art von Schaltanlagen im Begriff, in der ganzen Welt zu dominieren.

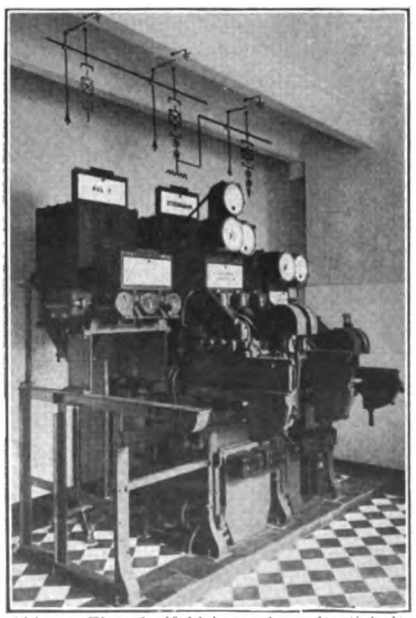


Abb. 3. Eine dreifeldrige gekapselte Schaltanlage mit Spezial-Trennschaltern unter Oel für eine 6000 Volt Anlage.

Natürlich verkörpern die modernen Schalter viele Verbesserungen an Einzelheiten, aber es ist eine interessante und bezeichnende Tatsache, daß die allgemeinen Richtlinien, nach welchen die ersten Konstruktionen ausgeführt wurden, sich als so vorteilhaft erwiesen haben, daß das Äußere der normalen Typen auf keiner Entwicklungsstufe wesentlich geändert werden brauchte. Ein Vergleich der Abb. 2 mit Abb. 3, welche eine kürzlich in Helsingfors, Finnland, installierte Schaltanlage aus 3 Feldern von ähnlicher Größe wie auf Abb. 2 zeigt, beweist dies mit überzeugender Deutlichkeit. Die Photographie zeigt auch die Anwendungsmöglichkeiten gekapselter Schaltanlagen für eine große Anzahl von Stromkreisen bei ganz geringem Raumbedarf. Das Schaltbild der von dieser Anlage beherrschten Stromkreise ist auf der Abbildung hinzugefügt. Ferner lassen sich noch die größeren Schalteinheiten in Vergleich ziehen, die in Abb. 4 und 7 gezeigt werden; beide gehören zur horizontalen Auszugs-Type. Abb. 5 zeigt eine gekapselte 66 000-Volt-Ausrüstung mit vertikaler Isolierung. Zur leichteren Trennung der Schalter und Entfernung der Kessel ist eine besonders eingebaute Plattform mit Rollen in Längs-, Quer- und Vertikalrichtung vorgesehen.

Es ist klar, daß ohne gründliches Studium der mit der Schalttechnik verknüpften technisch-wissenschaftlichen Probleme die von der Firma Reyrolle erzielten Fortschritte nicht möglich waren; es überrascht daher nicht, daß ihre Einrichtungen zur Forschung auf ihrem Spezialgebiet unübertroffen sind. Außer den üblichen Höchstspannungs- und Starkstrom-Transformatoren steht eine besondere Kurzschlußprüfanlage zur Verfügung, mit der die Kurzschlußleistungen 3phasiger Schalter geprüft werden können, die eine Nennleistung bis zu 1 500 000 kVA bei 132 000 Volt besitzen. Diese Anlage ist die einzige ihrer Art in Großbritannien.

Während des ganzen Vierteljahrhunderts haben diese Pioniere dank ihrer konkurrenzlosen Erfahrung im Bau gekapselter Schaltanlagen ihre führende Stellung beibehalten; die jetzt als etwas Selbstverständliches hingenommene Betriebssicherheit der Elektrizitätsversorgung darf wohl auf ihre Weitsicht und auf ihren Unternehmungsgeist zurückgeführt werden.

Der Arbeitsbereich der Firma Reyrolle hat sich über die ganze Welt ausgedehnt; in jedem wichtigen Land hat sie ihre Vertreter. Schaltanlagen nach ihren Entwürfen und Lizenzen werden in Deutschland von Felten & Guilleaume Carlswerk A.-G., Köln-Mülheim, hergestellt, in Holland von N. V. Hazemeyer, Hengelo, in Dänemark von Laur Knudsen Mek. Etabl., A/S, Kopenhagen und in den Vereinigten Staaten von der Allis-Chalmers Manufacturing Co., Milwaukee, Wis. Außer der Zentralverwaltung und den Werken in Hebburn-on-Tyne, England, unterhält die Firma Reyrolle in allen Teilen der britischen Inseln Ingenieurbüros, nämlich in London, Glasgow, Newcastle-on-Tyne,

Digitized by Google

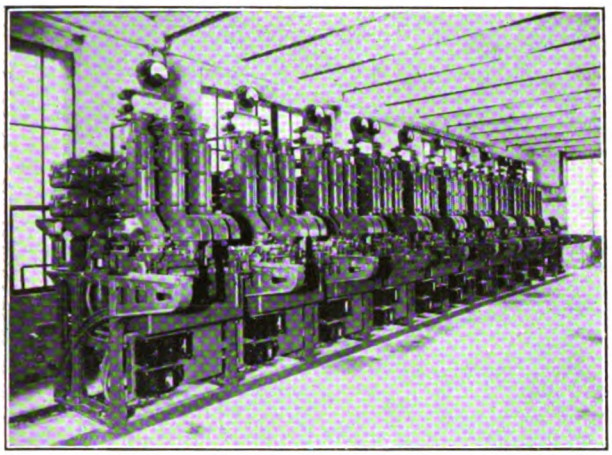


Abb. 4. Eine 11-feldrige gekapselte Doppelsammelschienen-Schaltanlage für 12000 Volt, geliefert an das Rheinische Elektrizitätswerk im Braunkohlenrevier A.-G., installiert im Kraftwerk Fortuna I, Köln.

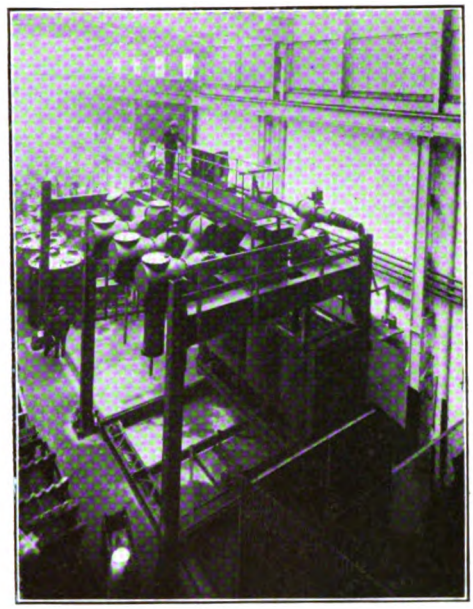


Abb. 5. Eine gekapselte Freiluft-Schaltanlage für 66000 Volt 600 Amp., während des Baues in der Werkstatt der Firma Reyrolle. Die Anlage ist für eine Unterstation im Südosten Englands bestimmt.

Leeds, Cardiff, Conway, Belfast and Dublin; in Schweden wird sie durch A/B Laur Knudsen, Malmö, vertreten, in Norwegen durch Dipl.-Ing. Harold Lahn, Oslo; in Finnland durch Mr. J. B. McVail, Helsinki; in Frankreich durch Ets. Merlin & Gerin, Grenoble; in Italien durch Ing. Bonati und Ottolenghi in Mailand und Rom; in Niederländisch-Indien durch Mr. R. Neil Williams, Bandoeng, Java; in Japan durch L. J. Healing & Co. Ltd., Tokio; in Indien durch Burn & Co. Ltd., Kalkutta; in Australien durch A. Reyrolle & Co. Ltd. in Sydney, durch Elder Smith & Co. Ltd. in Perth und Brisbane und durch Weymouths Ltd. in Adelaide und Richmond; in Neuseeland durch Major G. Stamp Taylor, Wellington; in den Straits Settlements durch Huttenbach, Lazarus & Sons Ltd., in Singapore, Penang, Ipoh und Kuala Lampur; in Südafrika durch Mr. N. O. Curry, Johannesburg, durch Albert Vaux Ltd., Capstadt und durch Collingwood & Beckwith Ltd., Durban; in Kanada durch Mr. F. Ino. Bell, Toronto; in Mexiko durch die Allis-Chalmers Manufacturing Co., Mexiko und in Südamerika durch Messrs Evans, Thornton & Co., Buenos Aires, Argentinien, durch die Allis-Chalmers Manufacturing Co., in Oruro, Bolivien und in Santiago, Chile, durch White Martins S/A in Rio de Janeiro, Sao Paulo, Pernambuco und Porto Alegre, Brasilien und durch Messrs Regusci & Voulminot, Montevideo, Uruguay.

Abb. 6. Eine Ecke des Forschungslaboratoriums der Firma Reyrolle.

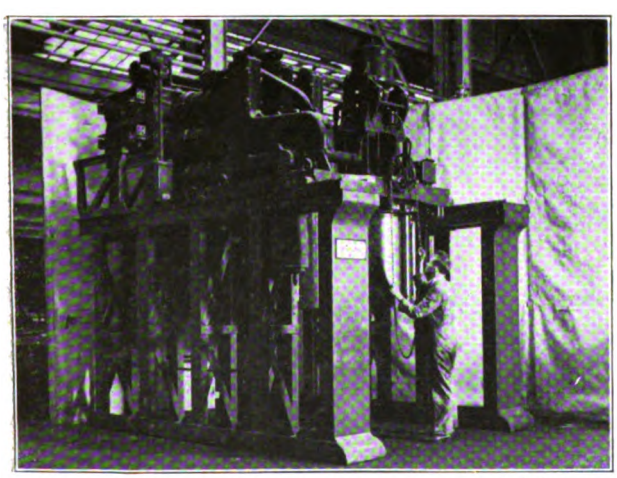


Abb. 7. Eine gekapselte Doppelsammelschienen-Schalteinheit der horizontalen Auszugs-Type für 12000 Volt, 4000 Amp.

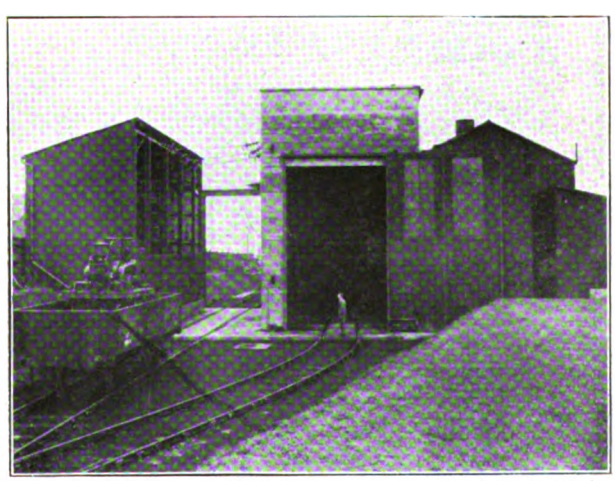
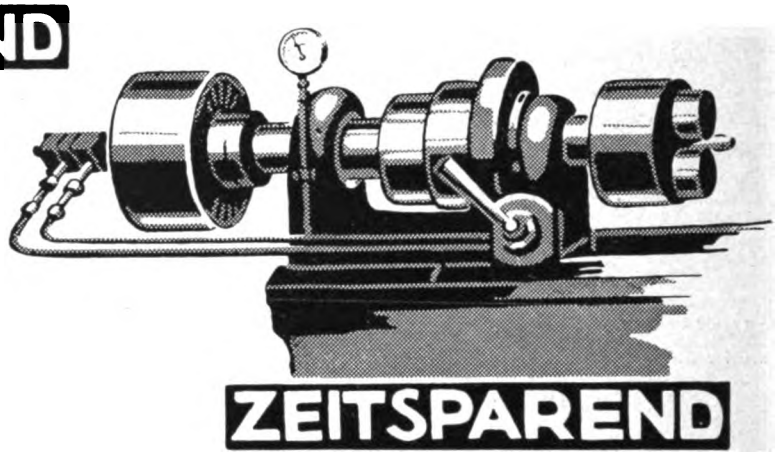


Abb. 8. Ein Blick auf den Prüfstand des Kurzschluß-Prüffeldes.

Digitized by Google

DRUCKLUFTSPANNFUTTER

SIND



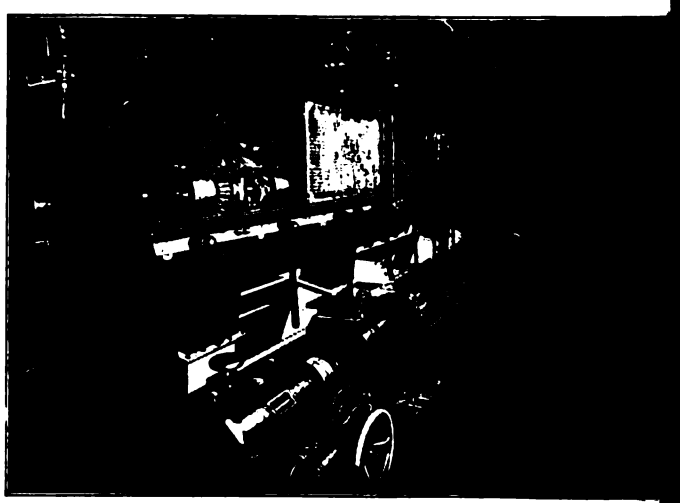
PITTLER

ZEITSPAREND

PITTLER WERKZEUGMASCHINENFABRIK A.-G. LEIPZIG-WAHREN

Für **stufenlose** Drehzahlregelung

Lauf-Thoma-Getriebe



Antrieb von Kohlenstaubzubringern durch Lauf-Thoma-Getriebe

MWF MAGDEBURGER WERKZEUGMASCHINEN-FABRIK AKT.-GES. MAGDEBURG

Digitized by Google

ginering
brary

E T Z

5 1930

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

Inhalt von Heft 25 der ETZ

Fortschritte u. Entwicklungsmöglichkeiten a. d. Gebiete d. Leuchtröhren. Von M. Pirani. 889

Schaltleistung u. Schaltarbeit. Von W. Kaufmann. 895

Was ist unter der Erwärmungszeitkonstante einer el. Maschine zu verstehen? Von H. Osborne. 902

Das Gutachten Dr. Oskar v. Millers über die Reichselektrizitätsversorgung. Von Wöhrle. 904

Die elektrochem. Industrie Schwedens u. deren Stromversorgung. Von Halden. 906

Rundschau:

Netzmodell zur Bestimm. v. Kurzschlußstr. 908 — Das Ruthswerk Charlottenburg d. Berliner Städt. El.-W. 909 — Fehlerquellen durch ungeeignete Schirmung bei Verlustziffermess. 910 — Die Mess. d. Horizontal- u. d. Vertikalintensität des erdmagnet. Feldes mit dem Magnetron. 910 — Kabelkasten mit eingebaut. Schalter u. Steckeranschluß. 911 — Gleislose el. Bahnen oder Autobus? 911 — Kontaktgebevorricht. z. Überwach. v. Walzenstraßen. 911 — Eisenlose Induktionsöfen. 912 — Weitere Untersuch. im oberschles. Bergbau betr. Schleichströme u. Erdungen. 912 — Fernempfänger Telefunken 40. 913 — Änd. der el. Leitfähigk. in starken Magnetfeld. 913 — Der Einfluß des Eisens auf die magnet. Aufnahmefähigkeit d. Aluminiums. 914 — Untersuch. üb. quarzgesteuerte Schwingvorgänge. 914 — Jahresbericht 7 d. Chem.-Techn. Reichsanstalt 1928. 914 — Elektrotechn. Großfilm. 914 — Die Verwend. des sichtbaren u. unsichtbaren Lichtes in d. Heilkunde. 915 — DRP. Nr. 500 000. 915 — Energiewirtschaft. 915 — **Vereinsnachrichten.** 916 — **Bekanntmachung des VDE.** 918 — **Sitzungskalender.** 918 — **Persönliches:** F. A. Spiecker u. C. Borsig, E. Körbitz. 919 — **Literatur:** G. Benischke, G. Spiegler u. A. Fernau, J. R. Brunner, M. Büttner. 919 — **Geschäftl. Mitteilungen.** 920 — **Bezugsquellenverzeichn.** 920 — **Berichtigung.** 920

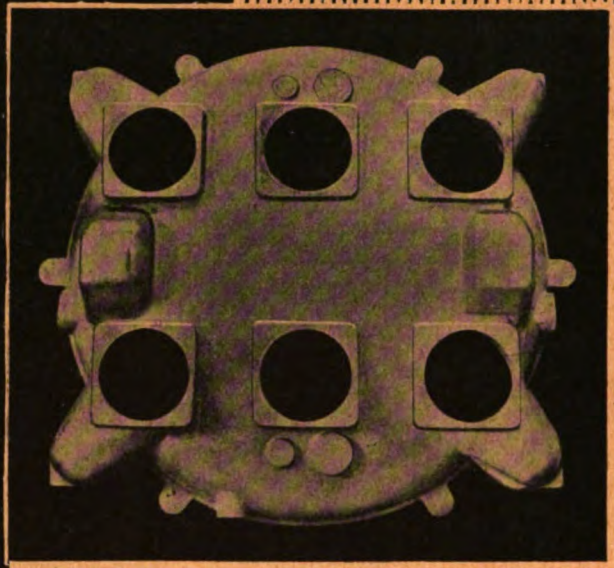
Inhalt des neuesten Heftes des Archiv f. Elektrotechnik

(Bd. 23, H. 6): Fucks, Untersuchung des Helmholtzschen Pendels m. d. Kathodenoszillographen. — Stix, Zusätzl. Kommutierungsverluste in Gleichstromwickl. bei endlicher Stromwendedauer. — Spielhagen, Messung kleiner Wechselstromleist. bei großen Phasenverschieb. — Laub, Die Messung von hohen Wechselspannungen aus dem magnet. Feld d. Verschiebungsstroms. — Rogowski, Wolff u. Klemperer, Weitere Wanderwellenaufnahmen mit dem Kathodenoszillogr. — Gemant, Untersuch. zum Kondensatorentransformator. — Rogowski, Wolff u. Schäffer, Die selbsttät. Aufnahme unwillkürl. Vorgänge m. d. Kathodenoszillographen.

25. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

889-920) 19. Juni 1930

Digitized by Google



Die Elektrotechnik verlangt in vielen Fällen einen

unmagnetischen WERKSTOFF

Diese Forderung erfüllt die Aluminium-Gußlegierung »SILUMIN«, Festigkeit (Sandguß) 17—20 kg/mm², Dehnung 4-8%

Verlangen Sie unsere Prospekte

Metallgesellschaft AG
Frankfurt am Main

Silumin

Weston

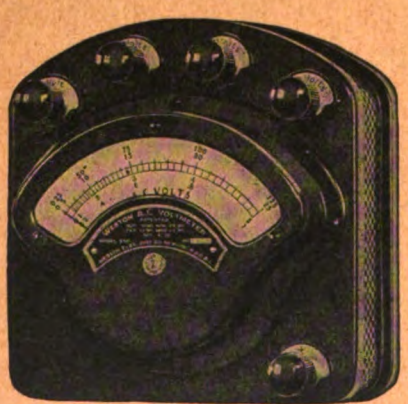
Wechselstrom-Voltmeter

für niedrige Spannungen

Meßbereich von 0,5 Volt an bei einer Empfindlichkeit von 20 Ω/V

Verwendbar für Frequenzen bis 3000 Hz.

Man verlange Spezialliste Nr. 2



Mod. 482
Thermo-System
Mod. 330
Ferrodynam. Meßwerk

db

Generalvertrieb:
Dipl.-Ing. D. Bercovitz & Sohn
BERLIN-SCHÖNEBERG

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 19. Juni 1930 | Heft 25

Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren*.

(Mitteilung der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung m. b. H., Osram-Konzern, Berlin.)

Von M. Pirani, Berlin.

Übersicht. Die bisher zur Lichterzeugung verwandten Temperaturstrahler können auch im günstigsten Falle nur eine verhältnismäßig geringe Lichtausbeute haben, da sie stets große Mengen nicht sichtbarer Strahlung aussenden. Dagegen besteht bei Gasentladungsröhren die Aussicht, eine günstigere Intensitätsverteilung der Strahlung zu erreichen. In den neueren Röhren werden Glühkathoden, insbesondere Oxydkathoden verwendet. Hierdurch wird der Kathodenfall auf Bruchteile eines Volt herabgemindert. Die Röhren können unter Vorschaltung eines Widerstandes oder einer Drosselspule an Netzspannung brennen. Die Elektroden werden nur wenig beansprucht, daher sind hohe Stromstärken — bisher bis zu 100 A — und infolgedessen auch eine hohe Leuchtdichte erreichbar. Bei allzu großer Steigerung der Stromdichte wird das Glas zu stark erhitzt. Man drängt dann die Entladung in einen Metallschlauch z. B. aus Wolframnetz oder in ein Wolframrohr zusammen. So sind Leuchtdichten der gleichen Größenordnung wie bei Temperaturstrahlern von bis zu 600 HK/cm² erreicht worden. Die Röhren werden durch einen Hochfrequenz- oder Hochspannungsstoß gezündet. Die Farbe des Leuchtens ist für jede Gasart charakteristisch und von den Entladungsbedingungen im allgemeinen nicht merklich abhängig. Die Farben sind meist stark gesättigt, doch strahlt eine mit Kohlensäure gefüllte Röhre ein Licht fast der gleichen Zusammensetzung wie Tageslicht aus. Ferner läßt sich durch Mischung verschiedener Farben, z. B. roten Neonlichts, gelber Natriumdampfstrahlung und grünblauen Quecksilberlichts, eine tageslichtähnliche Beleuchtung erreichen. Röhren sind auch verwendbar zur Erzeugung ultraroter und ultravioletter Strahlung.

Schon die ältesten, aus den ersten Anfängen der Technik stammenden Lichtquellen machen sich die Lichtstrahlung hocherhitzter fester Körper zunutze. In der neuzeitlichen elektrischen Glühlampe ist der glühende Wolframdraht an die Stelle der heißen Kohlenstoffteilchen des Kienspans oder des Leuchtgases getreten[1]. Die von festen Körpern infolge Temperaturbewegung der Atome ausgehende Strahlung ist kontinuierlich über das ganze Frequenzgebiet der elektromagnetischen Wellen verteilt. Die Intensitätsverteilung auf die Spektralbereiche ist eine eindeutige Temperaturfunktion.

Für die Hohlraumstrahlung, die Strahlung des sog. schwarzen Körpers, ist die Temperaturabhängigkeit der Strahlung theoretisch berechenbar[2]. Die Änderung der Intensität und Verteilung mit der Temperatur ist aus Abb. 1 zu ersehen.

Die Wärmespektren aller realen festen Körper, die man gewöhnlich „Temperaturstrahler" nennt[3], sind diesem ähnlich. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus stellt der Temperaturstrahler im oben bezeichneten Sinne eine technisch recht dürftige Lösung des Problems der Lichterzeugung dar. Dies ist wesentlich dadurch begründet, daß für die Wirtschaftlichkeit der Lichterzeugung die physiologische Eigenart des Lichtempfängers, nämlich des menschlichen Auges maßgebend ist. Nur die Strahlen des kleinen Wellenlängenbereiches von etwa $4 \ldots 7{,}5 \cdot 10^{-5}$ cm erscheinen dem Auge als Licht.

Lassen wir stets gleichgroße Intensitäten aus den verschiedenen Wellenlängenbereichen auf das Auge wirken, so erhalten wir Eindrücke, die der Qualität und Quantität nach stark verschieden sind. Ausgehend vom langwelligen Gebiete empfinden wir bei etwa 7,5 mμ einen schwachen roten Lichtreiz, dessen Intensität mit abnehmender Wellenlänge wächst. Der Farbton wird beim Übergang zu immer kürzeren Wellenlängen zuerst gelb, dann grün, schließlich blau und endlich violett. Die Intensität des Lichtreizes nimmt dabei von rot und gelb nach gelbgrün zu und fällt dann wieder ab. Diese Helligkeitsempfindung gleicher Intensitätsmengen, die sog. Augenempfindlichkeit, in Abhängigkeit von der Wellenlänge zeigt Abb. 2.

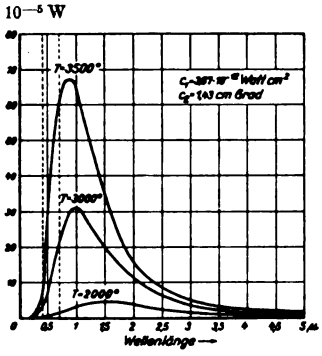


Abb. 1. Intensitätsverteilung im Spektrum des schwarzen Körpers bei verschiedenen Temperaturen.

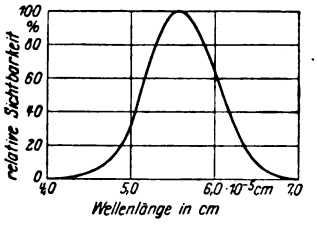


Abb. 2. Augenempfindlichkeitskurve.

Monochromatische Strahlung ruft einen nur dieser Wellenlänge eigentümlichen, von allen anderen unterschiedenen Farbeindruck hervor. Bei Gemischen dagegen aus Strahlung verschiedener Wellenlänge besteht diese eindeutige Zuordnung zwischen Farbeindruck und dem erzeugenden Intensitätsspektrum nicht. Zwar ruft jedes Spektrum einen bestimmten Farbeindruck hervor; jedoch kann dieser gleiche Farbeindruck im Auge auch von einer großen Mannigfaltigkeit anderer Spektren erzeugt werden. Es erscheint dem Auge z. B. eine Strahlung als annähernd weiß, die die Strahlung sämtlicher Wellenlängen in gleicher Intensität enthält; ebenso erweckt aber die Mischung bestimmter Mengen von Strahlung von je zwei zusammengehörigen Farben, den sog. Komplementärfarbenpaaren, den Eindruck Weiß[4]. Auch die Strahlung der Sonne, die wesentlich der eines festen Temperaturstrahlers von 5000 ° abs. entspricht, empfindet das Auge als Weiß.

Dagegen unterscheiden sich solche als gleichfarbig empfundene Strahlungen beträchtlich, wenn sie von selektiv reflektierenden Oberflächen zurückgeworfen werden. Durch das Zusammenwirken von Intensitätsverteilung und spektralem Reflexionsvermögen können so ganz verschiedene Beleuchtungseffekte bei Beleuchtung mit Lichtquellen entstehen, die dem Auge gleichfarbig erscheinen. Wir sind daran gewöhnt, unsere Umgebung durch Reflexion der Strahlen des Tageslichtes zu erkennen, und finden, daß eine künstliche Beleuchtung, bei der die Körper unserer Umgebung in gleichen Farben wie bei Tageslicht erscheinen, eine „angenehme Arbeitsbeleuchtung" abgibt. Eines der Hauptziele der Lichttechnik muß also sein:

---

* Nach zwei am 22. X. 1929 (Festsitzung zum 50jährigen Jubiläum der Glühlampe) und 4. XII. 1929 im Elektrotechnischen Verein gehaltenen Vorträgen, im folgenden EV I und II genannt.

[1] Die Entwicklung schildert z. B. J. Teichmüller, Licht u. Lampe Bd. 18, S. 1295 u. 1364 (1929).

[2] Geiger-Scheel, Handbuch der Physik, Bd. 19. Verlag Julius Springer, Berlin 1928.

[3] Siehe jedoch Pringsheim, Z. Phys. Bd. 57, S. 739 (1929).

[4] Geiger-Scheel, Handbuch der Physik, Bd. 19, S. 17.

Digitized by Google

Licht mit ähnlicher Intensitätsverteilung wie das Tageslicht wirtschaftlich herzustellen. Daneben könnte ein anderes Ziel z. B. die Schaffung einer „warmen" Beleuchtung sein, die mehr die gelben und roten Farbtöne bevorzugt. Man muß nämlich bei der Beurteilung einer Beleuchtung nicht nur mit physikalischen und physiologischen, sondern auch mit psychischen Faktoren rechnen.

Die heute am vielseitigsten benutzte Lichtquelle, die elektrische Glühlampe, ist ein Temperaturstrahler; in ihr wird ein Draht aus Wolframmetall durch elektrische Energie auf eine Temperatur zwischen 2500 und 3100 ° abs. gebracht. In der von dem Draht ausgesandten Strahlung sind also alle sichtbaren Wellenlängen vorhanden. Aber die Farbwiedergabe gegenüber dem Tageslicht ist verschoben, die gelben und roten Töne erscheinen farbtreuer als die blauen und grünen. Die Beleuchtung erscheint infolgedessen „wärmer" als Tageslichtbeleuchtung, was, wie erwähnt, oft erwünscht sein kann.

Die Wirtschaftlichkeit des idealen Temperaturstrahlers ist, vom rein energetischen Standpunkt aus betrachtet, gering; denn, wie Abb. 1 zeigt, ist der auf das sichtbare Gebiet entfallende Anteil der Strahlung klein. Der Anteil ist zahlenmäßig in Zahlentafel 1, Spalte 2, wiedergegeben. Außerdem liegt bis zu Temperaturen von 3000 ° abs. noch der größte Teil des in das sichtbare Gebiet entfallenden Anteils der Strahlung im Rot, wo er nur schwache Lichtreize erzeugt. Die Angabe der Lichtausbeute findet sich in Spalte 3 (Zahlentafel 1). Erst bei höheren Temperaturen nimmt sie infolge der Verschiebung des Maximums der Strahlung nach Grün zu; die Lichtausbeute wächst deshalb zunächst stärker an als der auf das sichtbare Gebiet entfallende Strahlungsanteil.

Aus Zahlentafel 1 ist zu sehen, daß bei der Strahlung des schwarzen Körpers zwischen 6000 und 7000 ° abs. ein Maximum der Lichtausbeute erreicht würde (81 Lm/W). Praktisch müssen wir uns bei Lichtquellen, in denen die Temperaturstrahlung fester Körper benutzt wird, mit viel geringerer Lichtausbeute zufriedengeben. Die Lichtausbeute der Wolframlampe liegt z. B. zwischen 10 und 30 Lm/W[*5]. Wir haben keine festen Körper, die, ohne zu verdampfen oder zu schmelzen, wesentlich höhere Temperaturen als 3500 ° abs. aushalten. Es liegt also bei dieser Temperatur bisher die praktische Grenze der Lichtausbeute für Temperaturstrahler.

Zahlentafel 1. Optischer und visueller Nutzeffekt für die Gesamtstrahlung des schwarzen Körpers. Sichtbares Gebiet von $\lambda = 4{,}1 \cdot 10^{-5}$ cm bis $\lambda = 7{,}2 \cdot 10^{-5}$ cm.

T ° abs.	optischer Nutzeffekt %	visueller Nutzeffekt %
1000	$3{,}33 \cdot 10^{-4}$	$2{,}43 \cdot 10^{-5}$
1500	$8{,}02 \cdot 10^{-3}$	$1{,}32 \cdot 10^{-3}$
2000	1,00	$2{,}46 \cdot 10^{-1}$
2000	4,01	1,20
3000	9,30	3,11
3500	16,0	5,58
4000	22,8	8,11
5500	36,0	13,0
6000	38,9	13,9
7000	39,0	13,8
8000	38,2	13,1
10000	31,0	10,6

Könnte man Energie ohne Verluste in Licht umsetzen, u. zw. nur in grünes Licht der Wellenlänge 555 mμ, bei der das Maximum der Augenempfindlichkeitskurve (Abb. 2) liegt, so würden für 1 Lm 0.00145 W verbraucht (entsprechend 697 Lm/W). Wir sehen also, daß im günstigsten Falle beim idealen Temperaturstrahler (schwarzer Körper) bei 7000 ° 14 % der theoretisch möglichen Wirtschaftlichkeit erreicht werden könnte, daß praktisch jedoch die Grenze schon bei weniger als 5 % liegt. Die tatsächlich praktisch verwendeten Temperaturstrahler verhalten sich zwar günstiger als der ideale Strahler, die Unterschiede sind aber nicht groß.

Wollen wir die Lichtausbeute steigern, so können wir nur dann hoffen, unser Ziel zu erreichen, wenn wir andere Vorgänge, bei denen elektromagnetische Wellen im sichtbaren Gebiet ausgesandt werden, zur Lichterzeugung heranziehen, u. zw. solche, bei welchen nicht wie bei der Temperaturstrahlung die oberste Grenze verhältnismäßig niedrig gesteckt ist. Das Gebiet, zu dem wir geführt werden, ist die leuchtende Entladung, die beim Stromübergang in Gasen entsteht. Besonders interessant sind die Erscheinungen in verdünnten Gasen. Die bekannte älteste Form der Verwendung solcher Entladungen ist die Geißlersche Röhre.

[*5] Wie Fußnote 4; S. 356 u. 420

Diese besteht bekanntlich aus einem Glasrohr, das mit einem Gas unter Druck von einigen Zehnteln bis zu einigen Millimeter gefüllt ist. An draht- oder plattenförmige Elektroden (meist Eisen oder Aluminium) ist eine hohe Spannung angelegt. Beim Stromdurchgang leuchtet das Gas in einer für jede Gasart charakteristischen Farbe.

Zerlegt man die Strahlung einer Gasentladung spektral, so tritt die grundlegende Verschiedenheit zwischen der Strahlung von festen Körpern und Gasen hervor; das Spektrum ist nicht kontinuierlich, sondern es besteht aus einzelnen Spektrallinien oder Spektralstreifen (Banden)[6]. Bei Bogenlampen, die einen Sonderfall der elektrischen Entladung in Gasen darstellen und auf die weiter unten nochmals eingegangen werden wird, sind diese dem kontinuierlichen Spektrum, das von den glühenden Elektroden ausgeht, überlagert. Um sich das Zustandekommen der Spektren zu erklären, stellt man sich nach der Bohrschen Atomtheorie, die in ihren wesentlichsten Zügen durch die weitere Entwicklung der Atomphysik auf Grund der Quantenmechanik gerechtfertigt wurde, das Gasatom etwa als eine Art Planetensystem vor, in dem Elektronen um positiv geladene Kerne in strahlungsfreien, festgelegten Bahnen kreisen. Strahlung wird ausgesandt, wenn ein Elektron von einer energiereicheren auf eine energieärmere Bahn fällt. Die Frequenz ν der Strahlung ist dabei durch die Energie E_1 und E_2 der beiden Bahnen nach der Gleichung $E_2 - E_1 = h\nu$ bestimmt, wobei der Proportionalitätsfaktor h das Plancksche Wirkungsquantum ist. Die „Anregung", der Übergang auf höhere, energiereichere Bahnen, erfolgt in der Gasentladung im allgemeinen durch unelastischen Zusammenstoß der Atome oder Moleküle mit Elektronen größerer Geschwindigkeiten. Der mit der Lichtemission verbundene Übergang zu energieärmeren Bahnen erfolgt in fast allen Fällen innerhalb sehr kurzer Zeiten.

Die grundlegenden Unterschiede der Spektren der festen Körper von denen der gasförmigen sind bedingt durch den Zusammenhang der Atome untereinander. Die linienreichen Spektren von Gasen mit mehratomigen Molekülen zeigen bereits den Übergang vom Atomspektrum zum Kontinuum des festen Körpers an. Dieser Linienreichtum der Molekülspektren ist bedingt durch die Schwingungen der Atome gegeneinander und durch die Rotation des Moleküls, da jedem neuen Freiheitsgrad auch neue Strahlungsmöglichkeiten entsprechen. Gehen wir nun vom Molekül zum festen Körper über, so kommen naturgemäß noch zahlreiche weitere Freiheitsgrade hinzu, welche wiederum die Strahlungsmöglichkeiten vermehren. Bedenkt man nun außerdem, daß intermolekulare Felder oder irgendwelche Unregelmäßigkeiten im Körper in der Regel auf die emittierten Linien stark verbreiternd wirken (Dämpfung), so ist der kontinuierliche Charakter der Spektren fester Körper verständlich. Die Intensitätsverteilung ist, wie erwähnt, bei diesen Spektren sehr ähnlich wie die durch die Gesetze von Kirchhoff und Planck beschriebene des schwarzen Körpers. Ihre Ableitung beruht auf der Annahme, daß sich ein statistisches Gleichgewicht zwischen Energie der Strahlung, der Anregungsenergie und der Wärmeenergie einstellt.

Gase kann man ebenfalls durch hohe Temperatur (etwa im elektrischen Ofen) zum Leuchten bringen. Wegen der geringen Strahlungsdichten besteht jedoch hierbei kein Gleichgewicht zwischen den obengenannten Energieformen. Die Emission ist hier neben den Eigenschaften des Atoms lediglich durch die kinetische Energie der Atome und Moleküle bestimmt, welche sich gegenseitig durch Stoß anregen. Das Gas strahlt auch dabei nicht kontinuierlich, sondern mit dem ihm eigenen Spektrum. Diese Anregungsart hat wegen der sehr hohen hierzu notwendigen Temperatur kaum technische Bedeutung.

Ebenso deutlich wie durch die Strahlungseigenschaften unterscheiden sich die Gase von den festen Körpern, insbesondere von den Leitern, durch ihre Elektrizitätsleitung. Legt man an zwei Elektroden, zwischen denen sich verdünntes Gas befindet, eine geringe Spannung, so hat die Gasstrecke für den Strom einen außerordentlich großen Widerstand. Eine ganz geringe Leitung wird durch stets vorhandene Gasionen und Elektronen erfolgen, über deren Herkunft man nur Vermutungen hat[7]. Unter Gasionen versteht man bekanntlich Moleküle, denen ein Elektron „abhandengekommen" ist oder die ein Elektron „eingefangen" haben und deswegen positiv oder

[6] Nur ausnahmsweise (z. B. Hochdrucklampe, gewisse Arten der Wasserstoffentladung) emittiert die Gasentladung auch schwache Kontinua.

[7] Wien—Harms Handbuch der Experimentalphysik Bd. 13. 3. Teil, S. 12.

Digitized by Google

negativ geladen sind. Eine schwache Leitfähigkeit kann z. B. künstlich dadurch hervorgerufen werden, daß man auf irgend einem Wege z. B. mittels eines Radiumpräparates Ionen oder Elektronen in die Entladungsbahn bringt. Auf die Elektrizitätsträger, Ionen und Elektronen, wirkt das anregende Feld beschleunigend, so daß der ungeordneten Temperaturbewegung eine gerichtete überlagert ist. Bei Feldstärkensteigerung (Vermehrung der Spannung) wird die Größe der gerichteten Geschwindigkeitskomponente zunehmen, folglich auch die Stromstärke, denn es werden in gleicher Zeit mehr Teilchen an den Elektroden entladen. Ist die Zahl der entladenen Träger gleich der der gebildeten, dann tritt bei weiterer nicht allzu großer Spannungserhöhung keine Stromvergrößerung mehr auf (Sättigungstrom) bis die angelegte Spannung gleich der Ionisierungsspannung des Gases wird. Nunmehr steigt die Stromstärke wieder an, weil die Elektronen beim Durchlaufen dieser Spannung soviel Energie aufnehmen, daß sie aus den Atomen bzw. Molekülen durch Stoß neue Elektronen losschlagen können und somit die Zahl der Elektrizitätsträger erhöht wird. Da die neugebildeten Elektronen ihrerseits ionisieren können, bildet sich die sog. „Elektronenlawine" aus. Es geht daraus hervor, daß dabei die Stromstärke exponentiell mit der angelegten Spannung ansteigt.

Vor allem infolge ihrer kleinen Masse bewegen sich die Elektronen im elektrischen Feld sehr viel rascher als die Ionen. Sie sind im wesentlichen (d. h. vermutlich zu 95 %) die Träger der Stromleitung. Die Elektronen werden also aus dem Gas sehr rasch herausgezogen, während die Ionen sich nur sehr langsam fortbewegen. Da nun die Ionisation an der Anode am größten ist (weil ja die Elektronenlawine in der Richtung zur Anode fortschreitet), so wird sich dort ein Überschuß an positiver Ladung ergeben. Infolgedessen wird die Feldstärke vor der Kathode größer werden. Steigert man die Spannung noch weiterhin, so wird die positive Raumladung vor der Anode anwachsen und sich ausbreiten, ein großer Teil des Spannungsabfalles liegt dicht vor der Kathode. Nunmehr fallen die positiven Ionen beschleunigt durch den „Kathodenfall" mit großer kinetischer Energie auf die Kathode und lösen dort Elektronen los. Diese Elektronen ionisieren wiederum das Gas, die Stromstärke steigt rasch an und die Entladung („selbständige" Elektrizitätsleitung) setzt ein. Es ist dies das Gebiet der Glimmentladung. Der Kathodenfall wird infolge der starken Ionisation des Gases durch die Elektronen noch größer; während dieser Vorgänge ist die Kathode von einer Lichthaut, dem kathodischen Glimmlicht, überzogen. An dieser Stelle wird die Hauptmenge der zugeführten Leistung verbraucht und im wesentlichen in Wärme verwandelt. Auch zwischen den Elektroden leuchtet das Gas in der „positiven Säule", u. zw. ist im allgemeinen in verdünnten Gasen die von dieser ausgesandte Strahlung wesentlich stärker als das Kathodenglimmlicht. Bei immer weiterer Stromsteigerung wird die Kathode infolge des Ionenbombardements glühend; sie emittiert Glühelektronen, die Spannung zwischen den Elektroden sinkt auf wenige Volt. Es entsteht die Bogenentladung.

Die Strahlungen, die vom Glimmlicht und von der positiven Säule bei Entladungen in verschiedenen Gasen ausgesandt werden, bestehen stets aus Linien oder Banden. Intensität und Zahl der Linien sind von den Entladungsbedingungen (z. B. Gleichstrom oder Hochfrequenz), welche die Elektronengeschwindigkeit bestimmen, in hohem Maße abhängig. Außerdem sind der Gasdruck, die Gasart (kleine Beimengungen haben oft großen Einfluß) maßgebend. Für die elektrischen Daten der Gasentladung spielen das Material der Elektroden und die Gefäßform eine wichtige Rolle. Diese Fülle von Variablen macht es verständlich, daß nicht nur eine exakte theoretische Erforschung große Schwierigkeiten bietet, sondern daß auch der Experimentator mit vielen Rückschlägen zu rechnen hat, wenn er die gestellte lichttechnische Aufgabe, Gasentladungen als Lichtquellen auszubilden, lösen soll.

An Hand von Versuchen sollen einige der Schwierigkeiten und die bisher zu ihrer Überwindung gefundenen Methoden gezeigt, zugleich soll einiges des vorher Gesagten durch Versuche bekräftigt werden.

1. Versuch. — Zur Kennzeichnung des Zusammenhanges zwischen Energieaufnahme und Leuchtfarbe bei Temperaturstrahlern und bei leuchtenden Gasen wird folgender Versuch vorgenommen: Eine Wolframlampe wird mit einem Widerstand und drei Entladungsröhren (einer Neon-, einer Quecksilber- und einer Stickstoffröhre) in Reihe geschaltet. Wird die Stromstärke allmählich von 30 auf 100 mA erhöht, so ändert sich die Farbe der Lichtstrahlung bei der Wolframlampe stark mit der Leistungsaufnahme, u. zw. von Rot nach Gelbweiß. Die Entladungsröhren dagegen zeigen keine Farbänderung trotz der Stromdichtenerhöhung. Wie Wolfram verhalten sich auch die meisten festen Körper bei Vergrößerung der Leistungszufuhr (z. B. Tantal, Kohle u. a. m.). Nach dem Aussehen des Lichtes kann man glühende feste Körper voneinander nur in seltenen Fällen und dann nur bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen unterscheiden[5]. Die Gase dagegen haben, wie schon gesagt, ein charakteristisches Spektrum; man erkennt aus ihm stets ohne weiteres, welches Gas strahlt.

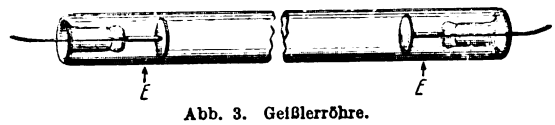


Abb. 3. Geißlerröhre.

Die in Abb. 3 gezeigte Entladungsröhre entspricht etwa dem Stand der Entwicklung der Gasentladungsröhren bis vor etwa 2 Jahren. Die Lichtstärke, Lichtausbeute und Leuchtdichte der Röhren sind gering, zum Betrieb sind hohe Spannungen (etwa 1000 V/m bei 20 mm Röhrendurchmesser) nötig. Solche Röhren werden (in Buchstaben- und Zeichenform) vor allem als Leuchtzeichen in der Reklametechnik verwendet. Für Beleuchtungsanlagen würden zur Erzielung genügender Lichtstärken sehr lange Röhren erforderlich sein. Neben der geringen Lichtstärke wirkt im allgemeinen die ausgesprochene Farbigkeit hinderlich für die Einführung in der Beleuchtungstechnik, da das Arbeiten bei ausgesprochen farbiger Beleuchtung auf psychisch-physiologische Schwierigkeiten stößt, die sich bis zum körperlichen Mißbehagen steigern können.

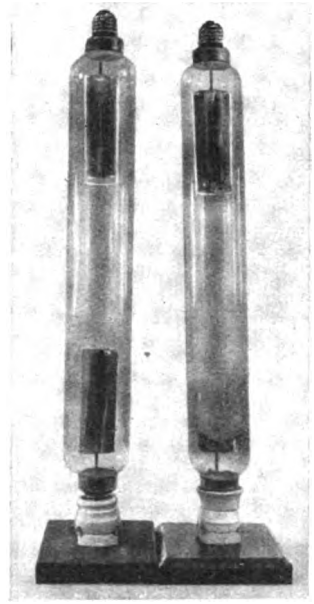


Abb. 4. Überlastungsversuch an Gasentladungsröhren.

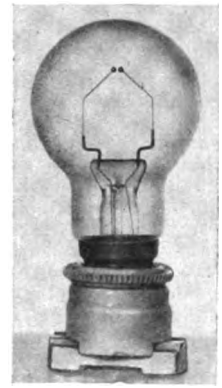


Abb. 5. Wolframbogenlampe.

Soll die Weiterentwicklung der Gasentladungsröhren diesen neue Verwendungen in der Beleuchtungstechnik erschließen, so muß neben einer Erhöhung der Leuchtdichte und der Lichtausbeute für die Anwendung als Arbeitsplatz- und Wohnbeleuchtung stets eine Angleichung der Farbe an die uns gewohnten Lichtquellen und eine Strahlungszusammensetzung, die unsere Umgebung farbentreu wiedergibt, erstrebt werden. Handelt es sich nicht um Beleuchtung von Arbeitsplätzen, so könnte die Farbigkeit im Gegenteil zu neuen Anregungen auf dem Gebiete der Innen- und Außenarchitektur Veranlassung geben.

Eine weitere Voraussetzung für die allgemeine Verwendung von Leuchtröhren ist Anpassung der Lichtquelle an die gebräuchlichen Spannungen.

2. Versuch: Erhöhung der Lichtstärke. — Es soll versucht werden, die Erhöhung der Lichtstärke durch Stromsteigerung zu erreichen. Eine Röhre mit 8 mm Helium gefüllt liegt an 800 ... 1200 V Spannung. Bei Steigern der Stromstärke auf 4 A nimmt die Leuchtdichte zu, gleichzeitig jedoch fängt die Elektrode an zu glühen und das Licht wird weißlich, schließlich schmilzt infolge der Wärmeentwicklung die Elektrode (Abb. 4). Dieser Ver-

[5] Wie Fußnote 4.

Digitized by Google

such zeigt, daß ein großer Teil der Energie an den Elektroden in Wärme verwandelt wird.

Wir wollen noch die elektrischen und lichttechnischen Daten der Lampe mit denen von Temperaturstrahlern vergleichen. Die Stromdichte der Gasstrecke war sehr gering, etwa $^1/_{100\,000}$ der eines Glühdrahtes. Z. B. hat der Draht einer 50 W-Lampe eine Strombelastung von $3 \cdot 10^6$ A/cm², die Leuchtröhre dagegen hatte nur 0,1 ... 0,2 A/cm². Die Leuchtdichte beim Schmelzen der Elektroden betrug nur etwa $^1/_{100}$ der des Glühdrahtes einer Wolframlampe beim normalen Betrieb. Man sieht also, daß man, wenn die Strombelastbarkeit und damit gleichzeitig die Leuchtdichte nicht gesteigert werden können, sehr ausgedehnte Gasentladungsröhren brauchen würde. Der spezifische Widerstand der Gasstrecke ist, wie aus Strom- und Spannungsdaten ersichtlich wird, außerordentlich groß. Mit normalen Netzspannungen kann man nicht auskommen, sondern muß schon bei kurzen Gasstrecken hohe Spannungen anwenden. Die Röhren können also nur mit Transformatoren betrieben werden.

Um die Schwierigkeiten, die sich bei dem beschriebenen Versuch gezeigt haben, zu überwinden, kann man zwei Maßnahmen ergreifen: Das Schmelzen der Elektroden wird vermieden, indem man sie aus einem höherschmelzenden Metall herstellt. Der Widerstand der Gasstrecke wird verringert, indem man sie stark verkürzt. Man kommt dann zu der in Abb. 5 gezeigten Bogenlampe. Die Leuchterscheinung geht hier hauptsächlich von den Elektroden aus, die im vorliegenden Fall aus Wolfram bestehen und eine Temperatur von rd. 2900 ° abs. annehmen. Wir sind also wieder beim festen Temperaturstrahler angelangt, der nur diesmal auf andere Art geheizt ist, nämlich durch die Energie, die an den Elektroden beim Aufprallen der Elektrizitätsträger frei wird. Außer der Temperaturstrahlung des Wolframs ist noch die des Gases vorhanden. Diese Art von Bogenlampen hat für allgemeine Beleuchtungszwecke keine Bedeutung, findet aber für Sonderzwecke, auf die hier nicht eingegangen wird, Verwendung.

Bei der Ausführung des 2. Versuches wurde außer dem Schmelzen der Elektroden noch etwas anderes beobachtet: Die ursprünglich gelbliche Heliumentladung verfärbte sich und wurde schließlich blendend weiß. Der Grund liegt darin, daß infolge der Erhitzung aus Glaswänden und Elektroden Gase frei werden, die durch kleinere Elektronengeschwindigkeiten anregbar sind und infolgedessen leichter als Helium zum Leuchten kommen. In Zahlentafel 2 sind die Gase, nach ihren Anregungspannungen geordnet, aufgezählt. Es wird immer das nachstehende Gas bei einer Mischung mit dem vorstehenden zuerst zum Leuchten kommen. Die Anregungspannungen liegen zwischen 2 und 20 V. Die weißliche Verfärbung der Entladung rührt bei dem besprochenen Versuch 2 von Kohlenwasserstoffen her. Ähnlich gibt auch Kohlenoxyd infolge der großen Anzahl seiner im sichtbaren Gebiet liegenden Banden ein weißliches Licht. Die spektrale Verteilung ist dabei so regelmäßig, daß auch farbige Gegenstände in derselben Farbe wie bei Tageslicht („Novembertag"), also farbentreuer als bei Glühlampenlicht erscheinen. Man kann also die bei dem Versuch gemachte Beobachtung zur Herstellung einer weißen Lichtquelle verwenden.

Zahlentafel 2. Anregungspannung verschiedener Gase.

Gasart	He	Ne	Ar	H_2	N_2	O_2	CO	Hg	Na
Volt	19,7	16,6	11,6	11,5	7,9	7,9	6,0	4,9	2,1

Man stellt solche Entladungsröhren am bequemsten mit Kohlensäurefüllung her, da sich aus ihr bei Durchgang von elektrischen Entladungen das benötigte Kohlenoxyd bildet. Die Kohlensäurelampe wird gern in Färbereien oder gewerblichen Betrieben, bei denen es auf Erkennung von Farbunterschieden und Farbvergleichen ankommt, angewandt; eine Lampe, wie sie benutzt wird, ist in Abb. 6 zu sehen. Der Herstellung einer solchen Lampe stellen sich jedoch gewisse Schwierigkeiten entgegen, welche durch den nächsten Versuch deutlich gemacht werden sollen. Schwierigkeiten, die sich nicht nur bei der Herstellung von Kohlensäureröhren, sondern allgemein bei der Herstellung von Leuchtröhren mit Unedelgasen bieten[9].

3. Versuch. — Eine Gasentladungsröhre ist mit Neon gefüllt. In einem Ansatz befindet sich eine Verbindung, die bei Erhitzung Kohlensäure abgibt. Wird dieser Ansatz erwärmt, so sieht man, daß das Licht von Rot in Weiß umschlägt. Es ist dies die systematische Wiederholung der vorher an Helium zufällig gemachten Beobachtung. Die Erhitzung des Ansatzes wird nun ausgesetzt. Bei Fortsetzung des Betriebes schlägt die Farbe wieder in Rot um, d. h. die Kohlensäure verschwindet. Auch die elektrischen Daten der Entladung ändern sich beim Farbumschlag. Wäre kein Edelgas vorhanden, so würde beim Verschwinden der Kohlensäure die Röhre ganz „hart" werden, die Entladung würde aussetzen.

Durch was ist die Kohlensäure aufgezehrt worden? Man sieht, daß gleichzeitig mit dem Farbumschlag nach Rot ein Glasbelag, vor allem an den Elektroden, auftritt. Dieser besteht aus zerstäubtem Elektrodenmaterial, und es hat sich gezeigt, daß ein ursächlicher Zusammenhang zwischen dem Verschwinden des Gases und diesem Belag besteht. Das zerstäubte Material der Elektroden bindet die Kohlensäure bzw. das Kohlenoxyd, das dann durch Erhitzen des Ansatzrohres wieder ersetzt werden kann. Man sieht durch diesen Versuch deutlich, welche Schwierigkeiten sich der Ausbildung von Entladungsröhren mit langer Lebensdauer bei Unedelgasen entgegenstellen. Es tritt ein allmähliches Verschwinden des Gases ein, und man muß nach Mitteln suchen, um das Gas selbsttätig wieder zu ersetzen.

Abb. 6. Tageslichtlampe mit Kohlensäurefüllung.

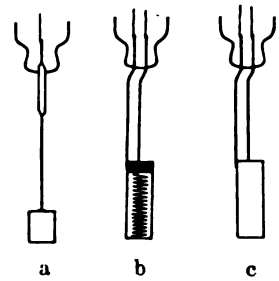


Abb. 7. Oxydelektroden für Gasentladungsröhren: a) Blockelektrode für Wechselstrom der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung, b) und c) Blechtopfelektrode nach Hull.

Nachlieferungseinrichtungen für die Kohlensäurelampe wurden früher mit beweglichen Teilen, meistens mit einem Verschluß, der als Absperrflüssigkeit Quecksilber enthielt, hergestellt. Diese beweglichen Teile erschwerten den Transport und ließen die Nachlieferung unsicher werden. Man ging später dazu über, die Nachlieferung aus in den Elektroden angebrachten kohlensäureabspaltenden Verbindungen vorzunehmen[10]. Diese Art der Nachlieferung wird durch die Temperatur der Elektroden geregelt. Da die Temperatur jedoch keine eindeutige Funktion der Gaszusammensetzung ist, war infolgedessen die Nachlieferung auch so noch unsicher und vor allem von Spannungschwankungen abhängig. Neuerdings ist man deswegen dazu übergegangen, die Röhre mit einem Ansatz zu bauen, der eine Verbindung enthält, welche Kohlensäure bei Erhitzung abspaltet. Das Problem, das zu lösen war, ist, die Erwärmung derart mit der Röhrencharakteristik zu koppeln, daß die Nachlieferung lediglich durch den Teil der elektrischen Betriebsgrößen beeinflußt wird, der von der Gaszusammensetzung abhängt; die Wirkung von Schwankungen der Netzspannung ist dabei auszuschalten. Dies ist durch eine geeignete Schaltung möglich. Die Regelung der Temperatur des Ofens für die Nachlieferungsvorrichtung ist so empfindlich, daß keine für das Auge wahrnehmbare Farbänderung bei Gebrauch der Röhren während der ganzen auf etwa 1500 h berechneten Lebensdauer eintritt. Die Lampe ändert ihre Farbe auch nicht bei Spannungschwankungen bis zu ± 20 %.

Die Kohlensäurelampe hat keine sehr gute Wirtschaftlichkeit, nämlich etwa 3 ... 5 Lm/W. Ihres hohen Preises wegen empfiehlt sich eine solche Anlage nur da, wo es wirklich auf sehr genaue Angleichung an das Tageslicht ankommt. In der Kohlensäure-Gasentladungslampe haben wir eine Lösung des Problems der Herstellung von Tageslicht vor uns. Diese Leuchte hat aber sonst noch alle Merkmale der alten Gasentladungsröhren, wie hohe Betriebspannung, geringe Leuchtdichte und geringe Lichtausbeute. Für Allgemeinbeleuchtung scheidet sie also, abgesehen von Sonderfällen, aus.

[9] F. Skaupy, Z. Techn. Phys. Bd. 8, S. 558 (1927).

[10] F. Skaupy, Z. Techn. Phys. Bd. 8, S. 559 (1927).

Digitized by Google

Die Probleme der Leuchtdichtenerhöhung und Wirtschaftlichkeitsverbesserung sowie des Herstellens von Lampen für Netzspannung sind also noch zu lösen. Einen Hinweis, an welcher Stelle die Bearbeitung dieser Probleme einzusetzen hat, haben wir durch die beschriebenen Versuche bereits erhalten. Die Vorgänge, die uns als Schwierigkeiten entgegengetreten sind, haben sich alle an den Elektroden abgespielt. Dort haben wir die großen Energieverluste, die zur Zerstörung der Elektroden führten, beobachtet, dort auch den Zerstäubungsvorgang. Die eingangs gegebene theoretische Betrachtung der Feldstärkenverteilung in einer Gasentladung führte ebenfalls zwangläufig auf die Vorgänge an den Elektroden, besonders an der Kathode. Wir beobachteten, daß bei den bisher angestellten Versuchen die Stromleitung mit dem Kathodenfall unlöslich verknüpft war, nämlich so, daß ohne Kathodenfall die Erzeugung der notwendigen Ladungsträger nicht stattfindet. Anderseits ergibt sich bei Berechnung der an den Elektroden freiwerdenden Energie durch Multiplikation des meist mehrere hundert Volt betragenden Kathodenfalls mit der Stromstärke in der Röhre, daß diese Erzeugungsart offenbar unwirtschaftlich ist. Voraussetzung für die Herstellung einer wirtschaftlich arbeitenden Entladungsröhre für Netzspannung ist nach den Ergebnissen der Theorie und der Versuche die Lösung der Aufgabe, an oder in den Elektroden unter möglichst geringem Energieaufwand die für die Stromleitung notwendigen Elektronen zu erzeugen.

Wehnelt hat vor der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 21. IX. 1904[11], also vor etwas mehr als 25 Jahren den Weg gezeigt, auf dem man Elektronen aus der Kathode freimachen kann, ohne daß erhebliche Energiebeträge verloren gehen. Er verwandte zur Erzeugung von Elektronen (damals negative Ionen genannt) glühende Oxyde der Erdalkalimetalle Kalzium, Barium, Strontium. Später fand er dann, daß alle Körper, wenn sie glühen, in höherem oder geringerem Maße Elektronen aussenden. Aber man ist späterhin, wenn man eine starke Elektronenemission bei niedriger Temperatur wünschte, immer wieder auf die Erdalkalien zurückgekommen. Wehnelt wies auch damals schon darauf hin, daß sich die von ihm angegebenen Elektroden zur Untersuchung der unter diesen Versuchsbedingungen äußerst hellen Lichterscheinungen in der positiven Säule der Gase ausgezeichnet eigneten. Die Wehnelt-Elektroden vor 25 Jahren boten jedoch keine Möglichkeit wirtschaftlich-technischer Verwertung. Ihre Lebensdauer, meist höchstens einige Stunden, genügte nur für die mit ihnen angestellten physikalischen Experimente. Elektroden für Gasentladungsröhren nach dem Wehneltschen Prinzip herzustellen, ist erst eine Errungenschaft der letzten Jahre.

Es sind vor allem zwei Elektroden, die dieses Prinzip verwerten: Die amerikanische Blechtopfelektrode mit Innenheizung[12] und die von der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung in Berlin hergestellte Blockelektrode mit oder ohne Heizung. Die amerikanische Elektrode besteht aus einem von innen elektrisch beheizten Nickeltopf, der mit Oxyden bestrichen ist, die Elektrode der Studiengesellschaft ist aus einer Mischung von Metall und Oxyden, die selbst leitet, hergestellt. Die beiden Elektroden sind in Abb. 7 wiedergegeben. Die in Amerika ausgearbeitete Ausführung eignet sich hauptsächlich für Gleichstromlampen und wird für Wechselstrom durch eine Art von Gleichrichterschaltung unter Verwendung von Röhren mit 2 Anoden brauchbar gemacht. Die bei der Studiengesellschaft ausgearbeitete Elektrode ist für Gleich- und Wechselstrom bestimmt. Sie braucht bei Wechselstrombetrieb nicht erhitzt zu werden, sondern die Erhitzung der kleinen, Elektronen aussendenden Körper erfolgt durch den in der vorhergehenden Wechselstrom-Halbperiode auftretenden Anodenfall, der etwa 10 ... 12 V beträgt. Die amerikanische Elektrode, in einer Heliumröhre eingebaut, zeigt Abb. 8. die Elektrode der Studiengesellschaft, in einer Neon-Wechselstromröhre, Abb. 9.

4. Versuch. — Da die Gasentladungsröhre im kalten Zustand einen sehr großen Widerstand hat, kommt sie beim Anlegen der Netzspannung nicht von selbst in Betrieb. Es muß vielmehr die zur Einleitung der selbständigen Entladung notwendige Elektronenlawine erzeugt werden. Bei der Wechselstromröhre kann dies z. B., ohne die Elektroden anzuheizen, dadurch geschehen, daß für den Bruchteil einer Sekunde etwa die 7fache Röhrenspannung angelegt wird. Der Zündungsvorgang selbst, der mit der Erhitzung der Elektroden, wenn sie Anode sind, verbunden ist, dauert je nach Größe der Elektroden ½ ... 2 s und benötigt die etwa 3fache Röhrenspannung. (Versuch.) Der kurzzeitige Spannungsstoß kann von einem sehr kleinen Hilfsapparat geliefert werden, welcher dabei weniger als $^1/_{10}$ der späteren Leistungsaufnahme der Röhre zu liefern braucht; z. B. genügt für eine 20 A-Röhre für 100 V ein 100 W-Transformator, der eine Anfangspannung von 650 V gibt.

Ein anderes Verfahren zur Zündung besteht in der Verwendung einer Hochfrequenzanregung, die ebenfalls äußerst schwach sein kann, z. B. 5 ... 10 W für eine 200 W-Röhre. Hierbei empfiehlt es sich, eine Schaltung zu wählen, bei welcher die Elektroden geheizt werden und dann die Entladung durch kurzzeitiges Anlegen einer Hochfrequenz-Hochspannung eingeleitet wird. Zur Erzeugung der Hochfrequenz-Hochspannung werden kleine Unterbrecherapparate mit Schwingungskreis verwendet, welche sowohl an Gleich- als auch an Wechselstrom angeschlossen werden können und in der Technik für Feuerzeuge und Zündinduktoren bereits in ziemlich großem Maßstabe Verwendung gefunden haben. (Versuch.) Es ist klar, daß die Schalter so durchgebildet werden können und durchgebildet worden sind, daß alle Vorgänge, die zum Inbetriebsetzen der Röhren nötig sind, selbsttätig erfolgen.

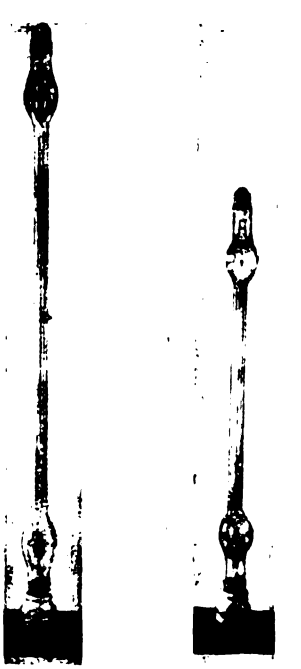


Abb. 8. Heliumröhre mit Blechtopfelektrode.

Abb. 9. Neon-Wechselstromröhre mit Blockelektrode.

Abb. 10. Gasentladungsröhre für 100 A und Geißlerröhre.

Was haben nun die neuen Glühelektroden an der Entladung geändert? Augenfällig ist die höhere Leuchtdichte; die elektrischen Meßinstrumente zeigen, daß dies auf den gänzlich veränderten Strom- und Spannungsverhältnissen beruht. Statt 1000 V liegen an einer Neonentladungsröhre von 70 cm Länge und 2 cm Dmr. nur etwa 100 V. Eine Stromstärke von 2 A ruft keine übermäßige Wärmeentwicklung an den Elektroden hervor. Eine Feldstärkenbestimmung in der Röhre zeigt den Grund: der Kathodenfall ist fast verschwunden, er beträgt nur noch Bruchteile von Volt. Der Anodenfall beträgt wie erwähnt etwa 10 V.

Die Leistungsverluste an der Kathode fallen also bei geheizten Oxydelektroden fort. Mit einem Leistungsaufwand von etwa 100 W Anheizung können Elektroden für 100 A Betriebstrom auf die zur Einleitung der Entladung notwendige Temperatur gebracht werden. Die Stromdichte der Entladung, auf die Elektrodenoberfläche berechnet, beträgt dann etwa 2 ... 3 A/cm² und der Leistungsaufwand an den selbstgeheizten Wechselstromelektroden bei den vorgeführten Röhren während des Betriebes etwa 15 % der Gesamtleistung. Ein Teil dieser Leistung wird in Form von Licht ausgestrahlt. Die Spannung an den Röhren beträgt etwa 100 V. Um die Entladung an Röhren dieser Länge aufrechtzuerhalten, müssen etwa 200 V vorhanden sein; der überschüssige Anteil der Spannung wird abgedrosselt. Als Vorschaltwiderstand dient bei Wechselstrom eine Drosselspule, die etwa 10 % der Gesamtenergie verzehrt; gegebenenfalls kann auch ein Kondensator verwandt werden. Zur Zeit sind Kondensatoren mit den benötigten elektrischen Daten (rd. 30 µF für eine 2 A-Röhre) jedoch noch zu teuer und zu umfangreich.

[11] Wehnelt, Ber. d. Dt. Phys. Ges. Bd. 6, S. 224.
[12] Hull, J. Am. Inst. El. Engs. Bd 47, S. 798 (1928. C. G. Found u. J. D. Forney, ebenda S. 855.

Digitized by Google

5. Versuch. — Abb. 10 zeigt eine 100 A-Röhre zugleich mit einer früher üblichen Geißlerröhre. Diese Röhre dürfte wohl die größte bisher hergestellte Leuchtröhre sein. Eine Starkstromröhre für 100 A mit Neon (rot) in Hintereinanderschaltung mit einer Edelgas-Quecksilberröhre (blaugrün, jede Röhre für 55 V, Gesamtspannung 220 V) wurde vorgeführt. Ferner wurden Röhren für geringere Stromstärken mit Helium (weißlich-rosa) und Edelgas-Natrium (rein gelb) gezeigt[13]. Die Leuchtdichte der Röhren ist etwa 10mal so groß wie die der früheren Edelgasröhren und beträgt etwa 5 HK/cm².

Bei der Entwicklung hat die Natriumdampfröhre die meisten Schwierigkeiten bereitet, da neben der Elektrodenfrage die Glasfrage zu lösen war. Die in der Röhre verwandten Materialien dürfen von heißen Natriumdämpfen nicht reduziert werden. Die Herstellung des Glases stieß auf besondere Hindernisse, da anfänglich die nicht reduzierbaren glasgebenden Verbindungen sich im Schmelzvorgang und in der Verarbeitung wesentlich anders als die üblichen Gläser verhielten.

Das Licht der Na-Röhre zeichnet sich dadurch aus, daß es fast völlig monochromatisch ist; die Spektralaufnahme (Abb. 11) zeigt, erst wenn die Na-Linie sehr stark überbelichtet wird, noch einige äußerst schwache Linien in anderen Teilen des Spektrums, so daß eine Verfärbung des Lichtes, wie es z. B. bei Glühlampen im Nebel zu befürchten ist, niemals eintreten kann. Augenfällig wird dies bei Betrachtung einer solchen Natriumlampe (6. Versuch[14]) durch beliebig gefärbte Glasfilter; sie erscheinen immer gelb.

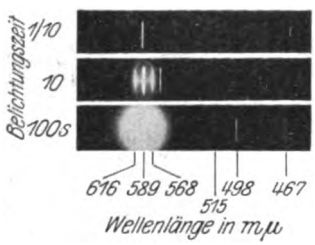


Abb. 11. Na-Spektrum, mit verschiedenen Belichtungszeiten aufgenommen.

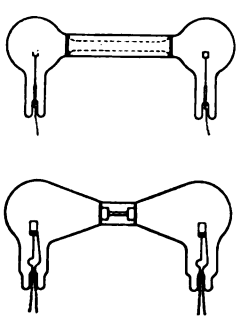


Abb. 13. Verschiedene Ausführungsformen von Entladungsröhren mit Metallschlauch.

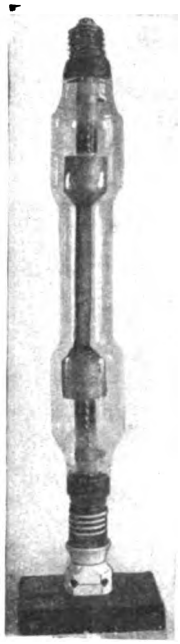


Abb. 12. Entladungsrohr, in dem die Entladung durch einen Metallnetzschlauch auf einen geringen Querschnitt zusammengedrängt wird.

Neben der Weiterentwicklung der gewöhnlichen Gasentladungsröhre ist es gelungen, einige Sonderprobleme der Lösung näherzubringen, so z. B. das der weiteren Steigerung der Leuchtdichte. Die Leuchtdichte in Gasentladungsröhren ist im Verhältnis zu der der Temperaturstrahler im allgemeinen außerordentlich gering (Zahlentafel 3). Zur Vergrößerung der Leuchtdichte müssen wir die Querschnittsbelastung steigern. Tut man das, so gelangt man bald an die Grenze, bei der die Wärmeentwicklung an der Glaswand (infolge Rekombination von Elektronen und Gasionen und durch unelastischen Anprall) so groß wird, daß das Rohr schmilzt, wie sich durch einen Versuch leicht zeigen läßt (7. Versuch). Auch die Verwendung von höher schmelzenden Rohren als Quarzrohren hilft nicht viel. Man kommt nicht weit über 20 HK/cm² hinaus, also erst auf den etwa 10. Teil der Leuchtdichte eines Glühlampenfadens. Es wurde daher ein neuer Weg gesucht, um die Leuchtdichte zu steigern. Die Glasröhre muß von der eigentlichen Entladungstrecke abgeschirmt werden. Versuche zeigten, daß sich durch ein isoliert eingebautes Metallrohr, welches auch aus weitmaschigen Metallgeweben hergestellt sein kann, damit es „durchsichtig" ist, die Entladung zusammenschnüren läßt. Man kann damit Stromdichten von 400 ... 500 A/cm², also das rd. 2500fache der bisherigen Leuchtröhren erreichen. Die bisher erreichten Leuchtdichten betragen etwa 300 ... 600 HK/cm². Die gleiche Leuchtdichte hat z. B. der Draht kleinerer Wolframlampen. Eine Lampe, in der der Metallschutz aus einem Metallnetz besteht, ist in Abb. 12 gezeigt (8. Versuch). Abb. 13 zeigt den Aufbau schematisch. Von einer gewissen Länge an, die von Gasdruck und Gasart abhängt, fängt das Metallrohr als Zwischenelektrode zu wirken an. Man muß dann die gesamte Länge aus Stücken, die voneinander isoliert sind, zusammensetzen.

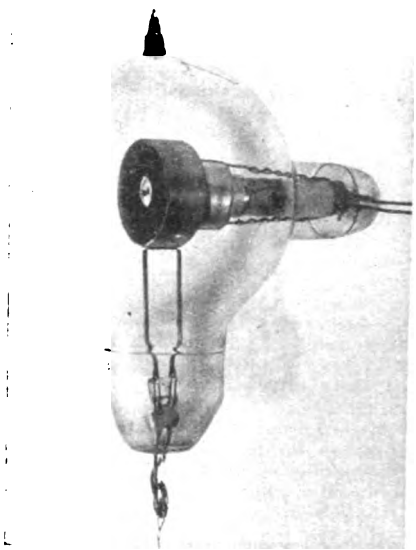


Abb. 14. „Lichtspritze".

Eine andere Art von Lampen mit hoher Leuchtdichte, „Lichtspritzen", zeigt Abb. 14. Es ist hier das Einschnürungsrohr geschlossen und so angeordnet, daß es bis in die ringförmig ausgebildete Anode hineinragt. Man sieht in der Längsrichtung hinein, durch den Anodenring hindurch.

Es sei zum Schluß auf die Verwendungsmöglichkeiten und auf die erzielbare Lichtausbeute eingegangen. Wie schon gesagt, wird die Möglichkeit, helle, stark farbige Lichtquellen anwenden zu können, ein neues Konstruktionselement für Innen- und Außenarchitektur geben. Für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen scheint die starke Farbigkeit hinderlich zu sein. Nun zeigt der Versuch aber, daß durch Kombination mehrerer passend ausgesuchter farbiger Röhren ein annähernd weißes Licht entsteht. Mischt man z. B. Neon- mit Quecksilberlicht in einer weißen, durchscheinenden Hülle, so sieht diese bereits weiß aus (9. Versuch). Jedoch fehlt diesem Licht, wie die Betrachtung von Farbtafeln zeigt, vor allen Dingen noch Gelb. Manche der durch Reflexion sichtbaren Körper erscheinen also noch in unnatürlichen Farbtönen. Nimmt man eine dritte andersfarbige Lichtquelle, z. B. die Natriumröhre oder Glühlampenlicht, hinzu, so erhält man ein Weiß, das alle Farbtöne einigermaßen natürlich wiedergibt. Nimmt man Natrium und Neon zusammen, so erhält man ein außerordentlich warmes Licht, welches dem Kerzenlicht ähnelt und auch eine Farbveränderung der betrachteten Gegenstände gibt, die der des Kerzenlichtes ähnelt. Außer diesen Kombinationen sind noch viele andere unter Zuhilfenahme anderer Gase und Dämpfe und unter Zuhilfenahme von Fluoreszenzwirkungen möglich, so daß man die ganze Skala der Farbtöne durchlaufen kann.

Selbstverständlich ist die Herstellung von im ultraroten und ultravioletten Gebiete strahlenden Lichtquellen bei Verwendung geeigneter Gläser auch möglich; z. B. gibt Helium viel ultrarotes Licht, Stickstoff, Wasserstoff und Quecksilber starke ultraviolette Emission.

Zur Frage der Lichtausbeute sei zuerst auf die Messung der verwendeten Energie eingegangen. Wir können die Leistungsaufnahme entweder an den Enden der Röhre (physikalisch-technische Messung) oder unter

[13] Nur im Vortrag EV II.
[14] Nur im Vortrag EV II.

Digitized by Google

Zahlentafel 3. Leuchtdichte von Temperaturstrahlern und Gasentladungsröhren.

Temperaturstrahler

Lichtquelle	Leuchtdichte HK/cm²
Kohlefadenlampe 3,5 W/HK$_h$	71
Wolframlampe luftleer 40 W	238
Wolframlampe gasgefüllt 100 W	802
„ „ 2000 W	1 870
positiver Krater der Reinkohlenbogenlampe	15 500
Azetylenflamme	6,0 ... 9,0

Entladungsröhren

	Röhrendurchmess. cm	Stromdichte A/cm²	Leuchtdichte HK/cm²
Moorelicht	4,0	0,025	0,2
Neon-Reklamebeleuchtung	2,0	0,025	0,25
Heliumröhre	2,0	0,64	1
Quecksilberdampfröhre	3,0	0,5	2
Natriumdampfröhre	1,5	1,13	6
Neonröhre 2 A	2,0	0,64	2
„ 100 A (Abb. 10)	6,5	3,0	15
Neonentladung in Wolframrohr, durch seitlichen Schlitz betrachtet	1,0	7,1	31
Neonentladung in Schlauch aus Wolframnetz (Abb. 12)	Schlauchlänge 8	12	axial 100
	Schlauch-Dmr. 1,1		horizontal 10
Neonentladung in Wolframrohr, in axialer Richtung betrachtet (Abb. 14)	Rohrlänge 1	630	300
	Rohr-Dmr. 0,2		
Neonentladung, durch sechs voneinander isollerte Diaphragmen von 0,2 cm Abstand eingeengt	Diaphragmenöffnung 0,2	800	axial 600

Berücksichtigung der Drosselspule und der nötigen Widerstände usw., also elektrotechnisch messen, oder wir können beleuchtungstechnisch die Ausbeute in der Armatur messen. Wirtschaftlich käme noch die Berücksichtigung der Lebensdauer der Lampen und der Amortisation der Anlagen in Frage; endlich könnte man wissenschaftlich nach der Strahlungsausbeute der verschiedenen Entladungszonen fragen. Die übersichtlichste Zahl, die aber niemals als einziger Faktor zur Beurteilung einer Lichtquelle verwendet werden sollte, ist die Angabe der Lichtausbeute, die aus der Leistungsaufnahme an den Enden der Röhre und aus der Lichtleistung gewonnen wird. Man erreicht als günstigste Lichtausbeute bei Neon- und Quecksilberröhren 35 Lm/W, bei der Natriumröhre bisher 50 Lm/W. Die anderen Gase ergeben wesentlich ungünstigere Lichtausbeuten. Die Kohlensäure, die nur einen Wirkungsgrad von 3 ... 5 Lm/W hat, ist jedoch wie erwähnt infolge ihrer Farbe (Tageslicht) bisher unersetzbar. Außer der Wirtschaftlichkeit für das sichtbare Gebiet könnte noch die für die Grenzgebiete berechnet werden, u. zw. verschieden, je nachdem man medizinische, photographische oder Signalzwecke im Auge hat. Darauf soll jedoch hier nicht eingegangen werden.

Wegen der fallenden Charakteristik der im Rahmen des Vortrags vorgeführten Entladungsröhren ist es bisher noch nicht möglich, sie direkt an das Netz zu legen. Es muß ein Teil der Spannung gedrosselt werden. Nimmt man dazu einen Widerstand, so geht etwa die Hälfte der Energie verloren. Gegebenenfalls könnte man an eine Kombination von Glühlampe mit Entladungsröhre denken. Man muß aber dann nicht vergessen, daß infolge der negativen Charakteristik die Spannungschwankungen des Netzes und die durch evtl. Veränderungen der Röhren eintretenden Spannungsveränderungen den Glühlampen zur Last fallen, so daß diese äußerst vorsichtig belastet werden müssen, wenn sie genügende Lebensdauer haben sollen. Nimmt man zum Vorschalten Drosselspulen oder Kondensatoren, so bleibt die Lichtausbeute bis auf etwa 10 ... 15 % Verlust erhalten; man hat dann eine Phasenverschiebung von 45° in der einen oder anderen Richtung.

Die vorgeführten Neuerungen auf dem Gebiete der Leuchtröhren sind nur als Anfang anzusprechen. Es fehlen noch wesentliche Untersuchungen über viele prinzipielle Fragen der Gasentladung sowohl nach der elektrotechnischen als auch nach der strahlungstechnischen Seite. Die Theorie dieser Zusammenhänge ist außerordentlich kompliziert. Ein großer Teil der heute erscheinenden physikalisch-technischen Arbeiten der ganzen Welt befaßt sich damit wegen des großen Interesses für die Erkenntnis des Mechanismus der Strahlungsvorgänge.

Die hauptsächlichen Gesetze, denen die Lichtaussendung der Gase unter dem Einfluß der Entladung folgt, sind durch die Quantentheorie erforscht und durch die berühmten Experimente der deutschen Nobelpreisträger J. Franck und G. Hertz bestätigt. Es muß betont werden, daß diese theoretischen und experimentellen Arbeiten und die vieler anderer Physiker, von denen ich nur einige jüngere: Holst, Güntherschulze, Langmuir, Schottky, Schröter, Seeliger und Skaupy herausgreifen möchte (die Namen der älteren „Klassiker" sind aus den physikalischen Lehrbüchern bekannt), dazu geholfen haben, den technischen Fortschritt, der in dem Vortrag über Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren zum Ausdruck gekommen ist, zu fördern und zu beschleunigen. Die Arbeiten selbst, über die vorgetragen wurde, sind im letzten Jahr in den Laboratorien der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung ausgeführt in Zusammenarbeit des Verfassers mit den Herren Dr. Ewest, Gaidies, Dr. Reger, Dr. Rüttenauer. Doch sind das natürlich nicht die Namen aller Mitarbeiter; deren Zahl ist ganz wesentlich größer. Ihnen allen sei auch an dieser Stelle gedankt, daß sie durch ihre Arbeiten zu der Entwicklung auf dem Gebiet der Leuchtröhren, über die berichtet wurde, beigetragen haben.

Schaltleistung und Schaltarbeit.

Von Dipl.-Ing. W. **Kaufmann**, Berlin.

Übersicht. Ziel der nachstehenden Arbeit ist es, zu untersuchen, welcher Zusammenhang zwischen der Schaltleistung und dem wahren Schaltvermögen von Schaltern besteht. Zu dem Zweck werden die Verhältnisse unter Zugrundelegung zahlreicher Prüffeldversuche zunächst für den einfachen Fall eines symmetrischen nicht abklingenden Stromes untersucht und hierbei gezeigt, daß die Schaltleistung das Abschaltvermögen nicht richtig wiedergeben kann. Für unsymmetrischen und abklingenden Strom werden die Verhältnisse so kompliziert, daß eine exakte physikalisch begründete Definition irgendwelcher elektrischer Größen nicht mehr möglich ist. Das Ergebnis der Untersuchung ist der Vorschlag, als Kennzeichen für das Abschaltvermögen von Schaltern den unterbrochenen Strom und die wiederkehrende Spannung zu wählen.

1. Problemstellung.

Die Terminologie des mit der Schaltleistung zusammenhängenden Fragenkomplexes sei zunächst an einem Beispiel klargestellt: Ein Elektrizitätswerk will in seinem Netz von der einfachen Form der Abb. 1 an dem Netzpunkt A einen neuen Schalter aufstellen. Was ist bei der Auswahl zu beachten? Betriebspannung und Nennstrom allein genügen für die Schalterwahl noch nicht, es muß vielmehr berücksichtigt werden, daß der Schalter auch den beim Abschalten von Kurzschlüssen auftretenden Beanspruchungen gewachsen ist. Am größten werden die Kurzschlußströme bei direktem Kurzschluß

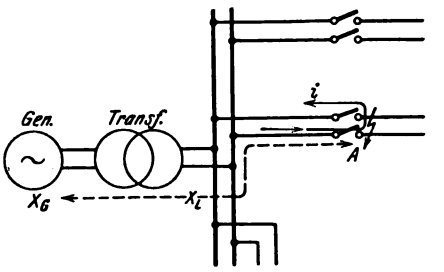


Abb. 1. Schema eines einfachen Netzes.

hinter dem Schalter, ihre Berechnung stützt sich demgemäß auf die Reaktanz X_L des Teiles der Leitung, welcher zwischen dem Schalter und dem Generator liegt (die Transformatorreaktanz sei hier mit eingeschlossen), ferner auf die Ge-

Digitized by Google

neratorreaktanz X_G und die Betriebspannung U_0. Der sich hieraus ergebende Stoßkurzschlußstrom $I_S = 1{,}8\sqrt{2}\,\frac{U_0}{X_G + X_L}$ besteht aus einem langsam abklingenden Wechselstromglied, dem im allgemeinen ein schnell abklingendes Gleichstromglied überlagert ist, so daß der resultierende Strom zuerst mehr oder weniger unsymmetrisch verläuft. Während der Verzögerungszeit, welche Relais und Schalter zum Ansprechen brauchen, ist der Stoßstrom auf den zu unterbrechenden Strom — im folgenden kurz „unterbrochener" Strom genannt — abgeklungen. Im gleichen Verhältnis wie der Strom sinkt auch die EMK des Generators, so daß an der Unterbrechungsstelle eine Spannung herrscht, deren Größe je nach der Verzögerungszeit zwischen der Streuspannung des Generators und der Betriebspannung liegt. Aus dem unterbrochenen Strom und der Abschaltspannung wird nun durch Multiplikation eine Leistung erhalten, die im folgenden „Kurzschlußleistung" genannt werden soll. Sie ist also einer bestimmten Netzstelle zugeordnet.

Demgegenüber wird für die Schalter eine „Abschaltleistung" angegeben, die ein Kennzeichen des Schalters sein soll. Ihre zahlenmäßige Festlegung geschieht, soweit sie nicht auf Schätzungen oder Vergleichen mit Betriebserfahrungen beruht, fast ausschließlich durch Abschaltversuche in den Hochleistungs-Prüffeldern. Hier dienen die oszillographisch aufgenommenen Ströme und Spannungen des Abschaltvorganges als Grundlage für die Berechnung der Abschaltleistung. Eine Bestimmung aus den Konstruktionsunterlagen allein ist bis jetzt unmöglich.

Das Elektrizitätswerk soll also einen Schalter in sein Netz einbauen, dessen Abschaltleistung mindestens ebenso groß ist wie die Kurzschlußleistung der betreffenden Netzstelle. Demnach ist die wichtigste Aufgabe des Begriffes „Schaltleistung", das Schaltvermögen eines Schalters so wiederzugeben, daß sowohl eine Überbeanspruchung als auch eine Überdimensionierung vermieden werden. Darüber hinaus muß sie als Grundlage für die Garantieverpflichtungen dienen, welche die Lieferfirmen für ihre Schalter eingehen müssen.

Aus diesen Aufgaben ergeben sich die an die Schaltleistung zu stellenden Anforderungen, die wir zu folgenden Punkten zusammenfassen:

1. Die Schaltleistung muß das Schaltvermögen eines Schalters richtig wiedergeben.
2. Sie soll aus direkt meßbaren Größen, also z. B. aus den oszillographischen Aufnahmen eines Schaltvorganges bestimmt werden können.
3. Die oszillographisch berechnete Abschaltleistung muß prinzipiell und der Definition nach mit der aus den Netzdaten berechneten Kurzschlußleistung übereinstimmen, damit ein Vergleich zwischen beiden überhaupt möglich ist.
4. Die Kurzschlußleistung soll ihrerseits ohne komplizierte Rechnungen aus den Netzdaten berechenbar sein.

Wie weit die Schaltleistung prinzipiell diesen Anforderungen genügen kann, soll im folgenden Abschnitt dargelegt werden. Zunächst werden jedoch die wichtigsten Schaltleistungsdefinitionen erläutert, in deren Verschiedenheit schon die Schwierigkeiten zutage treten. Im nächsten Abschnitt wird dann ein Zusammenhang gesucht zwischen dem Schaltvorgang und der Beanspruchung des Schalters, wobei ein symmetrischer, nicht abklingender Strom vorausgesetzt wird. Der Einfluß eines überlagerten Gleichstromes sowie das Abklingen beider Stromkomponenten werden dann in Vergleich zu dem erstbehandelten Fall gesetzt. Schließlich können nach Festlegung der für den Abschaltvorgang maßgebenden Spannung die einfachsten, das Abschaltvermögen kennzeichnenden Größen angegeben werden, die sich auch für eine allgemeine Definition eignen.

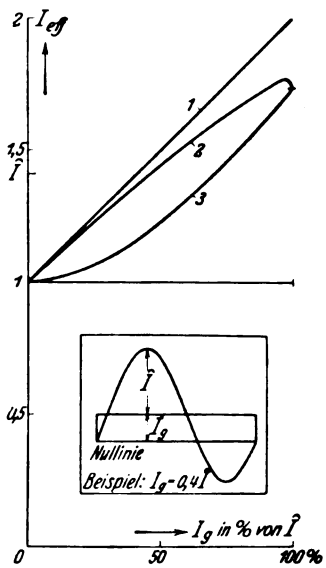
2. Die Schaltleistung und ihre Definitionen.

In den Regeln und Vorschriften, die sich in den verschiedenen Ländern mit elektrischen Apparaten befassen, wird die Abschaltleistung, wie wir oben sahen, allgemein als Produkt aus einem besonders definierten Strom und einer ebensolchen Spannung festgelegt. Wichtig von den verschiedenen Definitionen sind die deutsche, schweizerische und amerikanische Definition, während die der übrigen Länder sich mehr oder weniger einer von diesen angleichen. Eine stichwortartige Übersicht gibt Tafel 1.

Tafel 1.

	Strom	Spannung
Deutschland .	Effektivwert des Wechselstromes	wirksame Spannung
Schweiz . . .	Effektivwert des Wechselstromgliedes	wiederkehrende Spannung
Amerika . . .	Effektivwert zur Zeit der ersten Halbwelle	Betriebspannung

D e u t s c h l a n d legte zunächst in den R.E.H./1928 dem Strom den Effektivwert der größten Halbwelle zugrunde. In erster Annäherung kann dieser durch den $1/\sqrt{2}$ fachen Scheitelwert dieser Halbwelle gefunden werden. Den Unterschied gegenüber dem wahren Effektivwert der größten Halbwelle zeigt Abb. 2, Kurven *1* und *2*. Man erkennt, daß bei einem unsymmetrischen Strom, dessen Gleichstromkomponente bis zu 60 % des Wechselstromgliedes ausmacht, die Annäherungsrechnung höchstens um 5 % zu große Werte angibt. Dieser deutschen Definition lag der Wunsch zugrunde, auf einfachste Weise den Einfluß eines Gleichstromgliedes zu berücksichtigen.



1 $\frac{\hat{I} + I_g}{\sqrt{2}}$

2 Effektivwert der größeren Halbwelle

3 Effektivwert über 1 Periode

$= \sqrt{\frac{\hat{I}^2}{2} + I_g^2}$

Abb. 2. Einfluß eines überlagerten Gleichstromes auf den Effektivwert eines sinusförmigen Wechselstromes.

In der letzten Ausgabe der Vorschriften, den R.E.H./1929, wurde die Stromdefinition dahin geändert, daß der Zusatz „größte Halbwelle" weggelassen wurde und der Wortlaut des § 27 nun lautete: „Der Ausschaltstrom ist der Effektivwert des Wechselstromes, der zu Beginn der Trennung der Schaltstücke im Schaltgerät fließt . . .". Gemeint ist hiermit der Effektivwert des Wechselstrom-a n t e i l s, wie aus den Vorgängen, die zu dieser Änderung Anlaß gaben, hervorgeht. Im allgemeinen versteht man aber unter dem Effektivwert eines — unsymmetrischen — Wechselstromes den quadratischen Mittelwert über 1 Periode, wie er in Abb. 2, Kurve *3*, dargestellt ist[1]. Als Spannung gibt Deutschland die wirksame Spannung an, das ist die im Stromkreise wirkende EMK zu Beginn des Lichtbogens. Da diese nicht direkt meßbar ist, wird im § 27 (Abs. 2)[2] für kleine Lichtbogendauer angegeben, daß statt ihrer die wiederkehrende Spannung eingesetzt werden kann, mit der Begründung, daß die Abweichung nicht bedeutend sei.

Die S c h w e i z rechnet mit Rücksicht auf das Abklingen des Kurzschlußstromes während der Lichtbogendauer so, als ob der Strom symmetrisch wäre und die durch ein Gleichstromglied verursachte Mehrarbeit durch das mehr oder weniger starke Abklingen wieder aufgehoben würde. Für die Spannung wird als für die Löschung allein maßgebend die wiederkehrende Spannung verlangt.

In A m e r i k a ist mit dem Effektivwert zur Zeit der e r s t e n Halbwelle der quadratische Mittelwert $\sqrt{\frac{\hat{I}^2}{2} + I_g^2}$ (Abb. 2, Kurve *3*) gemeint. Man denkt sich die Wech-

[1] Die Unklarheit in den Vorschriften wird dadurch verstärkt, daß in den „Erklärungen" zu § 27 der R.E.H./1929 (Sonderdruck VDE 434 vom Juli 1929) folgende zwei Erläuterungen stehen:

Abs. 1: „Wenn der Ausschaltstrom aus einem Oszillogramm ermittelt wird, so ist die auf die Trennung der Schaltstücke folgende größte Halbwelle zu nehmen."

Abs. 2: „Man zeichnet in das Oszillogramm die beiden Umhüllenden des Kurzschlußstromes ein und halbiert deren Abstand zu Beginn der Unterbrechung, um den Scheitelwert des Ausschaltstromes zu erhalten. Hieraus ergibt sich der Effektivwert mittels Division durch den Scheitelfaktor $\cdot\sqrt{2}$."

Während die erste Erklärung noch auf die alte Definition paßt, kommt in der zweiten klar die Absicht zutage, das Gleichstromglied ganz zu vernachlässigen.

Die ausländische Literatur hält sich auch in den neuesten Veröffentlichungen an die alte Definition, z. B. Bericht des Schweiz. Komitees, Bull. SEV Bd. 20, S. 717 (1929).

[2] Siehe auch Absatz 20 der Erklärung dieses Paragraphen sowie Ziffer 42 des Anhangs zu den R.E.H.

Digitized by Google

selstromkomponente des Kurzschlußstromes durch einen Gleichstrom der gleichen Wärmewirkung ersetzt, zu dem die Gleichstromkomponente geometrisch zugefügt wird. Von dem so erhaltenen abklingenden Gleichstrom wird der Wert herausgegriffen, der zur Zeit der ersten Halbwelle vorhanden ist. Als Spannung wird nur die Betriebspannung angegeben. Es ist aber viel weniger als in Europa üblich, eine Leistung als Produkt aus Strom und Spannung zu berechnen. Man begnügt sich meist mit der Angabe der einzelnen Komponenten.

Bei Kurzschlüssen in der Zentrale und bei unsymmetrischem Stromverlauf können die Unterschiede zwischen den einzelnen Definitionen nach den genauen Auswertungen von Kopeliowitsch[3] 2 ... 300 % erreichen. Für Kurzschlüsse im Netz dagegen, wo die Spannung durch den Kurzschluß nicht absinkt, das Gleichstromglied des Kurzschlußstromes während der Eigenzeit der Schalter jedoch schon längst verschwunden ist, ergeben alle drei Definitionen die gleiche Abschaltleistung. Das Verhältnis zwischen den Definitionen ist also nicht konstant, und es kann ohne Verurteilung einer bestimmten Definition schon jetzt gesagt werden, daß das wahre Schaltvermögen durch mindestens zwei Definitionen falsch angegeben wird.

Eine Kritik an den einzelnen Definitionen ergibt sich im Laufe der folgenden Untersuchung. Ziehen wir zunächst noch die prinzipielle Bedeutung der Schaltleistung in Betracht, so muß festgestellt werden, daß ihr eine physikalische Bedeutung nicht zukommt, da sie das Produkt von Strömen und Spannungen ist, die entweder nicht zu gleicher Zeit auftreten (schweizerische und amerikanische Definition) oder von denen eine (die „wirksame" Spannung) nur eine rechnerische, nicht meßbare Größe ist. Wollte man ihr eine Bedeutung geben, so könnte man sie als Scheinleistung auffassen, was sie ja auch ihrer Dimension nach ist. Als solche hat sie Bauer mit der durch den Schaltvorgang freiwerdenden Energie, der Schaltarbeit[4] A in Verbindung gesetzt durch die Gleichung

$$A = N_a \, t_a \, \alpha$$

(N_a Abschaltleistung, t_a Lichtbogendauer gleich Dauer des Schaltvorganges). Bildet man die mittlere Lichtbogen-(Wirk-)Leistung $N_B = A/t_a$, so stellt die Bauersche Konstante α das Verhältnis der Wirkleistung N_B zur Scheinleistung N_a dar. Die Abschaltleistung gibt uns nach dieser Auslegung ein Bild der magnetischen Energie des Stromkreises im Augenblick der Unterbrechung, während die um eine Größenordnung kleinere Lichtbogenleistung N_B ($\alpha = 0{,}05 \ldots 0{,}2$) etwa der mittleren im Schalter umgesetzten Energie in der Zeiteinheit entspricht. Als solche stünde sie im ursächlichen Zusammenhang mit der Beanspruchung des Schalters, sofern der Energieumsatz gleichmäßig vor sich geht. Da dies, wie wir sehen werden, nicht der Fall ist, kann nur die gesamte Schaltarbeit für die Beurteilung der Beanspruchung herangezogen werden, und man sieht, daß die Schaltleistung sich von ihr nicht nur durch das im Verhältnis 1 : 4 veränderliche α, sondern durch die noch viel mehr schwankende Lichtbogendauer, also auch der Dimension nach, unterscheidet.

3. Das Abschaltvermögen eines Schalters bei symmetrischem Stromverlauf.

Ein Maß für die beim Schaltvorgang umgesetzte Energie ist also die Schaltarbeit. Wir berechnen sie zunächst für den einfachsten Fall eines Netzkurzschlusses. Hierbei kann der Abschaltstrom als ein symmetrischer, nicht abklingender Wechselstrom angenommen werden. Wie groß der durch Vernachlässigung des Abklingens gemachte Fehler ist, zeigt Abb. 4, welche die Änderung des Stromes in Abhängigkeit von der Eigenzeit eines Schalters bei verschieden großen Lichtbogendauern angibt. Die Kurve wurde nach einer experimentell aufgenommenen Abklingkurve des Wechselstromgliedes gemäß Abb. 3 berechnet. Man sieht, daß der Fehler in der Praxis bei ¼ s Verzögerung für Lichtbogendauern bis zu 8 Halbwellen weniger als 5 % beträgt.

Es läßt sich nun die Schaltarbeit angeben, sobald die Abhängigkeit der Lichtbogenspannung von der Zeit bekannt ist. Diese Funktion wurde experimentell aus zahlreichen Abschaltversuchen mit verschiedenen Schaltern gewonnen[5] und hat die Form einer quadratischen Parabel gemäß Abb. 5. Die eingetragenen Punkte sind Mittelwerte aus je rd. 20 Aufnahmen mit verschiedenen Schaltern, bei denen die treibende Spannung zwischen 4 und 30 kV lag. Da bekannt ist, daß die Lichtbogenspannung in weiten Grenzen nur vom Abstand der Elektroden abhängt, so ist die Kurvenform einerseits mit der zunehmenden Ausschaltgeschwindigkeit zu erklären, anderseits hat das magnetische Blasfeld der Stromrückleitung und der benachbarten Phasen die gleiche Wirkung, die Lichtbogenlänge und damit die Lichtbogenspannung zu vergrößern. Bei Dreikesselschaltern mit weit auseinanderliegenden Unterbrechungsstellen wurde eine nahezu konstante Span-

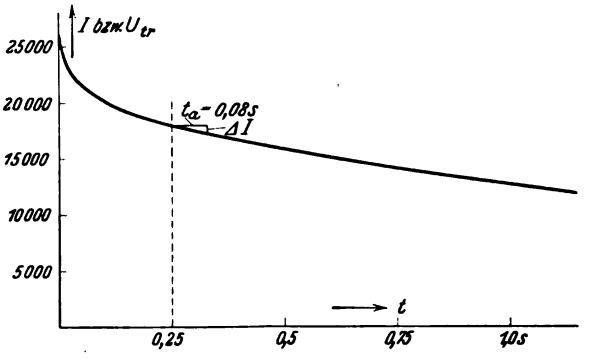


Abb. 3. Abklingkurve des Kurzschlußstromes I bzw. der treibenden Spannung U_{tr}.

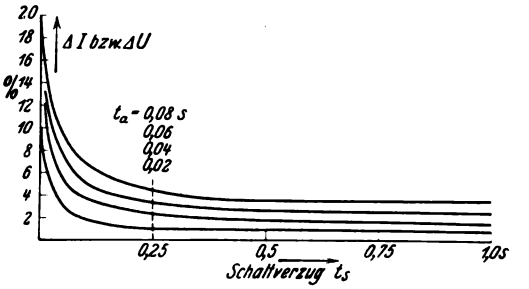


Abb. 4. Unterschied zwischen Anfangs- und Endstrom des Lichtbogens bzw. zwischen „wirksamer" und wiederkehrender Spannung.

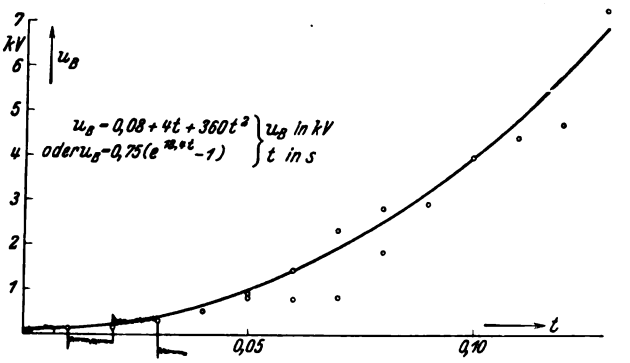


Abb. 5. Anwachsen der Lichtbogenspannung u_B während des Schaltvorganges.

nungszunahme gefunden. Wir gebrauchen daher für diese Beziehung die Gleichung

$$u_B = U_0 + U_1 \, t + U_2 \, t^2, \quad \ldots\ldots (1)$$

wobei durch U_2 das quadratische Glied mehr oder weniger stark hervorgehoben werden kann.

Die allgemeine Fassung einer Arbeit

$$A = \int i \, u \, \mathrm{d}\, t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

geht jetzt für den oben angegebenen Strom $i = \hat{I} \sin \omega t$ über in

$$A = \int \hat{I} \sin \omega t \, (U_0 + U_1 \, t + U_2 \, t^2) \, \mathrm{d}\, t \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Die Lösung dieses Integrals ist nicht auf einfache Weise möglich. Man kann jedoch mit großer Genauigkeit die Parabel durch eine e-Funktion ersetzen von der Form

$$u_B = B \, (e^{\beta t} - 1). \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

[3] Kopeliowitsch, Bull. SEV Bd. 19, S. 277 (1928). ETZ 1928, S. 1789.

[4] Der Begriff der Schaltleistung hat sich so eingebürgert, daß auch die Arbeit, die sich mehr auf den Schaltvorgang als auf den Schalter bezieht, im folgenden Schaltarbeit genannt werden soll und nicht, wie es Bauer in seiner grundlegenden Arbeit (Bull. SEV Bd. 8, S. 225 [1917]) angibt, Schalterarbeit. Eine Verwechslung mit der zum Schalten nötigen mechanischen Arbeit, die der Antrieb aufbringen muß, ist bei der geringen Bedeutung, die diesem Begriff zukommt, wohl nicht zu befürchten.

[5] Diese und die folgenden im Aufsatz erwähnten Versuchsergebnisse stammen aus dem Hochleistungs-Prüffeld der Siemens-Schuckertwerke.

Digitized by Google

Gl. (3) geht dann über in

$$A = \int_0^{t_a} \hat{I} \sin \omega t \, B \, (e^{\beta t} - 1) \, \mathrm{d}t, \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

was sich ohne Schwierigkeiten lösen läßt:

$$A = \hat{I} \, B \left(\frac{1}{\beta^2 + \omega^2} e^{\beta t_a} (\beta \sin \omega t_a - \omega \cos \omega t_a) + \frac{1}{\omega} (\cos \omega t_a - 1) + \frac{\omega}{\beta^2 + \omega^2} \right) \ldots\ldots\ldots (6)$$

Für lineare Spannungsabhängigkeit $u_B = U_1 t$ vereinfacht sich die Lösung der Gl. (5) zu

$$A = \hat{I} \, U_1 \left(\sin \omega t_a + \frac{t_a}{\omega} (\cos \omega t_a - 1) \right) \ldots\ldots\ldots (7)$$

Die Schaltarbeit ist also, da B, ω und β bzw. ω und U_1 Konstanten sind, eine Funktion vom Strom $\hat{I}$ und der Lichtbogendauer t_a. Die treibende, wirksame oder Leerlaufspannung kommen in der Gleichung nicht vor. Sie beeinflussen die Schaltarbeit auf dem Wege über die Lichtbogendauer. Welcher Art dieser Einfluß ist, zeigt Abb. 6. Kurve *1* wurde an dem gleichen Schalter bei verschiedenen Spannungen aufgenommen und stellt die Lichtbogendauer bei der jeweiligen Grenzausschaltleistung dar[6]. Kurve *2* und *3* gelten für größere Schalter der gleichen Konstruktion. Das Bild zeigt insbesondere in dem Bereich von 3 ... 10 kV eine große Abweichung von der Proportionalität zwischen t_a und U. Es kann also nicht behauptet werden, daß in der Schaltleistung der Einfluß der Lichtbogendauer durch eine Definition der Spannung erfaßt werden könnte.

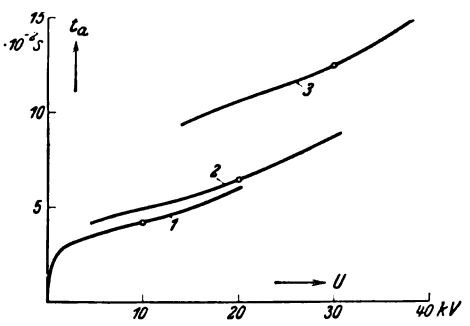


Abb. 6. Lichtbogendauer t_a bei der Grenzleistung in Abhängigkeit von der wiederkehrenden Spannung U.

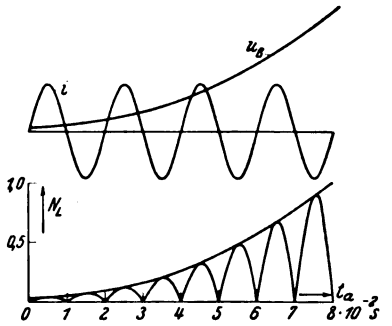


Abb. 7. Lichtbogenleistung für symmetrischen, nicht abklingenden Strom.

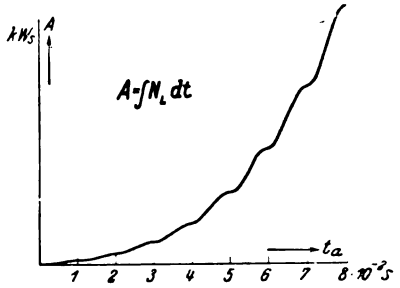


Abb. 8. Verlauf der Schaltarbeit.

Will man etwas über den Verlauf der Schaltarbeit aussagen, so ist zu beachten, daß Gl. (6) und (7) zunächst nur für eine Halbwelle gelten. Für die folgende Halbwelle muß das gesamte Vorzeichen umgedreht werden, da die Lichtbogenspannung als eine über den ganzen Bereich positive Größe eingeführt wurde, während sie in Wirklichkeit nach jedem Stromnulldurchgang ihr Vorzeichen wechselt. Eine solche Treppenkurve läßt sich nur durch eine Reihenentwicklung mit mehreren Gliedern ausdrücken. Die entsprechende Gleichung ist jedoch für eine zahlenmäßige Auswertung nicht geeignet.

Durch graphische Integration kommt man wesentlich schneller zum Ziel. Abb. 7 zeigt den Verlauf der Einzelkomponenten i und u_B sowie ihr Produkt, die Lichtbogenleistung N_L. Die Integration der letzteren ergibt den Verlauf der Schaltarbeit A (Abb. 8). Sucht man nach einer einfachen Beziehung zwischen A und i, so läßt sich nach Einführung einer mittleren Lichtbogenspannung $M(u_B) = {}^1/_3 u_{B\,\mathrm{end}}$ aus den graphisch gefundenen Energien A_1, A_2, ... für verschieden große Lichtbogendauer t_a rückwärts ein Strom berechnen nach der Gleichung

$$i = \frac{A}{M(u_B)\, t_a}.$$

Dieser Strom beträgt im Mittel 94 ... 106 % vom Effektivwert des ursprünglich eingesetzten Stromes — eine Beziehung, die aus Gl. (6) abzuleiten nicht ohne weiteres möglich ist, die jedoch auch nur für die gewählte Spannungscharakteristik $u_B = 0{,}75\,(e^{18{,}4\,t} - 1)$ Gültigkeit hat.

Haben wir so ein Bild über die gesamte im Schalter umgesetzte Energie, so zeigt eine Energiebilanz, daß tatsächlich der größte Teil zur Zersetzung des Öles und der Bildung von Gas verwendet wird. In dem ganzen Leistungsbereich von 1000 bis 200 000 kVA wurde ein Prozentsatz von rd. 90 % gefunden, der auf die Gasbildung entfiel[7]. Das gleiche sagt auch die vielfach gefundene und nachgeprüfte Konstante für Ölschalter: 60 ... 80 l Gas auf 1000 kWs, die damit eine feste Beziehung zwischen Gasmenge und Schaltarbeit ausdrückt. Daß die Druckbeanspruchung des Schalters in direktem Zusammenhang mit der Menge des erzeugten Gases steht, muß angenommen werden. Leider sind die Druckmessungen an Schaltern bei hohen Leistungen sehr spärlich, da es große Schwierigkeiten macht, die Meßeinrichtung so zu bauen, daß Druckmessung und Schaltvorgang sich gegenseitig nicht stören. Wir entnehmen den von Kesselring[8] bekanntgegebenen Kurven des Druckverlaufes, daß der Druck im Prinzip der Lichtbogenleistung N_L folgt. Er hat wie sie die doppelte Frequenz, geht beim Stromnulldurchgang ebenfalls durch Null, um zu Beginn einer jeden Halbwelle etwas kleiner als eine 1 abs. Atmosphäre zu werden. Der größten Lichtbogenleistung in der letzten Halbwelle entspricht auch der maximale Druck, nur darf er der Lichtbogenleistung für jede Halbwelle nicht proportional angesetzt werden. Die nach einigen Halbwellen bereits vorhandene Gasblase nimmt die Druckstöße zum Teil auf und entlastet dementsprechend den Schalter.

Obwohl die Verhältnisse zahlenmäßig noch nicht ganz durchforscht sind, kann man jetzt doch den Zusammenhang erkennen. Wenn man zur Beurteilung der Beanspruchung des Schalters nicht nur den maximalen Druck, sondern den ganzen Druckverlauf, also auch die Häufigkeit der Druckstöße berücksichtigt, so ist wohl die Schaltarbeit als ein guter Maßstab für die Beanspruchung eines Schalters anzusehen.

Folgende experimentelle Untersuchungen bestätigen dieses Ergebnis. Bei einem Ölschalter mit der Nennspannung 10 kV wurde die Abschaltleistung (schweizerische Definition bei höchstens 10 % Gleichstromglied) bei verschiedenen Betriebspannungen zwischen 3 und 15 kV soweit gesteigert, bis der Schalter die gleichen Beanspruchungen, d. h. Überdruck im Kessel und Ölauswurf, aufwies. Es ergab sich die in Abb. 9 dargestellte Abhängigkeit der Abschaltleistung von der Spannung. Die Kurve weist ein ausgesprochenes Maximum in der Nähe der Nennspannung auf, vor und hinter diesem Maximum ist die Leistung außerordentlich von der Spannung abhängig. Die Schaltarbeit dagegen war unabhängig von der Spannung in allen Fällen gleicher Beanspruchung konstant, wie die Auswertung zahlreicher Oszillogramme ergab. Auch ein rechnerischer Vergleich der experimentell gefundenen Leistungskurve mit den Kurven Abb. 5 und 6 über die Gleichung $A = I\,M(u_B)\,t_a$ zeigt, daß die Schaltarbeit für den ganzen Bereich konstant ist.

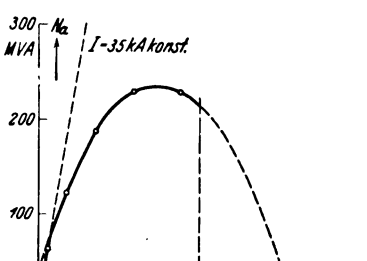


Abb. 9. Abhängigkeit der Abschaltleistung von der Spannung.

Die Spannungsabhängigkeit ist der schwerste Vorwurf, der gegen die Schaltleistung als Charakteristikum eines Schalters erhoben werden muß. Man darf in dem Produkt, das die Schaltleistung darstellt, jetzt nicht mehr die Fak-

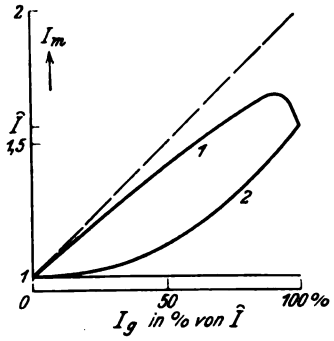
[6] Über die Abhängigkeit der Lichtbogendauer von der Schaltleistung bei konstanter Spannung s. Kesselring, VDE-Fachberichte 1928, S. 53.

[7] Kesselring, Elektr. Schaltgeräte, S. 101. Sammlung Göschen Nr. 711.

[8] Wie Fußnote 7; S. 93.

Digitized by Google

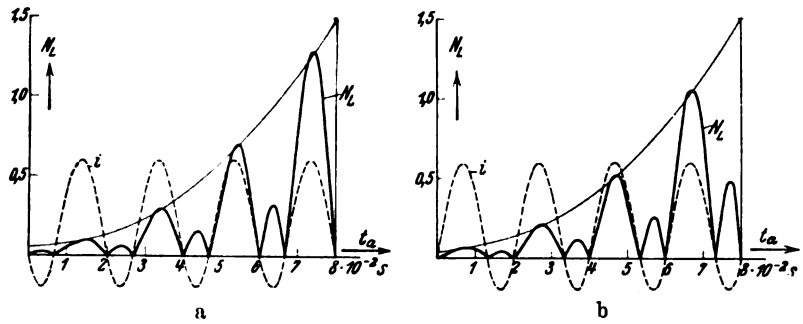
toren willkürlich wählen (wie das bisher üblich war), vielmehr muß neben der Schaltleistung immer noch die Spannung angegeben werden, für welche die Leistungsangabe Gültigkeit hat.



1 Mittelwert der größeren Halbwelle
2 Mittelwert über 1 Periode

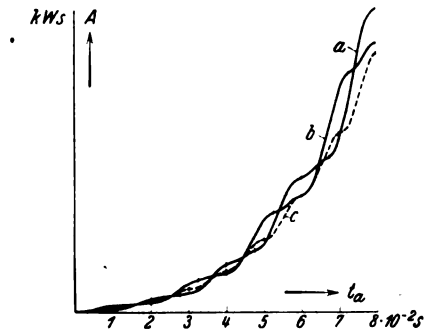
Abb. 10. Algebraischer Mittelwert eines unsymmetrischen sinusförmigen Wechselstromes.

Es kommt nun in der Praxis außerordentlich häufig vor, daß Schalter nicht für ihre Nennspannung, sondern für wesentlich tieferliegende Betriebspannungen gebraucht werden. Beispielsweise ist der Bedarf an Schaltern für 6 kV rund viermal so groß wie für 10 kV, während für beide Betriebspannungen die gleichen Schalter mit der Nennspannung von 10 kV (VDE-Spannungsreihe 10) benutzt werden müssen. Darüber hinaus ist es sogar häufig üblich, mit Rücksicht auf die hohe Isolation der übrigen Anlage Schalter der nächst höheren Spannungsreihe zu wählen, wobei meistens nicht beachtet wurde, daß der Schalter für die dann auftretenden größeren Ströme nicht ohne weiteres geeignet ist.



a zuerst eine kleine Halbwelle des Stromes b zuerst eine große Halbwelle des Stromes

Abb. 11. Lichtbogenleistung N_L für unsymmetrischen, nicht abklingenden Strom.



a und b wie Abb. 11 a u. b
c für symmetrischen Strom nach Abb. 7

Abb. 12. Schaltarbeit für unsymmetrischen, nicht abklingenden Strom.

4. Der Einfluß des Gleichstromgliedes auf die Schaltarbeit.

Für alle Betriebsverhältnisse im Netz und in der Zentrale würden die gefundenen Resultate genügen. Es ist aber eine Eigentümlichkeit der bestehenden Prüfeinrichtungen, daß der unterbrochene Kurzschlußstrom, bei dem die Schalter normalerweise geprüft werden, nicht symmetrisch, sondern mit einem Gleichstromglied behaftet ist. Das Gleichstromglied hat außerdem einen stark abklingenden Charakter, der die exakte Erfassung der Schaltarbeit durch den Strom zu Beginn des Lichtbogens unmöglich macht. Wir untersuchen zunächst den Einfluß des Gleichstromgliedes und des Abklingens getrennt, indem wir mit dem theoretisch einfachsten Fall beginnen.

a) Für die Betrachtung einer Periode sei u_B konstant gleich U_B und i sinusförmig. Die Schaltarbeit ist dann

$$A = 2\int_0^{t=T/2} \hat{I} \sin \omega t \, U_B \, \mathrm{d}t = \frac{2\hat{I}}{\pi} U_B T.$$

$\frac{2\hat{I}}{\pi} = I_m$ ist der algebraische Mittelwert des Stromes.

b) Dem Strom sei jetzt unter gleichen Verhältnissen ein Gleichstrom I_g überlagert. Die Arbeit wird dann

$$A = \int_0^{t_1} (\hat{I} \sin \omega t + I_g) \, U_B \, \mathrm{d}t + \int_{t_1}^{t_2} (\hat{I} \sin \omega t + I_g) \, U_B \, \mathrm{d}t,$$

wobei

$$t_1 \text{ bzw. } t_2 = \frac{T}{2} \pm 2 \arccos \frac{I_g}{\hat{I}}.$$

Hier führt die graphische Integration wieder schneller zum Ziel. Die Rechnung zeigt, daß auch hier der algebraische Mittelwert des Stromes maßgebend ist: $A = I_m U_B T$. Der algebraische Mittelwert wächst mit größer werdendem Gleichstromglied ähnlich dem Effektivwert zunächst nur langsam, später schneller und erreicht für $I_g = I_0$ den 1,56fachen Wert der reinen Sinuslinie (Abb. 10).

c) Gehen wir nun dazu über, daß u_B nicht mehr konstant ist, so nimmt die Arbeit die Form an

$$A = \int (\hat{I} \sin \omega t + I_g) \, B \, (e^{\beta t} - 1) \, \mathrm{d}t.$$

Die graphische Integration zeigt gegenüber dem symmetrischen Fall, den wir oben (Abb. 7 u. 8) untersucht haben, daß die Endsumme sehr abhängig von dem Schaltmoment ist, je nachdem die erste Halbwelle des Stromes durch das Gleichstromglied vergrößert oder verkleinert worden ist. Das Ende des Lichtbogens ist immer durch den Stromnulldurchgang festgelegt. In einigen Fällen, für eine Lichtbogendauer von ungerader Halbwellenzahl, kann die Arbeit sogar kleiner als beim symmetrischen Strom werden. Es wurde ein Beispiel für $I_g = 0{,}5\, I_0$ für eine Lichtbogendauer von 0,08 s ausgewertet (Abb. 11 u. 12). Zahlentafel 2 zeigt die Abweichung von dem symmetrischen Fall; für $t_a = 0{,}08$ ergibt sich beispielsweise eine Vergrößerung der Schaltarbeit um 4,5 bzw. 18 %. Für den algebraischen Mittelwert des Stromes entnehmen wir aus Abb. 10 12 % Vergrößerung durch 50 % Gleichstrom, für den Effektivwert des Stromes sogar 22 %.

Zahlentafel 2. Vergrößerung der Schaltarbeit durch ein Gleichstromglied von 50 % gegenüber symmetrischem Wechselstrom.

a zuerst eine große Halbwelle
b zuerst eine kleine Halbwelle

t_a Halbwellen	a %	b %	t_a Halbwellen	a %	b %
1	+ 95	— 60	5	+ 41	— 26
2	— 7	+ 16	6	0	+ 15
3	+ 49	— 29	7	+ 25	— 13
4	— 2	+ 16	8	+ 4,5	+ 18

Gegenüber dieser Vergrößerung der Strommittelwerte durch überlagerten Gleichstrom ist die Vergrößerung der Schaltarbeit also nicht so bedeutend. Soll jedoch die Beanspruchung des Schalters durch eine Definition des unsymmetrischen Stromes gekennzeichnet werden, so muß wieder neben der Schaltarbeit auch die maximale Lichtbogenleistung berücksichtigt werden. Abb. 11 zeigt, daß die Gasentwicklung nicht mehr so gleichmäßig vor sich geht wie bei symmetrischem Stromverlauf, vielmehr ist die größte Halbwelle der Lichtbogenleistung je nach dem Schaltmoment beträchtlich größer. Für das Beispiel $I_g = 50$ % liegt die Hüllkurve der Lichtbogenleistung um 50 % höher als im symmetrischen Fall, d. h. also, daß im ungünstigsten Fall die maximal mögliche Lichtbogenleistung prozentual mit der Gleichstromkomponente anwächst. Das bedeutet dann, abgesehen von der größeren Gesamtarbeit, eine weitere Mehrbelastung für den Schalter.

d) Wir lassen schließlich das Gleichstromglied abklingen. Da die Zeitkonstante des Gleichstromgliedes klein im Verhältnis zur Lichtbogendauer ist, so sind die Unterschiede zwischen dem Strom am Anfang und am Ende des Lichtbogens recht beträchtlich. Die Arbeit hat jetzt die Form

$$A = \int (\hat{I} \sin \omega t + I_g e^{-\gamma t}) \, B \, (e^{\beta t} - 1) \, \mathrm{d}t.$$

Die graphische Integration eines Sonderfalles hat nun keine allgemeine Gültigkeit mehr, da über das Abklingen

Digitized by Google

weitere Annahmen gemacht werden müssen (Abb. 13). In der Tat zeigen Versuche, bei denen ein größeres Gleichstromglied vorkommt, eine wesentlich größere Inkonstanz der Versuchsresultate. Nur bei ganz eingehender Auswertung der Oszillogramme durch Errechnung der Schaltarbeit läßt sich in solchen Fällen sagen, ob der Schalter schwerer oder leichter als durch einen symmetrischen Strom beansprucht wurde.

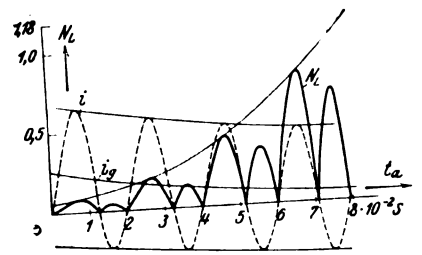


Abb. 13. Lichtbogenleistung bei unsymmetrischem, abklingendem Strom (allgemeiner Fall).

Ein extremes Beispiel eines Abschaltvorganges mit großem Gleichstromglied zeigt das Oszillogramm Abb. 14. Der Versuchschalter wurde zu früh ausgeschaltet und beginnt mit der Unterbrechung schon während der ersten Halbwelle des Stoßstromes. Wertet man die Ströme dieses

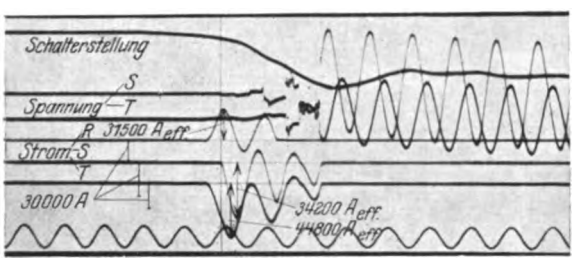


Abb. 14. Oszillogramm eines Abschaltvorganges mit stark unsymmetrischem Strom.

Oszillogramms nach den verschiedenen Definitionen aus, so ergeben sich in Verbindung mit der wiederkehrenden Spannung folgende Leistungen (bei Berücksichtigung der verschiedenen Spannungen würden die Unterschiede noch krasser):

1. nach der alten deutschen Definition
   Scheitelwert dividiert durch $\sqrt{2}$ . . . . 360 MVA,
2. nach der schweizerischen Definition
   Wechselstromanteil allein . . . . . 195 „
3. nach der amerikanischen Definition
   quadratischer Mittelwert beider Komponenten . . . . . 266 „ .

Durch zahlreiche Versuche ist festgestellt worden, daß der Schalter 230 WVA bei symmetrischem Strom einwandfrei hält. Das entspricht einer Schaltarbeit von 590 kWs. Durch den oben angeführten Versuch war der Schalter zweifellos höher beansprucht worden, denn die Bruchsicherungen sprachen an. Da sich sonst keine Zerstörungen am Schalter zeigten und der Lichtbogen richtig gelöscht wurde, war somit die Grenzleistung eben überschritten worden. Die aus den Oszillogrammen ermittelte Schaltarbeit betrug 725 kWs.

Der Vergleich mit den verschieden berechneten Schaltleistungen zeigt nun, daß die schweizerische Definition zu kleine Werte ergibt. Nach der alten deutschen Definition wird die Leistung zu hoch angegeben, besonders da bei dem großen Gleichstromglied nur mit der Annäherungsrechnung gearbeitet wurde. Der wahre Effektivwert zur Zeit der ersten Halbwelle hat die beste Übereinstimmung mit der Schaltarbeit, und beiden entspricht auch die wahre Beanspruchung des Schalters.

Noch auf eine Besonderheit sei an dieser Stelle aufmerksam gemacht. In der Phase *R* erlischt der Lichtbogen nicht nach einer kleinen, sondern nach einer großen, der dritten Halbwelle. Das gleiche machen die beiden anderen Phasen zwei Halbwellen später. Diese Erscheinung, die bei stark unsymmetrischen Strömen immer wieder beobachtet wurde, beweist, daß die Gelegenheit zum Erlöschen am Ende einer großen Halbwelle wesentlich günstiger ist als am Ende einer kleinen. Sie findet ihre Erklärung in der von Kesselring[9] entwickelten Theorie der Druckentlastung der Gasblase.

Fassen wir die bei der Untersuchung unsymmetrischer, abklingender Ströme gefundenen Resultate zusammen, so finden wir:

1. Eine physikalisch exakte Definition des für die Beanspruchung maßgebenden Stromes ist nicht möglich; man muß sich mit Näherungsverfahren begnügen.
2. Physikalisch am ehesten begründet ist der algebraische Mittelwert. Durch die steigende Lichtbogencharakteristik entsteht jedoch eine scheinbare Vergrößerung der Stromwirkung, ferner geht die Gasentwicklung nicht mehr so gleichmäßig vor sich, so daß der wahre Effektivwert als geometrische Summe der Einzelkomponenten die Verhältnisse am ehesten wiedergibt.
3. Das Abklingen der Stromkomponenten läßt sich durch keine Definition des Stromes der ersten Halbwelle erfassen.

5. Die Bedeutung der Spannung für die Lichtbogenlöschung.

Die Lichtbogenspannung, die den einen Faktor der Schaltarbeit darstellt, ist von der im Stromkreise wirkenden EMK unabhängig. Die Suche nach dem Einfluß der Spannung auf den Abschaltvorgang konzentriert sich in der Frage: Wann erlischt der beim Ausschalten entstehende Lichtbogen und warum erlischt er? Für die Lichtbogendauer ist eine rechnerische Vorausbestimmung immer noch unmöglich, man ist ausschließlich auf das Experiment angewiesen.

Gelegenheit zum Erlöschen hat ein Wechselstrom-Lichtbogen bei jedem Stromnulldurchgang. Er erlischt auch jedesmal, wenn auch nur für wenige millionstel Sekunden, bis die an den Elektroden wieder ansteigende Spannung die noch glühende Gasstrecke durchschlägt und so einen neuen Lichtbogen einleitet. Dagegen bleibt der Strom Null, wenn die Entionisierung der glühenden Gasstrecke so schnell vor sich geht, daß die Spannung sie nicht mehr zu durchschlagen vermag. Der Spannungsanstieg ist also die für die Löschung maßgebende Größe. Er ist durch das Produkt νu gegeben, worin ν die Eigenschwingungszahl der Anlage bedeutet[10]. u ist der Momentanwert der treibenden Spannung zur Zeit des letzten Stromnulldurchganges, d. h. derjenigen Spannung, auf die die Spannung an den Schalterpolen momentan springen würde, wenn im Stromkreis keine Selbstinduktion wäre. Wir messen diese Spannung als sog. wiederkehrende Spannung in unseren Abschalt-Oszillogrammen, wobei also bei der üblichen Rechnung (Scheitelwert dividiert durch $\sqrt{2}$) ein $\cos \varphi_k = 0$ Voraussetzung ist. Die wirksame Spannung zu Beginn des Abschaltvorganges oder die Betriebspannung haben demgemäß absolut keinen Einfluß auf die Lichtbogenlöschung.

Dagegen erkennen wir aus vorstehender Betrachtung den Einfluß der Netzkapazität und des Kurzschluß-Phasenwinkels φ_k. Erstere verzögert den Spannungsanstieg, indem sie die Eigenschwingungszahl verkleinert. Hierin finden die großen Unterschiede zwischen Netzversuchen und Prüfungen in den Prüffeldern ihre Erklärung, da die Kapazität einer Prüfanlage extrem kleine Werte besitzt. Der Phasenwinkel wirkt sich ungefähr so aus, als ob eine um $\sin \varphi_k$ kleinere Spannung am Schalter läge. Auch hier wird die Prüfung im Prüffeld unter den schwierigsten Bedingungen durchgeführt, da im Betrieb ein $\cos \varphi_k = 0{,}1$ selten erreicht wird. Für Netzstellen mit kleinerer Phasenverschiebung läßt sich gemäß Abb. 5 ein etwas größerer Unterbrechungstrom für eine Spannung $U \sin \varphi_k$ angeben. Ob dabei die Abschaltleistung größer wird oder konstant bleibt, hängt ganz von der Strom-Spannungs-Charakteristik ab und dem Bereich, in dem man arbeitet.

6. Schlußfolgerungen für eine einheitliche Definition des Abschaltvermögens.

Wir haben gesehen, daß die Schaltleistung nicht geeignet ist, das Abschaltvermögen eines Schalters zweckentsprechend zu charakterisieren. Die ihr anhaftenden prinzipiellen Mängel sind im wesentlichen:

1. Sie entbehrt als Produkt aus Strömen und Spannungen, die zu verschiedenen Zeiten auftreten, jeder physikalischen Begründung.
2. Sie steht in keinem festen Verhältnis zu der Beanspruchung eines Schalters. Bei konstanter Spannung

[9] Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 17. XII. 1929. Vgl. a. ETZ 1930, S. 499.
[10] Biermanns, ETZ 1929, S. 1073 u. 1114.

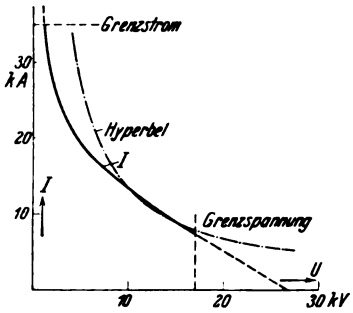
Digitized by Google

nimmt mit zunehmender Leistung die Beanspruchung nicht proportional zu, sondern in gewissen Bereichen sogar ab.

3. Die (Nenn-) Schaltleistung ist von der Spannung außerordentlich stark abhängig. Im unteren Bereich wird sie mit steigender Spannung größer, im oberen Bereich dagegen kleiner.
4. Bei dieser Spannungsabhängigkeit ist selbst die Rechnung mit einer konstanten Abschaltleistung für eine bestimmte Betriebspannung falsch, da die wiederkehrende Spannung zwischen $1\,U_0$ und $0{,}6\,U_0$ schwanken kann.

Demgegenüber gibt die Schaltarbeit das Abschaltvermögen eines Schalters schon wesentlich besser wieder. Über den ganzen Spannungsbereich ist sie bis zum Grenzstrom einerseits, zur Grenzspannung anderseits konstant. Für unsymmetrische Ströme ist sie, wenn auch nicht der alleinige so doch der wesentliche Faktor der Beanspruchung. Diesen guten Eigenschaften steht der Mangel gegenüber, daß sie für den projektierenden Ingenieur nicht zu gebrauchen ist, da dieser die Lichtbogendauer und die Spannungscharakteristik nicht im voraus kennt. Es ist ja nicht möglich, unabhängig von der Schalterkonstruktion eine Beziehung zwischen Kurzschlußstrom und -spannung einer Netzstelle und der bei der Abschaltung auftretenden Schaltarbeit anzugeben.

Es gibt also keine elektrische Größe, die unseren oben aufgestellten Anforderungen völlig entspräche. So liegt kein Grund vor, eine komplizierte Größe an Stelle der primären zu nehmen. Gibt man nämlich für einen Schalter die für jede Spannung zulässigen Kurzschlußströme tabellarisch oder in Kurvenform an, so ist das Abschaltvermögen dieses Schalters völlig eindeutig bestimmt. An Stelle der Leistungskurve, Abb. 9, erhalten wir jetzt eine hyperbelähnliche Strom-Spannungs-Charakteristik etwa nach Abb. 15. Grenzstrom und Grenzspannung begrenzen sie nach beiden Seiten. Im Vergleich zur Schaltleistung zeigt die Abweichung von der Hyperbel, wo und in welchem Grade die Schaltleistung nicht konstant ist.



I höchstzulässiger Strom
U wiederkehrende Spannung

Abb. 15. Strom-Spannungs-Charakteristik eines Ölschalters.

Welcher Strom und welche Spannung sollen nun angegeben werden? Als Spannung kommt nach den Ergebnissen des vorigen Kapitels nur die wiederkehrende Spannung in Frage. In erster Annäherung kann der projektierende Ingenieur den zulässigen Kurzschlußstrom für die Betriebspannung aus der Charakteristik abgreifen, was der in Amerika gebräuchlichen Handhabung entspricht. In den meisten Fällen, insbesondere bei Netzstellen für große Kraftwerksentfernung, wird die Auswahl jetzt schon möglich sein. Soll nun aber eine Überdimensionierung der Schalter in Kraftwerksnähe vermieden werden — und das war der Grund, weshalb in den europäischen Definitionen die wiederkehrende und nicht die Leerlaufspannung gewählt wurde —, so zeigt eine genaue Rechnung die für die Netzstelle in Frage kommende wiederkehrende Spannung, für welche dann evtl. ein größerer Strom zugelassen werden kann.

Die bisherige Rechenmethode arbeitete mit einer für die Betriebspannung U_0 konstanten Abschaltleistung. Der gleiche Schalter, der in Kraftwerksferne mit der wiederkehrenden Spannung $U = U_0$ benutzt wurde, wurde auch in Kraftwerksnähe mit $U' = 0{,}6\,U_0$ und daher mit einem um 66 % größeren Strom stillschweigend zugelassen. Für unseren Schalter mit der Charakteristik nach Abb. 15 dürfte bei einer Betriebspannung $U_0 = 6$ kV der Strom im zweiten Falle ($U' = 0{,}6\,U_0 = 3.6$ kV) nur um 26 % größer sein als im ersten ($U' = U_0 = 6$ kV)[11], während für $U_0 = 17$ kV ein um 74 % größerer Strom zugelassen würde. Es handelt sich, wie man sieht, bei diesen Umrechnungen nicht um Kleinigkeiten, vielmehr sind die bei der Rechnung mit konstanter Leistung sich ergebenden Fehler so groß, daß sie als ein schwerwiegender Einwand gegen die Schaltleistung überhaupt gewertet werden müssen. Die Rechnung mit der wiederkehrenden Spannung und den Kurzschlußströmen direkt ist dagegen äußerst einfach und dabei exakt richtig. Die Fehler, die bei Unkenntnis der wiederkehrenden Spannung gemacht werden, liegen zugunsten der Betriebsicherheit.

Die Frage nach dem anzugebenden Strom beschränkt sich auf die Fälle mit überlagertem Gleichstrom, die fast ausschließlich in den Prüffeldern vorkommen. Da jedoch gerade die Prüffeldversuche ein Maß für die Beanspruchungen der Schalter im Netz sein sollen und als Grundlage für die Garantieverpflichtungen der Lieferfirmen dienen müssen, so bleiben nur die zwei Wege:

1. Die Prüfbestimmungen erfassen den mit einem Gleichstrom behafteten Kurzschlußstrom so genau, daß der Schalter im Prüffeld weder zu schwer noch zu leicht beansprucht wird, oder

2. die Prüfeinrichtung wird so abgeändert, daß die Prüfungen bis zu den maximalen Leistungen bei symmetrischem Strom vorgenommen werden könnten[12].

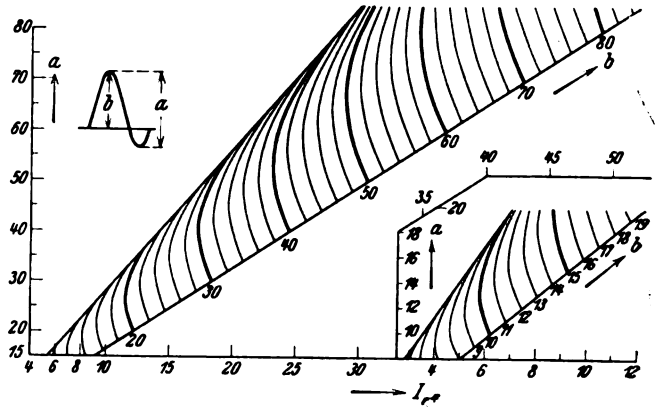


Abb. 16. Fluchtlinientafel zur Berechnung des Effektivwertes unsymmetrischer Sinuslinien.

Das letztere läßt sich beispielsweise dadurch erreichen, daß man den Kurzschluß durch einen besonderen Synchronschalter einleitet, welcher nur im Spannungsmaximum Kontakt gibt. Einen anderen Weg haben die Siemens-Schuckertwerke durch Einbau einer besonderen Erregungseinrichtung eingeschlagen, welche dieser Tage in Betrieb genommen wird. Durch diese Einrichtung wird nicht nur das Gleichstromglied unterdrückt, sondern auch das Abklingen des Wechselstromgliedes ganz vermieden, so daß sich die Abschaltleistung der Anlage rund verdoppelt.

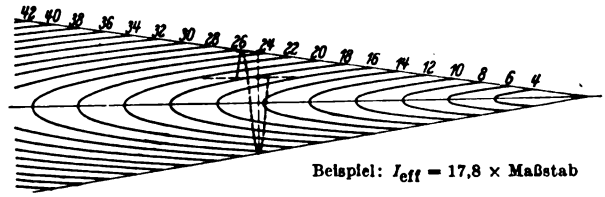


Abb. 17. Kurvenblatt zur Auswertung des Stromes aus Oszillogrammen.

Es ist jedoch wegen der jüngsten Bestrebungen, die darauf hinausgehen, die Eigenzeit der Schalter von ¼ s herabzusetzen, nicht ratsam, das Gleichstromglied bei der Stromdefinition ganz zu vernachlässigen. Man müßte dann auch sehr bald für Schnellschalter und Hochleistungsicherungen, die für immer größere Schaltleistungen gebaut werden, wieder Sonderbestimmungen treffen, da diese ja den ausgesprochenen Stoßkurzschlußstrom abzuschalten haben. Wir schlagen daher auf Grund der Ergebnisse unserer Untersuchung folgende Definition vor:

1. Als unterbrochener Strom gilt der wahre Effektivwert des Wechselstromes während der Lichtbogendauer, der bei unsymmetrischem Strom als die geometrische Summe des effektiven Wechselstromgliedes und des Gleichstromgliedes berechnet wird.

2. Das Abklingen der Stromkomponenten ist besonders bei großer Lichtbogendauer durch Mittelwertbildung,

[11] Hier würde also der nach der bisherigen Methode ausgewählte Schalter um $\frac{166-126}{126} \cdot 100 = 32\,\%$ bezüglich des Stromes überlastet.

[12] In den R.E.H./1928, § 27, Absatz 4 der Erklärung, findet sich bereits der Hinweis, daß das Gleichstromglied bei Abschaltversuchen höchstens 20% betragen soll.

Digitized by Google

z. B. durch das algebraische Mittel aus dem Anfangs- und Endstrom zu berücksichtigen.

Die Berechnung des Effektivwertes aus der Stromkurve kann wesentlich erleichtert werden. Beispielsweise gestattet eine Fluchtlinientafel nach Abb. 16 nach Abgreifen zweier Größen aus den Oszillogrammen (Scheitelwert der größeren Halbwelle und Abstand der Hüllkurven) ein direktes Ablesen des Effektivwertes. Für häufigeres Auswerten empfiehlt sich ein durchsichtiges Kurvenblatt nach Abb. 17, mit dem man den Effektivwert des unsymmetrischen Stromes direkt auf dem Oszillogramm ablesen kann. Die Auswertung erfordert damit weniger Zeit als die normale Berechnung des Effektivwertes einer Sinuslinie.

Zum Schlusse sei noch kurz auf das Einschaltvermögen eines Schaltgerätes hingewiesen. Die Angabe einer Einschaltleistung ist im allgemeinen nicht üblich, obwohl man sie mit dem gleichen Recht analog zur Abschaltleistung aus Leerlaufspannung und Einschaltstrom bilden könnte. Der Unterschied ist nur graduell, denn der Einschaltvorgang wird noch weniger von der Spannung beeinflußt. Maßgebend für ihn sind die elektrodynamische und thermische Wirkung des Kurzschlußstromes, und so schreiben auch die R.E.H. nur vor, daß das Schaltgerät den Kraft- und Wärmewirkungen des Stoß- und Dauerkurzschlußstromes gewachsen sein muß. In Amerika ist der Begriff der „Stromtragfähigkeit" für 1 s und 5 s geprägt worden. In Verbindung mit dem höchstzulässigen Einschaltstrom (Scheitelwert des Stoßstromes) ist damit das Einschaltvermögen genügend gekennzeichnet. Es wäre zu begrüßen, wenn auch in Deutschland diese Begriffe in die Vorschriften aufgenommen würden.

Was ist unter der Erwärmungszeitkonstante einer elektrischen Maschine zu verstehen?

Von **H. Osborne**, Berlin.

Übersicht. An Hand genauer gerechneter Erwärmungskurven wird gezeigt, daß bei inhomogenen Körpern, insbesondere elektrischen Maschinen, die Erwärmungskurven keine einheitliche Erwärmungszeitkonstante aufweisen, daß sich aber der Erwärmungsverlauf oberhalb 60 % der Enderwärmung so dem logarithmischen Verlauf der Kurve eines homogenen Körpers nähert, daß von der in den R.E.M. und R.E.B. vorgeschlagenen Extrapolationsmethode auch bei gekapselten Maschinen Gebrauch gemacht werden kann.

Die Dauerprobe einer elektrischen Maschine kann nicht immer bis an den Beharrungszustand durchgeführt werden. Insbesondere gekapselte oder sonst schlecht gekühlte Maschinen benötigten oft mehr als 24 h, um genügend nahe an ihre Enderwärmung zu gelangen; sie haben, wie man sich auszudrücken pflegt, eine sehr große Zeitkonstante.

Die R.E.M. und R.E.B. empfehlen für solche Fälle die Extrapolation nach folgender Methode. Die Erwärmungszunahme $\Delta\vartheta$ während gleicher Zeitabschnitte wird gemessen und über der Erwärmung aufgetragen. Besitzt die Maschine eine einheitliche Erwärmungszeitkonstante, d. h. vollzieht sich ihre Erwärmung nach der bekannten Gleichung $\vartheta_t = \vartheta_e \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$, worin T eine Konstante ist, dann ergibt die Differenzenlinie $\Delta\vartheta = f(\vartheta)$ eine Gerade, und der Schnittpunkt dieser Geraden mit der Abszisse gibt die Enderwärmung ϑ_e. Bei der Konstruktion verfährt man am besten in der Weise, daß man an verschiedene Punkte der Erwärmungslinie Tangenten anlegt und deren Anstieg während eines beliebig großen, aber stets gleichen Zeitabschnittes bestimmt und abhängig von ϑ aufträgt. In Abb. 1 ist als Zeitabschnitt die Zeitkonstante gewählt, diese Wahl ist aber eine ganz willkürliche.

Die Vorbedingung für die Brauchbarkeit dieser Extrapolationsmethode ist die Konstanz der Zeitkonstante T, denn nur dann ergibt die Differenzenlinie eine Gerade und einen sicher bestimmbaren Schnittpunkt. Ob diese Forderung bei elektrischen Maschinen erfüllt ist, und wie die Zeitkonstante dieser Maschinen zu definieren ist, soll hier untersucht werden.

Führt man einem homogenen Körper eine konstante Wärmemenge zu und bleiben seine spezifische Wärmeabgabe sowie die Temperatur seines Kühlmittels konstant, dann verläuft seine Erwärmungskurve nach der oben genannten Exponentialgleichung. Abb. 1 zeigt uns den zeitlichen Verlauf einer solchen Erwärmung. Das typische äußere Kennzeichen einer solchen Kurve ist die an allen Punkten konstante Größe der Subtangente. Das heißt, legt man an einen beliebigen Punkt der Erwärmungskurve eine Tangente, dann ist deren Projektion auf die Linie der Enderwärmung konstant und gleich T (Abb. 1).

Um eine Erwärmungskurve dieses Charakters zu erhalten, ist es nicht unbedingt notwendig, daß alle vier der oben genannten Bedingungen erfüllt sind. So ist beispielsweise bekannt, daß eine Zunahme der zugeführten Wärmemenge infolge Widerstandszunahme zwar die Enderwärmung ϑ_e und die Zeitkonstante T vergrößert, daß sie aber den Charakter der Kurve nicht ändert, d. h. die Größe der Subtangente wird wieder konstant sein, aber entsprechend größer. Ändert sich dagegen die spezifische Wärmeabgabe, dann ändert sich auch der Charakter der Kurve. Diese Verhältnisse sind von E. Jasse für homogene Körper analytisch untersucht und geklärt worden[1]. Diese Untersuchungen gelten jedoch nur für homogene Körper und nicht für inhomogene, und es ist Sache der nachfolgenden Betrachtungen, zu untersuchen, ob auch für elektrische Maschinen ähnliche Gesetze Geltung besitzen.

Elektrische Maschinen bestehen aus einer Reihe einzelner Teile, die ihre eigenen Erwärmungsbedingungen haben und einander gegenseitig beeinflussen. Die wichtigsten Teile sind die Läuferwicklung, die Ständerwicklung, das Läufereisen und das Ständereisen. Die für einen logarithmischen Verlauf der Erwärmungskurve geforderte Homogenität ist also nicht gewahrt, aber auch die drei anderen Bedingungen nicht. So ändert sich die Wärmezufuhr insbesondere bei den Teilen ständig, welche in der Hauptsache nur Wärme übertragen. Die Wärmeabgabeziffern können zwar für die inneren Teile als konstant angenommen werden, nicht aber

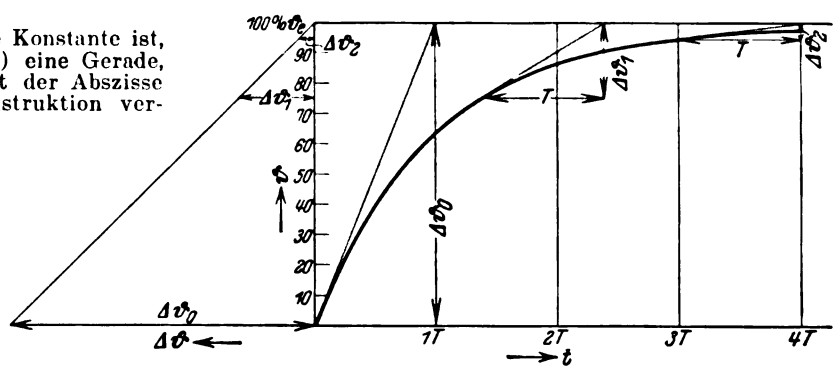


Abb. 1. Erwärmungs- und Differenzenlinie eines homogenen Körpers.

für das Gehäuse[2]. Die Kühlmitteltemperaturen schwanken in den weitesten Grenzen, denn es sind die Temperaturen der benachbarten Teile, die ja selbst an dem Erwärmungsprozeß teilnehmen. Wir sehen also, daß bei elektrischen Maschinen von den vier eingangs erwähnten Bedingungen, nämlich Homogenität des Materials, konstante Wärmezufuhr, konstante Wärmeabgabeziffer und konstante Kühlmitteltemperatur, keine einzige erfüllt ist, und es wäre überraschend, wenn trotzdem die Erwärmungskurve eines solchen inhomogenen Körpers den gleichen Verlauf zeigen sollte wie die eines homogenen. Dies ist denn auch keineswegs der Fall, wie weiter unten an einem Beispiel gezeigt werden soll.

Trotzdem wird in der Praxis oft von der Erwärmungszeitkonstante elektrischer Maschinen gesprochen, ohne daß zunächst recht klar ist, was unter einer solchen Größe zu verstehen ist, wenn der Erwärmungsverlauf

[1] E. Jasse, Berechnung von Anlaßwiderständen und Motorsicherungen; El. u. Maschinenb. Bd. 30, S. 657 u. 685 (1912). Theorie der Schmelzsicherungen; El. u. Maschinenb. Bd. 29, S. 423 (1911).

[2] Binder, Über Wärmeübertragung auf ruhige oder bewegte Luft. Verlag W. Knapp, Halle a. S. 1911.

Digitized by Google

nicht der Exponentialgleichung folgt. Auf eine diesbezügliche Frage erhält man in der Regel vier Definitionen genannt, und zwar:

1. T ist das Verhältnis $\frac{c\,G}{h\,O}$, wobei c die spezifische Wärme, G das Gewicht, O die Kühlfläche und h die spezifische Wärmeabgabe bedeuten.
2. T ist die Zeit, nach welcher ein Körper ohne Wärmeabgabe die Temperatur erreichen würde, die er bei gleicher Wärmezufuhr und entsprechender Kühlung im Beharrungszustand erreicht.
3. T ist die Zeit, welche die Ursprungstangente auf der Linie der Enderwärmung abschneidet.
4. T ist die Zeit, nach welcher die Erwärmung 63,2 % der Enderwärmung erreicht.

Alle diese Definitionen bzw. physikalischen Deutungen der Zeitkonstante T ergeben bei logarithmischem Verlauf der Kurve den gleichen Wert. Wie sieht es aber damit aus, wenn dies nicht der Fall ist? Zahlentafel 1 zeigt die große Verschiedenheit der Werte für T, welche sich nach den vier Definitionen für die einzelnen Teile eines gekapselten Gleichstrommotors von etwa 40 kW ergeben. Beigefügt ist noch ein fünfter Wert für T, welcher sich aus den gerechneten Kurven für den obersten Teil der Erwärmungskurven ergibt und eine bemerkenswerte Übereinstimmung für alle Einzelteile zeigt.

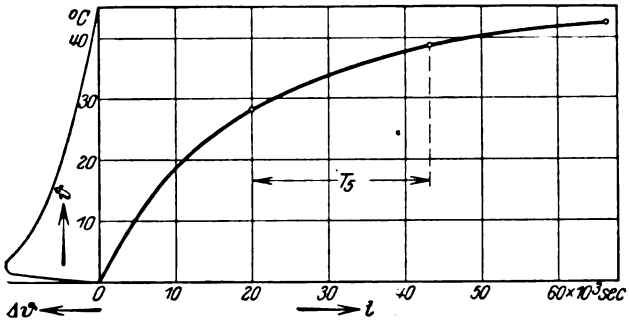


Abb. 3. Erwärmungs- und Differenzenlinie des Ankereisens.

Zahlentafel 1.

	Ankerwicklung s	Ankereisen s	Magnetwicklung s	Gehäuse s	Maschine s
$T_1 = \frac{c\,G}{h\,O}$	488	1 360	4 440	11 660	14 000
$T_2 = \frac{c\,G\,\vartheta_e}{V_e}$	2 690	8 450	9 350	11 660	14 000
$T_3 = \frac{c\,G\,\vartheta_e}{V_a}$	3 280	100 000	11 560	∞	∞
$T_4 = 63{,}2\,\%\ \vartheta_e$	17 000	20 300	17 500	27 400	27 400
$T_5 =$	23 700	23 500	23 600	23 000	23 000

Die größten Unterschiede zwischen den Werten von T nach den fünf Definitionen zeigt die Ankerwicklung, wenn man von den ganz großen Werten absieht, die sich nach Definition 3 bei denjenigen Maschinenteilen ergeben, die in der Hauptsache nur Wärme übertragen. Bei der Ankerwicklung ist die kleinste Zeitkonstante 488 s und die größte 23 700, das ist ein Verhältnis von nahezu 1 : 50. Es ist also ohne Zweifel dringend erwünscht, daß Klarheit über den Begriff der Zeitkonstante bei elektrischen Maschinen geschaffen wird. Doch dies ist nicht Sache des praktischen Ingenieurs. Diesem genügt es zu wissen, daß eine Berechnung der kurzzeitigen Überlastungen oder der Leistung für aussetzende Betriebe mittels einer Zeitkonstante unmöglich ist. Weiter aber interessiert ihn noch besonders zu wissen, ob die Extrapolation auch für gekapselte und schlecht gekühlte Maschinen anwendbar ist. Um diese Frage beantworten zu können war es notwendig, mindestens eine Erwärmungskurve zu besitzen, deren Enderwärmung einwandfrei feststeht. Dies ist bei gemessenen Kurven streng genommen nie der Fall, bei denen größerer gekapselter Maschinen aber auch praktisch nicht. Bei lange währenden Proben ist es meist nicht möglich, die Außentemperatur konstant zu halten. Durch Änderung der Außentemperatur wird aber die Erwärmungskurve verzerrt, da die Maschinenmasse den Temperaturschwankungen nur allmählich folgen kann. Die Folge davon ist, daß die Differenzenlinie experimentell aufgenommener Erwärmungskurven oft auch in ihrem obersten Teile von der Geraden abweicht und eine Extrapolation unsicher macht.

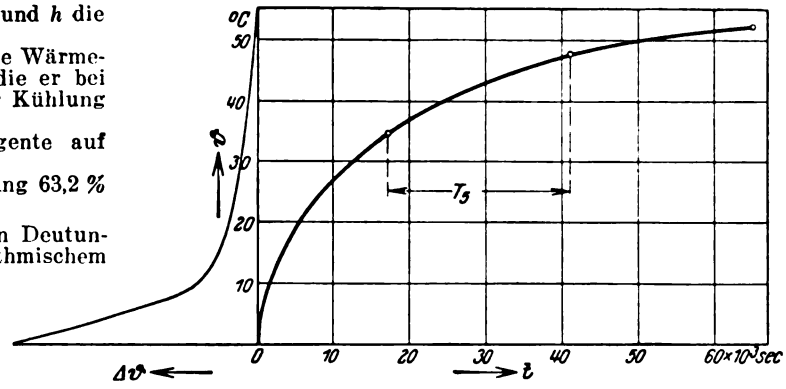


Abb. 2. Erwärmungs- und Differenzenlinie der Ankerwicklung.

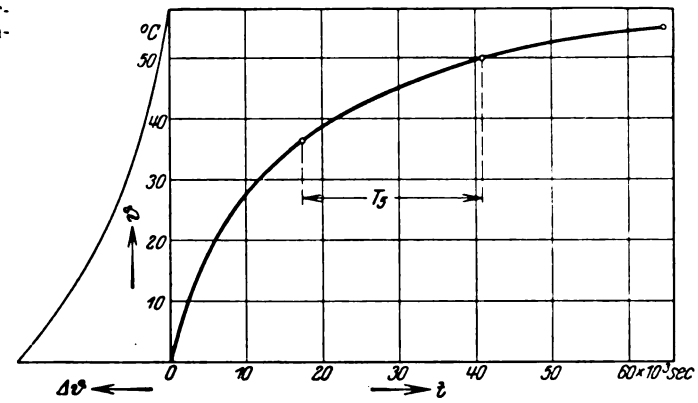


Abb. 4. Erwärmungs- und Differenzenlinie der Magnetwicklung.

Um diese Unsicherheit zu beseitigen und den wirklichen Verlauf der Differenzenlinie einer gekapselten elektrischen Maschine kennenzulernen, wurde der Erwärmungsverlauf eines Motors durch Berechnung ermittelt und die so erhaltenen Kurven als geeignetere Grundlage für die beabsichtigten Feststellungen angesehen als die experimentell aufgenommenen. Bei der Berechnung wurde folgenderweise vorgegangen: Aus einer zuverlässigen, auf dem Prüfstand aufgenommenen Kurve wurden die wahrscheinlichen Enderwärmungen ϑ_e festgestellt. Sodann wurden die Einzelverluste V_e berechnet und aus dem Quotienten V_e/ϑ_e das Produkt $h\,O$ gefunden. Da das Gewicht G und die spezifische Wärme c gleichfalls bekannt waren, stand einer Berechnung nichts mehr im Wege.

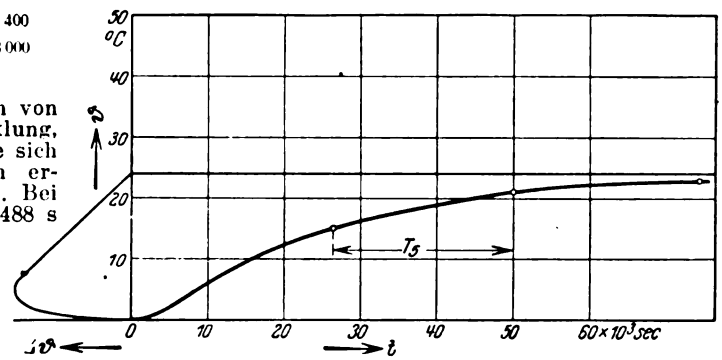


Abb. 5. Erwärmungs- und Differenzenlinie des Gehäuses.

Abb. 2 ... 5 zeigen die auf diese Weise ermittelten Erwärmungskurven und die zugehörigen Differenzenlinien für die Ankerwicklung, das Ankereisen, die Ma-

Digitized by Google

gnetwicklung und das Gehäuse. Die Erwärmung der übrigen Teile, wie des Kommutators und der Innenluft, mußten natürlich gleichzeitig ermittelt werden, sind aber hier nicht wiedergegeben, da ihre Kurven gegenüber den dargestellten keine neuen charakteristischen Merkmale aufweisen. Die Differenzenlinien aller dieser Teile, so verschieden sie auch sonst sind, zeigen übereinstimmend einen nahezu vollständig geradlinien Verlauf in ihrem obersten Teil. Dies ist ein wertvolles Ergebnis, denn das bedeutet, daß der oberste Bereich der Erwärmungskurve logarithmischen Verlauf hat und daß demzufolge innerhalb dieses Bereiches auch mit einer Zeitkonstante gerechnet werden kann. Diese selbst ist leicht zu ermitteln, wenn die Enderwärmung feststeht, indem man zwei oder mehrere Punkte innerhalb dieses Bereiches herausgreift und ihre prozentuale Erwärmung und die Zeit, die sie trennt, feststellt. In unserem Beispiel sind Punkte von 63,2 %, 86,5 % und 95 % der Enderwärmung herausgegriffen. Aus der logarithmischen Kurve ist uns bekannt, daß der Zeitunterschied zwischen diesen drei prozentualen Erwärmungen je eine Zeitkonstante beträgt. Auf diese Weise sind die Werte von T_s in Zahlentafel 1 bestimmt, welche die bemerkenswerte Übereinstimmung für alle Teile der Maschine zeigen.

Das Ergebnis der Untersuchung läßt sich nun kurz zusammenfassen. Die Erwärmungskurven gekapselter oder schlecht gekühlter elektrischer Maschinen weichen in ihrem ersten Teil sehr erheblich von der Exponentialkurve homogener Körper ab. Mit einer Zeitkonstante kann in diesem Teil der Kurve nicht gerechnet werden. Die Subtangente ändert sich im unteren Teil der Erwärmungskurve von Punkt zu Punkt sehr erheblich, nähert sich aber im mittleren Teil einem Endwert, so daß, von etwa 50 ... 60 % der Erderwärmung an, die Erwärmungslinie mit einer logarithmischen Kurve in Deckung gebracht werden kann. Die Differenzenlinie ist von da an eine Gerade; dies hat zur Folge, daß für den Teil über etwa 60 % der Enderwärmung die Extrapolation mittels Differenzenlinie auch für gekapselte Maschinen mit genügender Genauigkeit angewendet werden kann.

Das Gutachten Dr. Oskar v. Millers über die Reichselektrizitätsversorgung*.

Der Unterzeichnete wurde von der Schriftleitung dieser Zeitschrift aufgefordert, in einem Artikel das Gutachten über die Reichselektrizitätsversorgung zu besprechen. Er hat sich dazu bereit erklärt, obwohl er sich bewußt ist, daß es nicht möglich ist, in einem kurzen Artikel das Gutachten erschöpfend zu behandeln.

Das Gutachten wird eingeleitet durch ein Vorwort des Reichswirtschaftsministers Dr. A. J. Curtius, welcher nach Beratung mit Elektrizitätswirtschaftlern aus allen Gebieten des Reiches Exzellenz v. Miller um die Ausarbeitung des Gutachtens bat. Dieses sollte eine Art Generalplan darüber darstellen, wie in Zukunft die Elektrizitätsbeschaffung für Deutschland so zweckmäßig als möglich gestaltet werden kann und wie dafür die günstigsten Energiequellen ausgenutzt werden können. Man ging dabei davon aus, daß durch die Schaffung eines derartigen Generalplanes die Zusammenarbeit in der Elektrizitätswirtschaft wesentlich erleichtert und ohne irgendwelchen behördlichen Zwang erreicht werden würde.

Um die Grundlagen für den Generalplan zu schaffen, wurden die an den Vorberatungen beteiligten Elektrizitätswirtschaftler als „Bezirkssachverständige" gebeten, für die gebildeten Erhebungsbezirke die notwendigen statistischen Unterlagen zu sammeln, Angaben über die vermutliche Entwicklung des Elektrizitätsverbrauches und Vorschläge über seine Deckung zu machen. Die Verbrauchsschätzungen, die diese Sachverständigen in den Jahren 1926/27 für das Stichjahr 1935 aufstellten, sind in dem Gutachten zusammengestellt worden. Der Gutachter begnügte sich jedoch mit diesen Schätzungen nicht, sondern hat durch sein Büro eingehende Erhebungen über den voraussichtlichen Elektrizitätsverbrauch, seine örtliche und zeitliche Verteilung und die vorhandenen Energiequellen anstellen lassen. Dabei wurde der Verbrauch zu einer Zeit der Ermittelung unterzogen, bis zu der die Durchführung des Generalplanes als möglich anzunehmen ist. Der ermittelte Verbrauch ergibt sich so wesentlich höher, als der von den Bezirkssachverständigen für 1935 geschätzte.

Bei der Ermittelung des zukünftigen Verbrauches wird der Verbrauch in den Städten und in den Landbezirken, weil er erfahrungsgemäß verschieden ist, getrennt behandelt. Das Ergebnis ist aus der nachstehenden Liste 3

Liste 3. Zusammensetzung des jährlichen Stromverbrauches je Einwohner aus den verschiedenen Verwendungszwecken

Verwendungszweck	Jährl. Stromverbrauch je Einwohner	
	in den Städten kWh	in den Landbezirken kWh
Beleuchtung	50	20
Haushalt (Kraft und Wärme)	100	75
Kleingewerbe	50	10
Straßen- und Stadtbahnen	30	—
Städtische Betriebe	35	—
Landwirtschaft (Kraft und Wärme)	—	60
Verluste in Orts- und Überlandleitungen	35	35
Summe	300	200

* Gutachten über die Reichselektrizitätsversorgung. Von Dr. O. von Miller. Mit 12 Listen im Text, 30 Listen im Anhang und 23 farbigen Plänen, XII u. 27 S. in 2°. Vertrieb VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1930. Preis geb. 30 RM.

des Gutachtens ersichtlich. Des weiteren wurde der Verbrauch der Industrie ermittelt, u. zw. wurden bei einer großen Zahl von Fabriken der Schwerindustrie, der Mittelindustrie und der Leichtindustrie Angaben über den Verbrauch je Arbeiter eingefordert. Das Ergebnis dieser Umfrage ist aus der nachstehenden Liste 4 des Gutachtens ersichtlich.

Liste 4. Jährlicher Stromverbrauch der Industrie

Industriegruppe	Anzahl der Arbeiter 1000	Jährlicher Stromverbrauch insgesamt Mill kWh	davon gedeckt durch öffentl. Elektrizitätswerke %	Mill kWh	je Arbeiter kWh
Berg- und Hüttenwesen	1 620	10 000	30	3 000	1 850
Steine, Erden, Keramik, Glas, Zement und Baugewerbe	810	2 400	50	1 200	1 480
Maschinenbau und Elektrotechnik	2 460	4 000	90	3 600	1 460
Textilindustrie	930	2 600	40	1 100	1 180
Leder-, Gummi-, Holzindustrie, Papierfabrikation, Vervielfältigungsgewerbe usw.	1 080	4 800	40	2 000	1 850
Ernährungs- und Bekleidungsgewerbe	1 100	2 200	50	1 100	1 000
Summe	8 000	26 000	46	12 000	1 500

Bei der Liste 3 ist die Schätzung für den Kraft- und Wärmeverbrauch des Haushaltes mit 100 kWh je Einwohner der Städte und 75 kWh je Einwohner der Landbezirke besonders bemerkenswert. Der Gutachter hält diese nach heutigen Begriffen hohen Ziffern durch die Erfahrungen, die mit der Einführung des elektrischen Kochens in Schweinfurt und Schwandorf seither gemacht worden sind, gerechtfertigt. Nicht alle Elektrizitätswirtschaftler werden ihm bei dieser günstigen Beurteilung des Wärmestromverbrauches in den Haushaltungen zu folgen vermögen, selbst wenn sie die für den Anfang zweifellos günstigen Ergebnisse in Schweinfurt und Schwandorf anerkennen. Der allgemeinen Einführung des elektrischen Kochens steht nach ihrer Meinung eine Reihe von Hindernissen entgegen, die z. T. in der Bereitstellung des für die elektrische Ausrüstung der Küchen erforderlichen Kapitals, z. T. in den Selbstkosten der Elektrizitätswerke begründet sind. Sie sind der Auffassung, daß es nicht gelingen wird, das elektrische Kochen unter Zuhilfenahme der Wärmespeicherung zur allgemeinen Einführung zu bringen, sondern daß dies entsprechend den Erfahrungen in den kohlenarmen Ländern, wo das elektrische Kochen bereits weitergehend verbreitet ist, nur mittels Geräten mit hohem Wattverbrauch, die ein den seitherigen Gewohnheiten der Hausfrau angepaßteres Kochen gestatten, erreicht werden kann. Da das Kochbedürfnis sich auf gewisse Stunden des Tages zusammendrängt, muß bei dieser Annahme damit gerechnet werden, daß sich nicht unerhebliche Spitzenbelastungen der Kraftwerke, der Leitungsnetze, insbesondere der örtlichen Verteilungsnetze ergeben, wodurch die Einräumung des zum Kochen erforderlichen niedrigen Strompreises erschwert wird.

Digitized by Google

Die zugrunde gelegten Verbrauchsmengen der Industrie sind nach den Erfahrungen, die z. B. in Sachsen mit seiner gemischten Industrie gemacht worden sind, wohl zu erreichen, vorausgesetzt, daß die Selbstkosten der Elektrizitätswerke so niedrige Strompreise gestatten, daß die Industrie aus dem Anschluß Nutzen ziehen kann.

Auf Grund der in Listen und Plänen dargestellten Ermittelungen kommt der Gutachter zu dem Ergebnis, daß sich für Deutschland durchschnittlich ein jährlicher Stromverbrauch von rd. 500 kWh je Kopf der Bevölkerung ergeben wird. Diese Ziffer liegt noch erheblich unter den heutigen Verbrauchsziffern in allerdings kohlenärmeren Gebieten des Auslandes.

werden durch die zeitliche Verschiebung der Einzelbelastungen, so daß die gesamte Höchstbelastung der Kraftwerke 8 500 000 kW betragen wird.

Auf Grund der Einzelermittelungen des Stromverbrauches und des Leistungsbedarfes wird im Gutachten die Höchstleistung auf sogen. Konsumschwerpunkte verteilt und diese Verteilung in beigegebenen Listen und Plänen dargestellt.

Der Gutachter kommt dann zur Auswahl der Energiequellen und Kraftwerke, die für die zukünftige Elektrizitätsversorgung in Frage kommen, und entwirft die erforderlichen Höchstspannungsnetze.

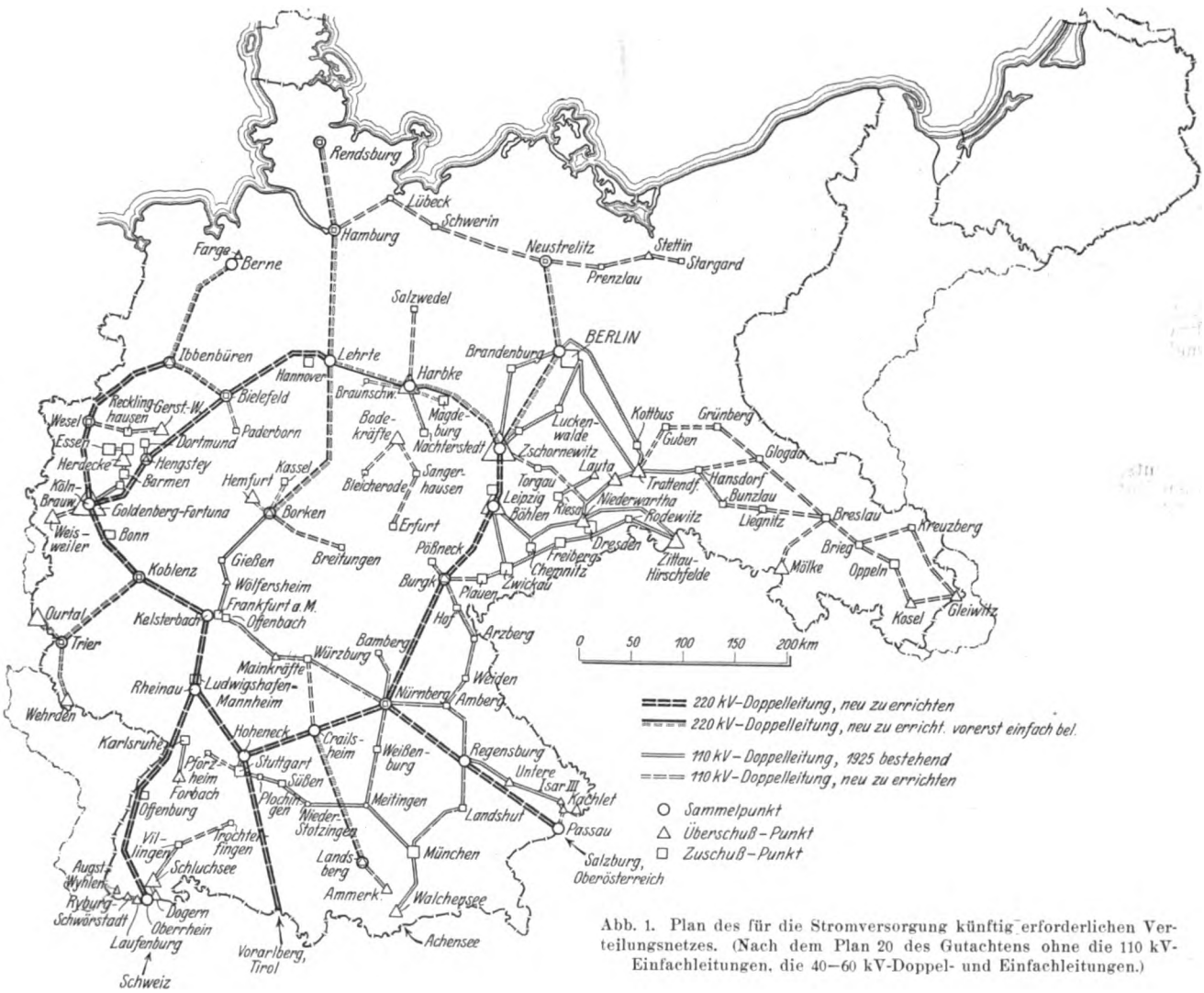


Abb. 1. Plan des für die Stromversorgung künftig erforderlichen Verteilungsnetzes. (Nach dem Plan 20 des Gutachtens ohne die 110 kV-Einfachleitungen, die 40—60 kV-Doppel- und Einfachleitungen.)

Aus der nachstehenden Zusammenfassung von Liste 1 und Liste 5 des Gutachtens ist das Ergebnis der Ermittelungen nach Stromverbrauch und erforderlicher Leistung ersichtlich.

	Vorhanden 1925	Schätzung der Bezirkssachverständigen 1935	dem Gutachten zugrunde gelegt —
jährlicher Stromverbrauch	8,6	23	31 Mrd kWh
erforderliche Leistung	2,94	7,08	8,5 Mill kW
jährliche Benutzungsdauer der Höchstleistung	2900	3300	3600 Stunden

Die Bezirkssachverständigen und der Gutachter rechnen also mit einer nicht unbeträchtlichen Steigerung der jährlichen Benutzungsdauer. Der Gutachter hält diese Zunahme für begründet durch die von ihm angenommene vermehrte Verwendung des Stromes für Wärmezwecke sowie für die Landwirtschaft. Der Gutachter rechnet weiter damit, daß die Verluste in den Höchstspannungsnetzen, die mit 800 000 kW angenommen sind, wieder ausgeglichen

Außer Wasserkräften, Braunkohlen-, Torf-, Steinkohlen- und Ölkräften des Inlandes werden Wasserkräfte des Auslandes, insbesondere der Schweiz und Österreichs, herangezogen. Eine Übersicht über die Leistungen der einzelnen Energiequellen gibt die dem Gutachten entnommene, nachstehende Zusammenstellung.

	1925 bestehende Werke	Erweiterungen und Neuanlagen	zusammen
	1000 kW		
Laufwasserkräfte	400	800	1 200
Speicherwasserkräfte	250	1 350	1 600
Braunkohlen- und Torfkräfte	1 400	1 650	3 050
Steinkohlen- und Ölkräfte	2 700	1 750	4 450
Gesamtkräfte in Deutschland	4 750	5 550	10 300
hiervon sind Reserven	—	—	1 800
verfügbare Kräfte	—	—	8 500
erforderliche Leistung	—	—	8 500

Bei den Laufwasserkräften ist angenommen worden, daß bei ungünstigster Wasserführung ihre Gesamtleistung

Digitized by Google

auf ein Drittel der Ausbauleistung, die der 10 Monate im Jahr vorhandenen Wassermenge angepaßt ist, zurückgeht und infolgedessen zwei Drittel in Reserven in den anderen Kraftwerken vorzusehen sind. Der Gutachter rechnet damit, daß die gesamte Reserve mit 1,8 Mill kW ausreichend bemessen sein würde, und kommt so auf einen Bedarf an eingebauter Leistung in sämtlichen Kraftwerken von 10 300 000 kW. Bei gleichzeitigem Zurückgehen der Laufwasserkräfte auf ein Drittel der Ausbauleistung würde sich nach der Zusammenstellung die Reserve um 800 000 kW auf 1 Mill kW ermäßigen und somit in diesen Zeiten nur noch rd. 10 % der eingebauten verfügbaren Leistung ausmachen, während 1925 die eingebaute Leistung die Höchstleistung noch um rd. 30 % überstieg.

Da die Leistung der bestehenden Kraftwerke 1925 4,75 Mill kW betrug, sind durch Erweiterungen und Neuanlagen 5,5 Mill kW bereitzustellen. Diese neue Leistung ist knapp bemessen, da sich der Weiterbetrieb des älteren Teils der 1925 vorhandenen Kraftwerke, sei es auch nur zur Reserve, vielfach nicht mehr lohnen wird. Von den Neubauten ist in der seit 1905 bereits verflossenen Zeit schon ein Teil durchgeführt worden. Der Gutachter nimmt für Erweiterungen und Neuanlagen von Steinkohlen- und Ölkraftwerken einerseits, Braunkohlen- und Torfkraftwerken andererseits ungefähr die gleichen Leistungsbeträge an. Nach der seitherigen Entwicklung kann man wohl davon ausgehen, daß sich die Elektrizitätserzeugung auch weiterhin in vermehrtem Maße wirtschaftlicher auf die Braunkohle abstellen lassen wird, um so mehr als nach der vom Gutachter ermittelten Gesamtbelastungslinie die Spitzenbelastung im Verhältnis zur Durchschnittsbelastung zurücktritt und infolgedessen die Erweiterung von Ortskraftwerken unter Verwendung von Steinkohle oder Öl mehr und mehr entbehrt werden kann. Die Vorkommen der billig zu fördernden Braunkohle sind auch im nördlichen Deutschland so gelegen, daß die dort errichteten Großkraftwerke ohne teure Übertragungsnetze den Bedarf befriedigen können. Diese Kohlenvorkommen sind z. B. beim Großkraftwerk Böhlen so umfangreich, daß sie bei entsprechendem Ausbau gerade dieses Kraftwerkes die dem Gutachten zugrunde gelegten Verbrauchsmengen viel weitgehender als in dem Gutachten angenommen zu decken gestatten.

Aus Abb. 1 ist die Führung der geplanten Sammelschiene mit den Energiesammelpunkten ersichtlich. Die Sammelschiene ist für eine Betriebspannung von 220 kV geplant. Bei Bemessung der Masten und Leiterabstände ist die Möglichkeit der Spannungserhöhung auf 380 kV vorgesehen worden. In den Sammelpunkten schließt sich das primäre Verteilungsnetz für 110, 60 und 40 kV an.

Von der Sammelschiene ist unterdessen durch das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk AG. in Essen (RWE) bereits ein großer Teil im Westen, u. zw. im wesentlichen die Leitung von Vorarlberg nach dem Rheinland, zur Durchführung gekommen. Des weiteren hat das RWE und auch die Preußische Elektrizitäts-AG. in Berlin (Preußenelektra) im Nordwesten 220 kV-Leitungen errichtet, die Teile des Planes des Gutachtens darstellen. Auch im übrigen wird der Plan dem Bedürfnis entsprechen, das sich durch die weitere Entwicklung herausstellen wird. Ob sich dabei an einzelnen Punkten eine Abänderung als zweckmäßig erweisen wird, kann dahingestellt bleiben.

Auf Grund eingehender Berechnungen werden im Gutachten die Kosten der neu zu errichtenden Kraftwerksanlagen, Leitungen, Umspannwerke, Schalt- und Regulier-einrichtungen nach Erfahrungssätzen ermittelt und ein insgesamt aufzuwendendes Kapital von 3,663 Mrd RM festgestellt. Davon entfallen

1,165 Mrd RM auf inländische Wasserkraftwerke
1,058 „ „ „ auf Wärmekraftwerke, und
1,440 „ „ „ Übertragungsanlagen.

An diese Ermittelung wird eine Wirtschaftlichkeitsberechnung angeschlossen, die unter Zugrundelegung von Erfahrungsziffern für Abschreibungen, Unterhaltungen, Materialverbrauch, Bedienung, Verwaltung und allgemeine Unkosten die gesamten Betriebskosten ohne Zinsen und Kapitaltilgung auf 365 Mill RM jährlich feststellt und 1,63 Pf/kWh für die durch die Erweiterungen und Neuanlagen zu liefernden 22,4 Mrd kWh als Selbstkosten ergibt. Dabei ist für den Strombezug aus ausländischen Wasserkräften im Umfange von 3,4 Mrd kWh jährlich ein Kaufpreis frei Landesgrenze von 1,2 Pf/kWh eingesetzt worden, während die Kohlenkosten in den Wärmekraftwerken im Durchschnitt mit 0,8 Pf/kWh angenommen sind. Zuzüglich 8,5 % für Verzinsung und Tilgung des aufzuwendenden Kapitals ergeben sich die Gesamtkosten zu 3 Pf je kWh. Dies ist ein Durchschnittspreis, der, gemessen an den Preisen, die heute für Stromlieferungen im großen bezahlt werden, hoch erscheint.

Es ergibt sich, daß die Alpenwasserkräfte erst dann mit den Braunkohlenkraftwerken in Mitteldeutschland in wirtschaftlichen Wettbewerb treten können, wenn das verhältnismäßig hohe Kapital für ihren Ausbau und ihre Fernübertragung zu günstigen Bedingungen bereitgestellt werden kann. Es fügt sich glücklich, daß der Kohlenvorrat Mitteldeutschlands so groß ist, daß unbedenklich günstigere Zeiten abgewartet werden können. Unterdessen scheint es allerdings wichtig, die Wege zur wirtschaftlichen Durchführung der Verbindung von Kohlen- und Wasserkräften nicht zu verbauen, sondern alles darauf zuzuschneiden, daß die erforderlichen Fernübertragungsanlagen unter günstigster Ausnutzung allmählich entstehen, wie dies vom Gutachter vorgeschlagen wird und auch im Westen Deutschlands bereits geschehen ist.

Die geleistete umfangreiche, ausgezeichnete Arbeit, die das Gutachten darstellt, ist für die weitere Entwicklung außerordentlich wertvoll. Das Gutachten wird eine der Grundlagen sein können für die Arbeit innerhalb der für die deutsche Elektrizitätsgroßwirtschaft tätigen Stellen. Bekanntlich ist zu diesem Zweck vor Jahresfrist die AG. für deutsche Elektrizitätswirtschaft in Berlin gebildet worden. Es ist anzunehmen, daß zwischen den beteiligten Großunternehmungen jeweils die Übereinkommen getroffen werden können, die zur wirtschaftlichsten weiteren Zusammenfassung der deutschen Elektrizitätswirtschaft erforderlich sind, und daß so irgendwelche behördlichen Maßnahmen entbehrt werden können. Wichtig ist, daß die Zusammenfassung der Elektrizitätserzeugung an den Orten günstigster Energiequellen von allen, insbesondere auch von den Gemeinden gefördert und auf die vielfach noch so beliebte Erzeugung in unwirtschaftlichen Eigenanlagen verzichtet wird.

Mit Exzellenz v. Miller ist zu wünschen, „daß die Mühe, die auf die umfangreichen Erhebungen und auf die Ausarbeitung des Gutachtens verwendet wurde, nicht vergebens war und daß sie einen wünschenswerten Beitrag bilden, um die deutsche Elektrizitätsversorgung in mustergültiger Weise zum Nutzen aller Beteiligten und zum Vorbild für andere Länder auszugestalten".

Wöhrle.

Die elektrochemische Industrie Schwedens und deren Stromversorgung*.

Nachdem große Energiemengen zu geringen Kosten hergestellt werden konnten, setzte zur Jahrhundertwende ein Blühen der elektrochemischen Industrien in Ländern mit reichlicher Wasserkraft ein. Später ist durch die Entwicklung der Dampfkraft bzw. Wärmetechnik eine Elektrizitätserzeugung in großen Einheiten zu billigem Preise möglich geworden, wodurch die elektrochemische Industrie auch in Ländern mit Kohlenbergbau stark gefördert wurde. Der Aufschwung in Schweden ist besonders nach dem Errichten des staatlichen Kraftwerkes Trollhätta 1905 eingetreten. Von der gelieferten Energie wurden zeitweise bis zu 80 %, in den letzten Jahren etwa 60 % für elektrochemische Industrie verwendet.

Abgesehen von den Fällen, wo eine Industrie eigene Energiequellen besitzt, ist die elektrochemische Industrie Schwedens größtenteils an Stromversorgung aus den staatlichen Kraftwerken gebunden. Die Lebensbedingungen und Zukunftsmöglichkeiten dieser Industrie sind deshalb von den jetzigen und künftigen Richtlinien der staatlichen Stromversorgung stark abhängig. Bei einem Rückblick auf die Lage der elektrochemischen Industrie empfiehlt es sich, zwischen der Eisen- und Stahlindustrie einerseits und den sonstigen metallurgischen und chemischen Industrien anderseits zu unterscheiden.

Die elektrochemische Herstellung von Holzkohleneisen hat in Schweden bereits beachtlichen Umfang und Bedeutung erreicht. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt u. a. darin, daß der Kohleverbrauch eines elektrischen Hochofens nur etwa 40 % von demjenigen eines

* Nach Forsell, Sveriges Elektrokemiska Industri och dess kraftförsörjning. Tekn. Tidskr. 1929, H. 47 u. 48.

Digitized by Google

normalen Hochofens auf 1 t Roheisen bezogen beträgt. Durch den Übergang auf elektrische Verhüttung konnte man somit mit derselben Holzkohlenmenge die 2½fache Roheisenmenge gegen das ältere Verfahren erzeugen. Wenn letztere auf 1,4 Mill t jährlich geschätzt wird, kann die erforderliche Leistung mit 350 000 kW beziffert werden. Die Stromquellen Mittelschwedens erlauben jedoch nur teilweise eine Holzkohleneisen-Erzeugung im elektrischen Hochofen, obwohl dieses Verfahren möglichst weitgehend Verwendung finden sollte. Wenn die gegenwärtigen Versuche mit unmittelbarer Herstellung von weichem Eisen und Stahl aus Erzen einen wirtschaftlichen und technischen Erfolg herbeiführen, wird die elektrische Verhüttung noch wichtiger.

Die Stahlerzeugung in elektrischen Öfen aus geringwertigen Rohstoffen hat einen Wettbewerb mit dem schwedischen Qualitätsstahl herbeigeführt und die Bedeutung des schwedischen Holzkohle-Roheisens als Ausgangsmaterial für fremde Herstellung von hochwertigem Stahl herabgesetzt. Die schwedische Stahlindustrie wird deshalb darauf angewiesen, sich mehr auf Elektrostahlerzeugung umzustellen. Dabei ist zu erwarten, daß mit Holzkohleneisen als Rohstoff ein Erderzeugnis, das in mancher Hinsicht den teueren legierten Stahlarten gleichwertig ist, gewonnen wird. Die Veredlung von Roheisen zu Stahl im elektrischen Ofen mit kaltem Einsatz erfolgt mit einem Stromverbrauch auf 1 t Stahl von 0,25 ... 0,33 des Verbrauchs bei der elektrochemischen Roheisenerzeugung. Die elektrolytische Herstellung von Blech und Röhren hat sich in Schweden auch nicht eingebürgert, obwohl die Aussichten gut sein dürften.

Im Jahre 1928 wurden in Schweden hergestellt:

insgesamt		davon in elektrischen Öfen			
Roheisen	Stahl	Roheisen		Stahl	
$396 \cdot 10^3$ t	$576 \cdot 10^3$ t	$75 \cdot 10^3$ t	$189 \cdot 10^6$ kWh	$86 \cdot 10^3$ t	$69 \cdot 10^6$ kWh

Die Zukunftsaussichten der schwedischen Eisen- und Stahlindustrie hängen damit zusammen, inwiefern elektrische Leistung in genügendem Umfange und zu einem erträglichen Preise bereitgestellt werden kann.

Von der elektrochemischen Erzeugung von Nichteisenmetallen sind in Schweden nur die für die Stahlerzeugung wichtigen Ferrolegierungen von Bedeutung. Aluminiumwerke sind leider nicht vorhanden, dagegen dürfte die Zinkgewinnung aus einheimischen Erzen auf elektrothermischem Wege Erfolge versprechen.

Weitere elektrochemische Erzeugnisse von Bedeutung sind Kalziumkarbid, Kalkstickstoff, Chlor, Chlorat usw. Im Jahre 1927 stellten sich die Mengen und Werte etwa wie folgt:

	Karbid	Kalkstickstoff	Chlorat	Kali-Natr.	Chlorkalk	Ferrolegierung	Zink	10^6 kWh
Menge 10^3 t	32,	24	9	5	10	37	4,7	583
Wert 10^6 Kr	5,1	3,25	4	1,9	1	12	2,25	

Die Stromversorgung der elektrochemischen Industrie ist von der Elektrizitätswirtschaft der staatlichen Kraftwerke wesentlich abhängig, wofür grundsätzliche Richtlinien seit 1923 ausgearbeitet sind. Dabei wurde von einer Verlegung der elektrothermischen und elektrochemischen Industrie nach Nordschweden gesprochen, damit die verfügbaren Kraftquellen Südschwedens hochwertigen Zwecken vorbehalten werden können. Forsell wehrt sich gegen die Aufteilung der Stromlieferung für hochwertige und somit auch für minderwertige Zwecke, zumal die elektrochemische Industrie viel mehr die besondere Beachtung und Fürsorge der Staatsbehörden verdient, weil deren Erzeugnisse der sonstigen Industrie und der Landwirtschaft unentbehrlich sind. Zur Selbstfürsorge beim Absperren bzw. Munitionsherstellung im Kriegsfalle ist diese Industrie von ausgesprochener Bedeutung.

Um hier Klarheit zu schaffen, hat das Chemische Industriekontor Schwedens eine Untersuchung über die Aussichten eines wirtschaftlichen Betriebes der elektrochemischen Industrie in den nördlichen Kraftversorgungsgebieten Schwedens vorgenommen, u. zw. unter Durchrechnung der Kosten für Herstellung von Kalziumkarbid, Ferrosilizium, Kaliumchlorat und Aluminium in Werken der dem Lande entsprechenden Größenordnung. Der Vergleich wurde zwischen den Herstellungsorten Trollhätta, Sundsvall und Luleå durchgeführt. Bei gleicher Jahreserzeugung und gleichem Rohstoffverbrauch, dagegen verschiedenen Arbeitslöhnen, je nach der tatsächlichen Abstufung, bei gleicher Belegschaft und Arbeitszeit auf 1 Arbeiter und Jahr wurde der fob-Preis der Ware im Ausfuhrhafen errechnet. Zu berücksichtigen ist noch, daß die Generalien in Sundsvall und Luleå 7,5 % bzw. 15 % höher als in Trollhätta sind und Hilfstoff 10 bzw. 25 % höher veranschlagt wurde. Auch die Anlagekosten stellen sich in Nordschweden 10 bzw. 20 % höher. Die hier wiedergegebenen Äquivalentziffern geben an, um wieviel der Strompreis in Öre/kWh in Trollhättan billiger sein muß, damit das Enderzeugnis an den untersuchten Orten gleichteuer wird.

	Sundsvall	Luleå
Kalziumkarbid	0.56	1.19
Ferrosilizium 45 %	0.38	0.68
„ 75 %	0.27	0.39
Kaliumchlorat	0.68	1.35
Aluminium	0.26	0.56

Daraus zieht Forsell die Folgerung, daß elektrochemische Industrien der untersuchten Art kaum in den nordschwedischen Stromversorgungsgebieten entstehen werden. Etwas günstiger liegen die Verhältnisse für solche Industrien, welche in der eigenen Nachbarschaft einen wesentlichen Teil ihrer Erzeugnisse absetzen können oder bei denen die Anfuhrfrachten keine entscheidende Rolle spielen. Sollte dagegen eine stetige Erhöhung der Marktpreise für die fraglichen Erzeugnisse eintreten und somit ein höherer Strompreis in Trollhätta erträglich werden, so dürfte auch für Nordschweden der Strom höher bezahlt werden können.

Auf Grund der Lage Schwedens im Verhältnis zu den hauptsächlichen Absatzländern ist die elektrochemische Industrie bereits im Nachteil im Wettbewerb mit der ausländischen Industrie. Große elektrochemische Fabriken auf dem Kontinent bzw. in England befinden sich innerhalb erheblicher Absatzgebiete, wo Rohstoffe ebenfalls zu haben sind, wogegen in Schweden bei fast fehlendem Inlandsmarkt die Industrie außerhalb der wichtigsten Absatzgebiete liegt. Der Anteil des Strompreises an den Erzeugungskosten muß deshalb in Trollhätta geringer als im Auslande sein. Dies wird außer von den Frachtkosten für Rohstoffe und Fertigerzeugnisse auch von den niedrigeren Arbeitslöhnen auf dem Kontinent bedingt. Das Ausland kann somit einen höheren Strompreis als z. Z. in Trollhätta anlegen und dabei wettbewerbsfähig bleiben. Dabei wird Dampfkraft in großem Maßstabe verwendet. Als weiterer Wettbewerber kommt Norwegen mit der sehr reichlichen Wasserkraft in Betracht. Bei den hohen Gefällen sind die Ausbaukosten niedrig und die Strompreise günstig. Die Kraftwerke befinden sich meistens unweit der Küste und die elektrochemischen Fabriken an eisfreien tiefen Häfen. Eine neue elektrochemische Industrie für Ausfuhr wird sich deshalb lieber in Norwegen als in Nordschweden niederlassen.

Eine Übersiedlung der nach Trollhätta verlegten elektrochemischen Industrie nach Nordschweden dürfte in absehbarer Zeit mit wirtschaftlichem Erfolg nicht ausführbar sein. Sollte der Strombedarf zu einem annehmbaren Preis nicht befriedigt werden können, dürfte die Mehrzahl der Anlagen stillgelegt werden oder nach Norwegen bzw. Deutschland abwandern.

Von der Stromerzeugung des Kraftwerks Trollhätta wurden im Jahre 1928 64 % der Energie an die elektrochemische Industrie abgegeben und die Stromeinnahmen zu 34 % hierdurch gedeckt. Diese Industrie ist also als Stromabnehmer von grundlegender Bedeutung, zumal die Energie unmittelbar von den Generatoren des Kraftwerks ohne Umspannwerke und damit verbundene Verluste und Kosten geliefert wird. Durch die lange Ausnutzungszeit dürfte der Reingewinn des Kraftwerkes für 1 kW und 1 Jahr bei den elektrochemischen Stromlieferungen höher als bei den sonstigen Abnehmern sein.

Endlich gibt Forsell eine Gegenüberstellung von der Bedeutung des Strompreises bei „hochwertigen" Industrien im Verhältnis zu den elektrochemischen Industrien. Bezüglich der Einwirkung des Strompreises auf die Wirtschaftlichkeit des Kraftwerkes dürfte die elektrochemische Industrie ebenso „hochwertig" wie die sonstigen Stromverbraucher sein. Unter Umständen wird bei der obigen Einteilung auf den Wert der Erzeugnisse, welche für 1 kWh gewonnen werden, Rücksicht genommen. Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Wasserkraft sollte dabei höher veranschlagt werden, je nachdem der Wert der damit

Digitized by Google

erzeugten industriellen Erzeugnisse steigt. Als hochwertig wurden z. B. Werkstatt-, Textil- und Zündholzindustrien angesehen. Anderseits bilden bei diesen Industrien die Stromkosten nur einen geringen Bruchteil der Herstellungskosten im Verhältnis zu den Arbeitslöhnen. Der Strompreis ist dann für die Entwicklung und das Blühen der betreffenden Industrien nicht maßgebend. Die Wasserkraft bildet keine Grundlage für deren Vorhandensein in Schweden oder für die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber dem Auslande.

Ganz anders stellen sich die Verhältnisse bei der elektrochemischen Industrie, weil hier die Stromkosten einen wesentlichen Teil der gesamten Erzeugungskosten bilden. Ein niedriger Strompreis ist die Vorbedingung zur Erhaltung einer solchen Industrie in Schweden. Es wird auch davon gesprochen, daß andernfalls die Kraft hochwertigen Zwecken dient, und zwar im Gegensatz zu elektrochemischen Zwecken, weil im ersten Falle eine wesentlich größere Belegschaft auf 1000 kW beschäftigt wird. Die Werkstattindustrie verwendet etwa 500 Arbeiter auf 1000 kW, die elektrochemische Industrie dagegen nur 25 ... 40 Mann. Auch hier machen sich die obigen Gesichtspunkte geltend, indem bei der höheren Arbeiterzahl der Unterschied im Strompreis zwischen Dampfkraft und Wasserkraft an Bedeutung verliert. Das heutige Bestreben auf Vereinheitlichung und Rationalisierung sucht die Handarbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen. Wenn deshalb große Kraftbeträge in Anspruch genommen werden, bedeutet dies eine Einschränkung der Erwerbsgelegenheiten. Soll der Energieverbrauch des Landes durch Ausbau bzw. Errichtung von hochwertigen Industrien gesteigert werden, so ist auch der erforderliche Kraftbedarf zu berücksichtigen. Die durch Seeregulierungen und Kraftwerksbauten gewonnenen Leistungen setzen Investierungen in den Industrien voraus. Dieser Kapitalbedarf beträgt schätzungsweise

	Mill Kr	
	auf 1000 kW verfügbare Leistung	auf 10^6 kWh Stromverbrauch jährlich
bei mech. u. elektr. Industrie	16,5 20,4	5,7 6,0
„ Textilindustrie	9,7 12,0	4,0 4,5
„ elektrochemischer Industrie	0,30 0,86	0,042 0,100

Der Kapitalbedarf ist also sehr bedeutend, falls die hochwertige Kraft aus dem Kraftwerk Trollhätta nach Regulierung des Vänern-Sees hochwertigen Zwecken vorbehalten werden soll. Um neue Absatzgebiete zu verschaffen, hat man sich in den letzten Jahren dem Luxus zugewendet, wie z. B. dem Treiben von Gemüsen während der Winterzeit.

Die elektrochemische Industrie beansprucht bei ihrer wirtschaftlichen Bedeutung für Schweden besondere Pflege. Jede Maßnahme, die deren Befinden und Entwicklung entgegenarbeitet, ist schädlich, weshalb diese Industrie auch nicht als minderwertigen Zwecken dienend gelten kann. Dadurch könnte die finanzielle Unterstützung, die zur Erhaltung und Entwicklung nötig ist, gesichert werden.

Nach der obenerwähnten Bekanntgabe vom Jahre 1923 sollte der Stromverbrauch der elektrochemischen Industrie im Versorgungsgebiet des Kraftwerkes Trollhätta in Zukunft auf den damaligen Wert von rd. 400 Mill kWh begrenzt werden. Im später vorgelegten Programm zur Regelung des Vänern-Sees wird dagegen für Industrien mit Dauerbetrieb, z. B. Holzschleifereien und einige elektrochemische Fabriken, eine feste Leistung mit etwa 203 Mill kWh jährlich zugrunde gelegt. Demgegenüber steht die Stromlieferung für elektrochemische Zwecke vom Kraftwerk Trollhätta im Jahre 1928, die auf 440 Mill kWh geschätzt wird. Falls das erwähnte Programm zur Regulierung des Vänern-Sees verwirklicht wird, würde somit die elektrochemische Industrie auf einen Umfang von weniger als die Hälfte des jetzigen abgebaut werden müssen.

Die Untersuchung hat somit ergeben, daß die Verlegung dieser Industrie nach Nordschweden nur in sehr begrenztem Umfange durchführbar sein wird. Falls der elektrische Strom nicht in den südlichen Landesteilen zur Verfügung gestellt werden kann, wird die elektrochemische Industrie, wie oben gesagt, abwandern. Der scheinbar niedrige Strompreis, welchen diese Industrie dem Kraftwerk Trollhätta zahlt, ist wirtschaftlich hinreichend, so daß andere Industrien nicht zuungunsten der elektrochemischen bevorzugt werden sollten. Wenn dagegen die Stromquellen in den südlichen Landesteilen nicht ausreichen, sollte der Mangel durch Übertragung aus dem Norden unter Hinzuziehung von Dampfkraft ausgefüllt werden. Halden.

Netzmodell zur Bestimmung von Kurzschlußströmen[1].

Zur Berechnung der Netz-Kurzschlußströme genügt es, mit der aus dem Klemmenkurzschluß ermittelten konstanten Synchronreaktanz der Maschine zu rechnen; die Werte sind dann um einige Prozente geringer, wodurch übrigens der bei der Rechnung vernachlässigten Leitungskapazität wenigstens überschlägig Rechnung getragen wird. Bei der Berechnung der zwei- und einpoligen Kurzschlüsse müssen entsprechend die wirksame Spannung und Impedanz der Kurzschlußstrombahn eingesetzt werden, sie können daher in ein bestimmtes Verhältnis zum dreipoligen Kurzschluß

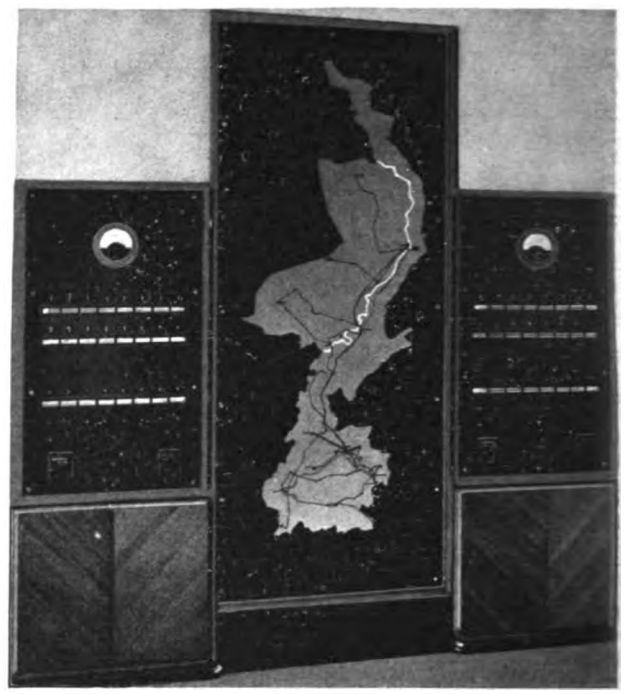


Abb. 1. Netzmodell der Elektrizitätsversorgung Limbourg-Néerlandais.

gesetzt werden. Bei den Stoßkurzschlußströmen ist als wirksame Reaktanz nur die Streuinduktivität einzuführen. Kurzschlußströme in sehr verzweigten Netzen werden am zweckmäßigsten experimentell mittels des Kurzschlußmodelles bestimmt, in welchem das betreffende Netz einphasig dargestellt ist. An den Kraftwerkspunkten wird die der Erregung der Generatoren entsprechende Spannung eingefügt und der Kurzschlußstrom an der gesuchten Stelle mit einem Strommesser in verkleinertem Maßstabe abgelesen. Bei den bisherigen mit Gleichstrom arbeitenden amerikanischen Netzmodellen wurden die Reaktanzen von Maschinen und Leitungen bei Vernachlässigung ihres Widerstandes durch entsprechende ohmsche Widerstände dargestellt. Bei ausgedehnten Kabelnetzen (Holland), in denen der Leitungsimpedanzwinkel relativ gering ist, muß jedoch auch der ohmsche Leitungswiderstand für die Kurzschlußstrombestimmung mit berücksichtigt werden. Die Netzimpedanzen werden daher in diesem Falle durch Kombinationen von Miniatur-Eisendrosselspulen (mit linearer Charakteristik) und Manganinwiderständen nachgebildet. Abb. 1 zeigt eine Ausführung eines mit 220 V, 50 Hz betriebenen Modelles für die Elektrizitätsversorgung Limbourg-Néerlandais. Auf den Seitentafeln werden die entsprechenden Verbindungen für das in der Mitte aufgezeichnete Netz zusammengeschaltet und Kurzschlußstrom sowie Spannungsabfall abgelesen; das Modell kostete 5000 RM. Besonders als Universalmodell, in dem jedes beliebige Netzbild aufgezeichnet und entsprechend zusammengeschaltet werden kann, dürfte das Netzmodell zur Kurzschlußstrombestimmung auch in Europa zunehmende Verwendung finden. *Pet.*

[1] J. C. van Staveren, Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 9, S. 677.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Das Ruthswerk Charlottenburg der Berliner Städtische Elektrizitätswerke Akt.-Ges. — Die Belastungskurve der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke hat sich, ähnlich wie bei fast allen deutschen Elektrizitätswerken, im Laufe der letzten Jahre grundlegend geändert. Im Dezember 1922 noch betrug die höchste Spitzenlast 140 000 kW, im Dezember 1928 dagegen 440 000 kW. Seit 1924 ist die Morgenspitze um 90 %, die Abendspitze um 115 % gestiegen. Das Problem einer wirtschaftlichen und betriebsicheren Spitzendeckung gewann also von Jahr zu Jahr an Bedeutung. Die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke setzten im Jahre 1927 einen internen „Fachausschuß für Spitzendeckung" ein, der die Aufgabe

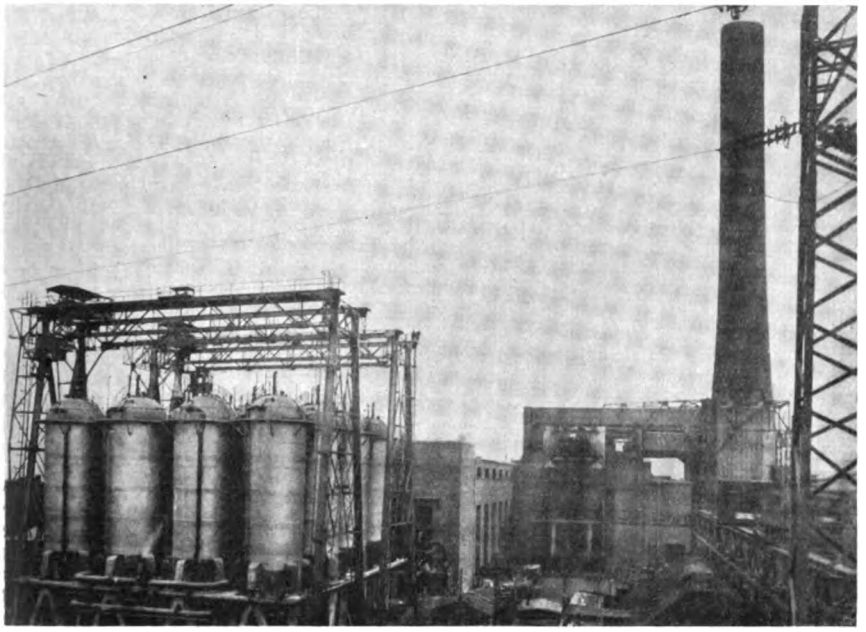


Abb. 1. Das Ruthswerk Charlottenburg der BEWAG mit 16 stehenden Ruthsspeichern von insgesamt 5000 m³ Rauminhalt und 610 t Speicherfähigkeit.

hatte, zu prüfen, welches Betriebsmittel zur Deckung der Berliner Spitze am geeignetsten sei. Der Fachausschuß kam auf Grund eingehender wirtschaftlicher und technischer Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß die Aufstellung einer Ruthsspeicheranlage die wirtschaftlichste und zugleich betriebsicherste Lösung sei. Da sich der Verbrauchschwerpunkt von Jahr zu Jahr mehr nach dem Westen Berlins verschiebt, und da es aus wirtschaftlichen Gründen zweckmäßig ist, die Spitzenanlage so nahe wie möglich am Verbrauchermittelpunkt zu errichten — man spart dadurch an Transportkosten für die fertige Energie — so wählte man für die Ruthsspeicheranlage das Kraftwerk Charlottenburg, in dem außerdem genügend Platz für eine Erweiterung vorhanden war. Ferner bot sich der weitere Vorteil, die Ruthsspeicher im Bedarfsfall auch für die bereits vorhandene Städteheizungsanlage zu verwenden. Man beschloß, die Ruthsspeicheranlage zunächst nur für die Deckung des obersten Drittels der Berliner Spitze, nämlich etwa 40 000 kW Leistung, vorzusehen. Außerdem soll die Anlage bei unerwarteten Laststeigerungen, bei Ausfall von Kesseln oder Maschinen des Kraftwerkes oder bei Störungen der Fernstromversorgung jederzeit als Momentanreserve zur Verfügung stehen und in der Lage sein, etwa 45 min lang mit 50 000 kW Höchstlast zu arbeiten. Diese Zeit genügt, um neue Kessel oder Maschinen in Betrieb zu setzen, falls nicht inzwischen die Störungen beseitigt sind.

Mit dem Bau der bei den Siemens-Schuckertwerken bestellten Ruthsspeicheranlage wurde im Herbst 1928 begonnen. Im Oktober 1929 war die Anlage programmmäßig vollendet und konnte anstandslos in Betrieb genommen werden. Abb. 1 zeigt im Vordergrunde die Ruthsspeicheranlage, im Hintergrund das neue Turbinenhaus für die Ruthsturbinen. Dahinter liegt das alte Turbinenhaus für die Grundlastmaschinen, und rechts im Hintergrunde sieht man das Kesselhaus und den neu errichteten 125 m hohen Schornstein.

Im Kraftwerk Charlottenburg wird mit drei Dampfdruckstufen gearbeitet. In einer Hochdruck-Kesselanlage wird Dampf von 35 atü Betriebsdruck in 12 Kesseln von je 700 m² Heizfläche erzeugt und in 3 Vorschaltturbinen von insgesamt 18 500 kW auf die mittlere Druckstufe von 13 atü entspannt. Ein Teil des Dampfes tritt aus den Vorschaltturbinen in zwei nachgeschaltete Regenerativzylinder und wird auf 2 atü entspannt. Außer der Hochdruck-Kesselanlage ist noch als Reserve eine ältere Mitteldruck-Kesselanlage (2200 m² Heizfläche) für 13 atü vorhanden. Der Mitteldruckdampf von 13 atü dient einerseits zur Speisung dreier Kondensationsturbinen mit insgesamt 37 000 kW, anderseits zur Ladung der Ruthsspeicher. Der Niederdruckdampf von 2 atü wird teils einer Verdampferanlage für das Zusatzwasser, teils der Städteheizung zugeführt. Der aus den Speichern zur Zeit der Spitze entnommene Dampf leistet in 2 Ruthsturbinen, Bauart SSW-Röder, insgesamt 40 000/50 000 kW.

Die gesamte Leistung der Grundlastmaschinen beträgt 55 500 kW, die Leistung der Spitzenmaschinen normal 40 000, maximal 50 000 kW. Die Leistung des Kraftwerkes ist also durch die Ruthsanlage um annähernd 100 % erhöht worden.

Die Ruthsspeicheranlage besteht aus 16 stehenden Speicherkörpern, die auf einer Grundfläche von 29 × 30 m im Freien aufgestellt sind. Jeder Speicherkörper hat 342 m³ Gesamtinhalt, 4,5 m mittleren Dmr., 21,05 m Höhe und 4200 kWh Kapazität. Die Wasserfüllung des geladenen Speichers beträgt etwa 90 bis 92 %. Die gesamte Speicheranlage ist in der Lage, in den Druckgrenzen von 13 und 0,5 atü 610 t Dampf aufzunehmen bzw. abzugeben, entsprechend rd. 73 000 kWh. Um an Raum zu sparen, wurden in Charlottenburg zum ersten Male an Stelle der bisher ausschließlich angewandten liegenden Speicherbauart stehende Ruthsspeicher aufgestellt. Durch eingehende Messungen an einem stehenden Versuchspeicher wurde festgestellt, daß man durch geeignete Einbauten einen kräftigen Wasserumlauf während der Ladung und Entladung und gleichmäßige Temperaturverteilung in allen Schichten erzielen kann, und daß auch bei der größten in Frage kommenden Entladedampfmenge kein Überkochen und Mitreißen von Wasser zu befürchten ist. Die Ladedüsen wurden direkt unter dem Wasserspiegel angeordnet, um den Verlust an ausnutzbarem Gefälle möglichst gering zu halten. Die Speicherkörper wurden von der Behälter- und Apparatebau G. m. b. H., Hennigsdorf, und von A. Borsig, Tegel, geliefert.

Auch die beiden Ruthsturbinen, Bauart SSW-Röder, sind eine neuartige Konstruktion. Zum ersten Male hat man Turbinen aufgestellt, die ohne jeden Frischdampfzusatz nur mit Speicherdampf arbeiten. Sie sind eingehäusig und zweiflutig und haben beim Ausfahren der geforderten Spitze von 40 000 kW einen mittleren Dampfverbrauch von rd. 9,1 kg/kWh. Sie verarbeiten den Speicherdampf von 13 atü bis auf 0,5 atü herunter und haben außer den normalen Einlaßventilen noch 2 Satz Zwischenventile, die bei sinkendem Speicherdruck nacheinander öffnen und die Schluckfähigkeit vergrößern.

Die Ruthsspeicheranlage wurde Anfang Oktober 1929 in Betrieb genommen. Am 19. X. wurde der erste Maschinensatz, am 17. XI. der zweite Maschinensatz in Dienst gestellt. Soweit aus den bisherigen Betriebserfahrungen Schlüsse gezogen werden können, hat sich das Ruthswerk gut bewährt und allen erwarteten Anforderungen hinsichtlich Betriebsicherheit und Wirtschaftlichkeit voll entsprochen. Die Anlage deckt die Spitze von

Digitized by Google

40 000 kW und wurde auch als Momentanreserve mit Erfolg eingesetzt.

Während nach den Berechnungen des Fachausschusses für Spitzendeckung ein selbständiges Spitzenkraftwerk für Berliner Verhältnisse im Mindestfall 260 ... 270 RM/kW gekostet hätte, betragen die Kosten für das Ruthswerk, wenn man die Normalleistung von 40 000 kW zugrunde legt, 200 RM/kW und, auf die Spitzenleistung von 50 000 kW bezogen, 160 RM/kW. Dazu kommen als weitere große Vorteile der sehr geringe Platzbedarf, die Vermeidung von Rauch- und Rußbelästigung wegen der völlig gleichmäßigen Kesselbelastung und die jederzeit sofort verfügbare Reserve von 50 000 kW.

Um festzustellen, in welcher Zeit die volle Leistung der Ruthsanlage zur Verfügung gestellt werden kann, wenn plötzliche Störungen in anderen Kraftwerken dies notwendig machen, wurde im April 1930 ein Belastungsversuch mit 8 Ruthsspeichern und einer Ruthsturbine durchgeführt. Die Turbine war unbelastet und nahm, nachdem man künstlich eine Stromstörung hervorgerufen hatte, innerhalb weniger Sekunden die volle Belastung von 25 000 kW auf. Die in dieser kurzen Zeitspanne der Speicheranlage plötzlich entnommene große Dampfmenge rief keinerlei Aufkochen des Speicherinhaltes hervor; am Wasserstand der Speicher war vielmehr kaum eine Schwankung zu bemerken. Der Versuch ergab also, daß das Eingreifen der Ruthsanlage als Reserve augenblicklich und störungslos erfolgt, und daß jederzeit bei Störungsfällen 50 000 kW so schnell zur Verfügung gestellt werden können, daß die Stromversorgung nicht unterbrochen wird. (Wellmann, Das kommunale Elektrizitätswerk Bd. 2, S. 4.) *Prs.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Fehlerquellen durch ungeeignete Schirmung bei Verlustziffermessungen. — Bei Messung der dielektrischen Verlustziffer an Durchführungen sind in der Praxis sowie im Hochspannungslaboratorium der T. H. Berlin Fehlerquellen festgestellt worden, die das Brückengleichgewicht derart stören, daß kein eindeutiges Meßergebnis zu erzielen ist. Schirmungen, die die Oberflächenströme vom Meßbelag fernhalten sollen, lassen die Verlustzifferkurve mit steigender Spannung abnehmen, Null und sogar negativ werden. Um den Einfluß der Schirmungen erkennen zu können, wurden von Schaudinn die Verlustziffern von drei verschiedenen Durchführungen in Abhängigkeit von der Spannung bei verschiedenen Abständen zwischen Meßbelag und Schirmring gemessen. Beim Vergleich der tg δ-Kurven ist zu erkennen, daß die Schirmung des Meßbelages die Verlustzifferkurve aller Durchführungen in dem gleichen Sinne beeinflußt; mit steigender Spannung nimmt tg δ ab; besonders stark zeigen die Messungen an der Kondensatordurchführung, wie bei größerem Abstand zwischen Meßbelag und Schirmring die Verlustziffercharakteristik abfällt.

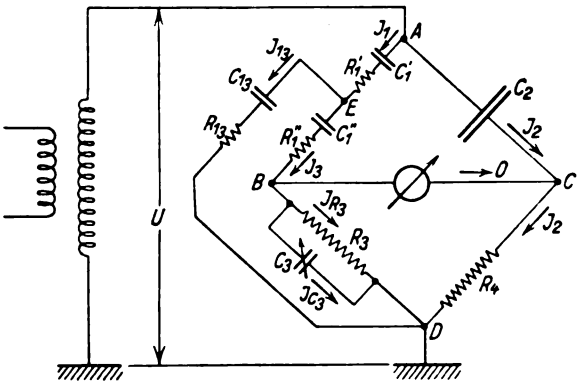


Abb. 2. Brücke mit Ersatzschema einer geschirmten Durchführung.

Ähnlich wie die Schirmungen können bei ungeschirmten Durchführungen schon allein die Zuführungleitungen zum Meßbelag, wenn sie zum Teil am Umfang der Durchführung verlaufen, oder geerdete Ringe und Metallspitzen im Felde die gleichen Feldstörungen und damit fallende Charakteristik der Verlustziffer bewirken. Durch die Versuche wurde festgestellt, daß die fallende Verlustziffer-Charakteristik und das Auftreten der „negativen" Verlustziffer an eine Störung des inneren und äußeren Feldes der Durchführung mit gleichzeitigen Glimmentladungen gebunden sind, d. h. an das Vorhandensein einer Nebenkapazität mit großen Verlusten. Alle Durchführungen verhalten sich bei einer Störung ihres Feldes so, als ob eine Kondensatorschaltung nach Abb. 2 vorliegt.

Die Wirkung der Nebenkapazität C_{13} am Zwischenpotential U_{13} auf das Brückengleichgewicht zeigt das Vektordiagramm in Abb. 3, das für den Zweig *ABD* der Brücke gezeichnet ist. Da in den Zweigen *2* und *4* eine reine Kapazität und ein ohmscher Widerstand in Reihe geschaltet sind, muß infolgedessen bei der Nullabgleichung der Brückenpunkte *B* und *C* auch die Bedingung erfüllt sein

$U_1 = \text{konst.} \cdot (-j)\, U_3$; d. h. der Winkel *ABD* in Abb. 3 muß ein rechter sein.

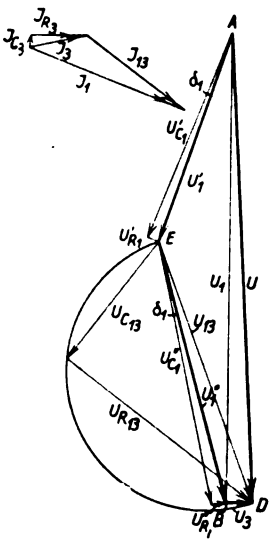


Abb. 3. Spannungs- und Stromdiagramm des Brückenzweiges *ABD*.

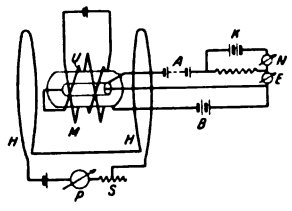
Bei scheinbar negativer Verlustziffer läßt sich das Vektordiagramm der abgeglichenen Brücke nur dann zeichnen, wenn die obige Ersatzschaltung der geschirmten Durchführung zugrunde gelegt wird. — In weiteren Messungen wird die Verlustziffer der Nebenkapazität bestimmt, deren Ansteigen das Abnehmen der Gesamtverlustziffer herbeiführt. — Um eine eindeutige Meßanordnung zu haben, müssen daher Durchführungen bei ihrer Verlustziffermessung ungeschirmt und frei über dem Erdboden oder in einer zur Achse senkrechten Wand aufgebaut und die vom Meßbelag abgehende geschirmte Leitung in radialer Richtung fortgeführt werden, um nicht das Feld zu stören. (K. Schaudinn, Elektrizitätswirtsch. Bd. 28, S. 248.) *Sb.*

Die Messung der Horizontal- und der Vertikalintensität des erdmagnetischen Feldes mit dem Magnetron. — Das von Greinacher und Hull angegebene Magnetron[1] ist ein Elektronenrohr mit geradem Glühfaden in der Achse einer zylindrischen Anode. Durch ein parallel zum Glühdraht gerichtetes Magnetfeld werden die ausgesandten Elektronen in kreisförmige Bahnen gelenkt, deren Ebene senkrecht zum Glühdraht steht und deren Krümmung mit wachsender Feldstärke zunimmt. Bei einem bestimmten kritischen Wert der Feldstärke gelangen daher keine Elektronen mehr zur Anode; die Anodenstromstärke sinkt steil auf Null herab. In diesem steilen Gebiet der Charakteristik ist die Anodenstromstärke gegen Änderungen des Magnetfeldes also sehr empfindlich. Zur Messung des kleinen Erdfeldes bringt der Verfasser daher das Magnetron in die Achse einer stromdurchflossenen Hilfspule, deren Magnetfeld den Anodenstrom in das steile Gebiet der Charakteristik bringt. Die Meßmethode selbst ist eine Kompensationsmethode. Die Änderung des Anodenstroms wird rückgängig gemacht durch das bekannte Feld einer Helmholtzspule, die Magnetron und Hilfspule umgibt. Das ganze in sich starre System ist um eine vertikale und eine horizontale Achse drehbar. Da nach Untersuchungen des Verfassers von einem gegen die Glühdrahtachse geneigten Felde nur die Komponente in Richtung des Glühfadens wirksam ist, kann mit dem Instrument der magnetische Meridian bestimmt werden. Mit horizontal liegendem Glühfaden sucht man durch Drehen des Systems um die vertikale Achse die Stellung auf, in der der Anodenstrom ein Maximum oder Minimum hat. Nach Drehung um 180° bringt man den Anodenstrom durch geeignete Wahl des nunmehr eingeschalteten Helmholtzfeldes auf seinen alten Betrag. Die Feldstärke in der Mitte der Helmholtzspule, die aus den geometrischen Dimensionen und der Stromstärke berechenbar ist, ist dann gleich der doppelten Horizontalintensität. Analog gestaltet sich die Messung der Vertikalintensität. Wegen der geringen Intensität des Erdfeldes müssen große Anforderungen an die Konstanz des Anodenstromes und damit des Heizstromes gestellt werden. Durch eine besondere Unempfindlichkeitsschaltung wird der Anodenstrom vom Einfluß aller praktisch vorkommenden Heizstromschwankungen befreit. Da der Anodenstrom durch Vergrößerung des Heizstromes vergrößert, durch Vergrö-

[1] ETZ 1924, S. 1446.

Digitized by Google

ßerung des Hilfsmagnetfeldes verkleinert wird, wird das Hilfsmagnetfeld durch den Heizstrom selbst hervorgebracht, so daß sich die beiden Einflüsse kompensieren können. Um das Maximum des Anodenstromes abzuflachen und gleichzeitig an die richtige Stellung der Charakteristik zu verlegen, darf der Heizstrom aber nicht das gesamte Hilfsfeld erzeugen. Der Rest wird durch den konstanten Strom einer Batterie hervorgebracht. Die gesamte Schaltung zeigt Abb. 4. Die erreichte Meßgenauigkeit beträgt 0,0004 Gauß. (M. Rössiger, Z. Instrumentenk. Bd. 49, S. 105.) *Br.*

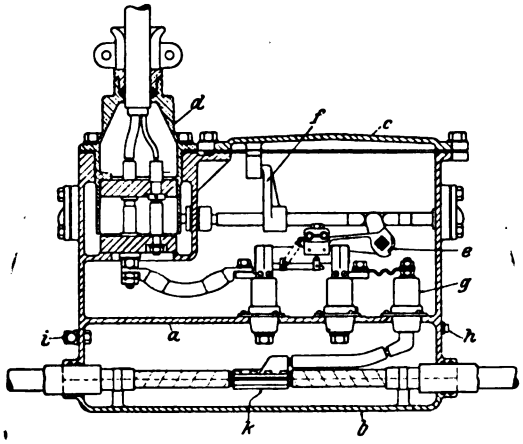


A Anodenbatterie
B Heizbatterie
E Milliamperemeter zur Messung der Emission
H Helmholtzspule
K Kompensationsbatterie
M Hilfsmagnetspule
N Nullgalvanometer
P Präzisionsamperemeter
S Schiebewiderstand
U Unempfindlichkeitspule

Abb. 4. Schaltskizze.

Installation.

Kabelkasten mit eingebautem Schalter und Steckeranschluß. — Der in Abb. 5 dargestellte Kabelkasten ist für 500 V Gleichstrom bestimmt und besteht aus 2 durch die Wand *a* getrennten Teilen. Durch den unteren wird das durchlaufende Kabel geführt, an welches die Abzweigung angeschlossen ist. Das Innere dieses Teils ist nach Abnahme des unteren Deckels *b* zugänglich. Die Abzweigleitungen gehen unter Benutzung von Durchführungen in den oberen Teil und sind dort an einen Schalter angeschlossen, von dem sie weiter zum Steckkontakt führen. Der 120 A-Messerschalter kann von außen betätigt werden und ist mit einer Verriegelung versehen, so daß ein Abnehmen des oberen Deckels *c* und ein Herausziehen des Steckers *d* nur im ausgeschalteten Zustand erfolgen kann; ferner ist die Einschaltung nur möglich bei geschlossenem Deckel und eingeführtem Stecker. Der untere Teil wird mit Ausgußmasse gefüllt. Da der Kasten wasserdicht sein muß, sind an den Trennstellen überall Dichtungen eingelegt. Hergestellt wird der Kasten von der Firma Johnson & Philipps Ltd., Charlton. (El. Review Bd. 105, S. 255.) *Ka.*



a Trennwand
b unterer Deckel
c oberer Deckel
d Stecker
e Schalter
f Verriegelung
g Porzellandurchführung
h Luftauslaß
i Erdungsschraube
k Klemme

Abb. 5. Kabelkasten.

Bahnen und Fahrzeuge.

Gleislose elektrische Bahnen oder Autobus? — Daß die vor 30 Jahren in den Anfängen steckengebliebenen Ausführungen gleisfreier Triebfahrzeuge mit oberirdischer Stromzuführung bis zum Kriege als unwirtschaftlich angesehen wurden, lag an der schlechten Straßenbeschaffenheit, der mangelhaften Gummibereifung und dem noch nicht ausgereiften Omnibusbau, im Gegensatz zu dem heutigen Stande, der durch die Autoindustrie und Vervollkommnung im Straßenbau geschaffen wurde. Die erste gebaute gleislose Bahn war die Königsteiner Anlage mit eisenbereiften Rädern. Diese war jedoch wirtschaftlich auf Gütertransport eingestellt und nebenbei sollte der Personenverkehr entwickelt werden. Während des Krieges war in Deutschland die fortschrittliche Entwicklung gehemmt worden, und dadurch kamen England, Holland, Amerika voran unter Ausnutzung der neuesten Erfahrungen im Kraftwagen- und Straßenbau. Später fehlte es in Deutschland an Unternehmungslust und Geld, so daß das Ausland weiter vorauseilte. Die Fachwelt hat inzwischen den Autobus abwartend behandelt und seinen unwirtschaftlichen Betrieb erkannt, um wieder dem alten, s. Z. von M. Schiemann aufgebrachten Gedanken näherzutreten. C. König sieht allerdings in dem benzinelektrischen, vollständig freizügigen Wagen das günstigere Verkehrsmittel, findet aber noch nicht genügend Erfahrungen gesammelt. Die Vereinigung des Dieselmotors mit dem Elektromotor ist hier wohl das Gegebene; vielversprechende Anfänge sind besonders in den V. S. Amerika vorhanden. Aber trotzdem wird, wo die Bedingungen hierfür vorhanden sind, dem Oberleitungs-Kraftwagen sein Feld bleiben. Er sollte gerade die elektrischen Straßenbahnbetriebe in erhöhtem Maße interessieren, weil damit gewohnte Praxis im Fahr- und Werkstattsbetrieb übernommen wird. Die inzwischen in England erprobten 21 Anlagen von 184 km Länge und 80 Millionen Fahrgästen bieten viel Beobachtungsmaterial. Die hier geleisteten 12 Mill Wagen-km brachten 10 Mill RM Einnahmen bei 7,6 Mill Ausgaben und 2,4 Mill RM Bruttoüberschuß, d. h. 11 % des Kapitals. Die 319 Omnibusse, je 35 Personen bei 12.6 Pf Fahrpreis für den Fahrgast, ergeben einen Durchschnittsatz, wie er bei guten Straßenbahnlinien kaum noch möglich sein dürfte. Auch im Vergleich mit den meisten deutschen Autobuslinien ist dies äußerst günstig.

C. König führt folgende Vorteile des Oberleitungs-Kraftwagens gegenüber dem Benzin-Autobus an:

Wirtschaftliches Arbeiten,
fast geräuschlose Fahrt, besonders auf Steigungen,
größere Betriebsicherheit,
Geruchlosigkeit,
größere Lebensdauer der Fahrzeuge,
geringere Feuersgefahr.

Diesen stellt er folgende Nachteile gegenüber:

Erhöhung der Anlagekosten durch Leitungsanlage und Stromquelle,
Beschränkung des Laufbereiches durch die Fahrdrahtanlage.

Gegenüber den Straßenbahnen hat der Oberleitungs-Kraftwagen folgende Vorteile:

Anpassung an den allgemeinen Verkehr infolge gleisloser Fahrt,
geringe Anlagekosten durch Wegfall der Gleise,
Möglichkeit, engere Krümmungen zu befahren, dadurch leichter verwendbar als Straßenbahnen, auch bei beschränkten örtlichen Verhältnissen,
keine besonderen Abgaben für Wagenunterhaltung.

Ferner kommt in Betracht, daß für die Durchführung des Systems nicht das Kleinbahngesetz in Frage kommt, weshalb das Verfahren einfacher und schneller ist.

Die Kosten der Autobusse liegen erheblich über beiden, worin sich die englischen Verhältnises mit den deutschen decken.

Hoffentlich stehen nun die deutschen Straßenbahnen bei der im Gang befindlichen Umgestaltung nicht mehr abseits und tragen den durch die veränderten Verhältnisse der allgemeinen Verkehrsentwicklung entstandenen Forderungen bezüglich der Eingliederung des Massenverkehrs in den Straßenverkehr nach Möglichkeit Rechnung. (C. König, Verkehrstechn. 1929, S. 615.) *M. S.*

Bergbau und Hütte.

Kontaktgebevorrichtung zur Überwachung von Walzenstraßen. — Auf Hüttenwerken ist die zeitliche Überwachung der Walzenstraßen wichtig, die infolge ihrer ausgesprochenen Fließfertigung in Gruppenarbeit mit Rücksicht auf den hohen Anteil an festen Kosten für Störungszeiten besonders empfindlich sind. Die Friedenshütte hat daher, um die Störungszeiten durch Bandschreiber genau zu erfassen, besondere Apparate ausge-

Digitized by Google

bildet, deren Schaltkontakt in Abb. 6 dargestellt ist. Der Kontakt ist auf einer Ebonitplatte befestigt und wird durch ein Blechgehäuse geschützt. Durch Drücken des Druckknopfes *A* werden die Kontakte *B* geschlossen, die an zwei Bronzefedern *C* befestigt sind. *D* ist ein Hubbeschränker aus Ebonit. An den Stellen *E* werden die Pan-

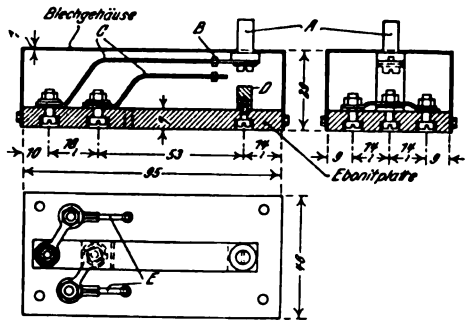
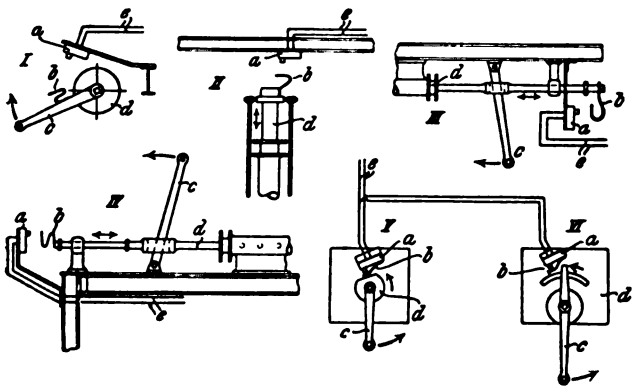


Abb. 6. Kontakt.

zerkabel angeschlossen, welche zu dem im Walzwerks-Betriebsbüro untergebrachten Bandschreiber führen. Die Schaltkontakte werden zweckmäßig in die Steuerhäuschen eingebaut und mit den Steuerapparaten zwangläufig derart verbunden, daß eine rein mechanische Auslösung erfolgen muß. Abb. 7 zeigt schematisch die Kontakt-



a Kontakt
b Feder
c Steuerhebel
d hydraulischer bzw. elektrischer Steuerapparat
e 1,5 mm²-Panzerkabel

Abb. 7. Kontaktausbildung für Bandschreiber.

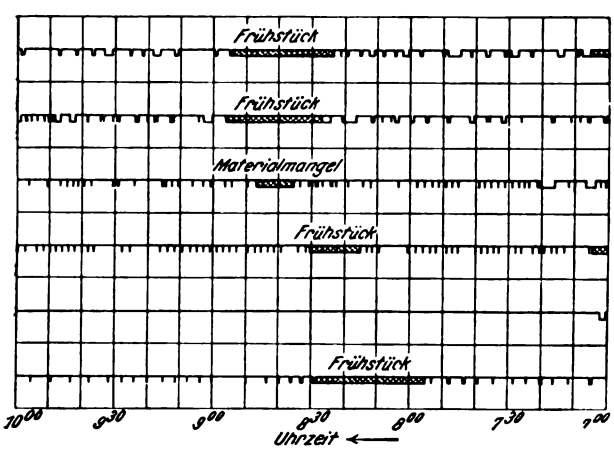


Abb. 8. Schaubild eines Sechsfach-Bandschreibers.

gebung an einzelnen Stellen. In Abb. 7 *I* ist der Schaltkontakt an einem Träger unmittelbar oder unter Vermittlung passender Konsolen befestigt. Um bei rascher Bewegung des Steuerhebels eine Beschädigung des Kontaktes zu verhindern, ist am Steuerhebel eine Zwischenfeder angebracht. Die Feder erkennt man auch in den übrigen Teilen der Abb. 7. In Abb. 7 *II* wird der Plunger eines hydraulischen Steuerapparates zur Kontaktgebung benutzt, während in Abb. 7 *V* und 7 *VI* mit Rücksicht auf den wechselnden Arbeitsplan der Walzenstraße zwei verschiedene Zufuhrrollgänge in Frage kommen. Um nur mit einer Schreibfeder auszukommen, wurden die Kontaktvorrichtungen der beiden Steuerapparate parallel geschaltet. Abb. 8 stellt ein Diagramm des Bandschreibers dar. (Z. Warszawski, St. u. E. Bd. 49, S. 1345.)

Ka.

Eisenlose Induktionsöfen[1]. — Es wird über zwei Hochfrequenz-Induktionsöfen berichtet, die zur Herstellung von Stahl und Messing bzw. anderer Nichteisenlegierungen verwendet werden. Der eine Ofen, der von der Metropolitain-Vickers El. Co. für Einsätze von 250 kg Stahl betrieben wird, verwendet einen Motorgenerator mit einer Betriebsfrequenz von 500 Hz bei einer maximalen Leistungsaufnahme von 200 kW. In der Zahlentafel 1 sind die Schmelzzeiten und der Kraftverbrauch dieses Ofens angegeben.

Zahlentafel 1.

	Einsatz kg	Schmelzzeit min	Stromverbrauch kWh t	Gießtemperatur °C
Schnellstahl	227	52	708	1440
unlegierter Werkzeugstahl	218	47	713	1420
	253	60	762	1550
nichtrostender Stahl	250	59	712	1500
Magnetstahl	227	58	762	1520
Nickel-Chrom-Molybdän-Stahl	250	56	743	1520
	250	60	765	1550
	250	64	777	1560

Die Leistungsverbrauchszahlen des Hochfrequenz-Induktionsofens zum Schmelzen von Messing, der mit 50 Hz-Wechselstrom betrieben wurde, sind bedauerlicherweise in der Arbeit nicht angegeben, so daß für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Herstellung von Nichteisenmetallen mittels des kernlosen Hochfrequenzofens kein Bild gewonnen werden kann.

Über den Hochfrequenzofen zum Schmelzen von Stahl wird weiter veröffentlicht, daß er äußerst geringen Abbrand besitzt und daß mit Leichtigkeit 570 t im Jahre erschmolzen werden können. Unter Zugrundelegung dieser Zahl verden die Kosten zu £ 5 5/— für 1 t bei folgenden Ansätzen eingeschätzt:

Abschreibung . .	10 %	
Verzinsung . . .	5 %	
Stromverbrauch .	738	kWh/t zu 0,5 d,
Tiegel	60	sh für 1 Stück bei einer Lebensdauer von 12 Hitzen.

(F. Wewer, St. u. E. Bd. 49, S. 1314.) *V. E.*

Weitere Untersuchungen im oberschlesischen Bergbau betr. Schleichströme und Erdungen. —Im oberschlesischen Bergbau führten in letzter Zeit drei neue Unfälle zu eingehenden Untersuchungen, deren Ergebnis nach den Untersuchungsberichten erneute Fingerzeige gibt, wie man den Gefahren durch Erdschluß und Schleichstrom wirksam vorbeugen kann. Ein Schießunfall beim Vortreiben einer Strecke und seine zweimalige Wiederholung in kurzer Zeitspanne und unter ganz ähnlichen Erscheinungen lehrt im besonderen noch, daß Unfälle dieser Art nicht nur von den elektrischen Lokomotivstrecken, sondern auch von anderen Starkstromeinrichtungen beliebiger Art herrühren können, wenn ein Verstoß gegen die Grundregeln der Erdung vorliegt. Dieser Vorfall zeigt aber auch, wie man solchen Unfällen durch geeignete Maßnahmen mit Erfolg begegnen kann.

Für die Vortriebsarbeiten einer bereits über 400 m aufgefahrenen Strecke besorgte ein Transformator für etwa 20 kW bei 3 × 120 V mit Nullung die Stromzufuhr bis zur Arbeitstelle vor Ort, u. zw. für den Betrieb eines 3 kW-Haspels, einer 1 kW-Bohrmaschine und Beleuchtung durch eine Gummischlauchleitung von 4 × 10 mm². Drei Adern bildeten die Stromzuleitung, die vierte Ader war der geerdete Nulleiter. Der Bericht legt dar, wie durch einen Fehler in der Nullung zwischen den Arbeitsmaschinen und dem durch das Gebirge hiervon elektrisch getrennten Fördergleise (ohne elektrischen Betrieb), also zwischen zwei metallischen Leitungen, an der Arbeitstelle ein Spannungsunterschied von 15 V entstanden war. Dieser Spannungsübertritt in einen Zünder für 1,4 V Zündspannung führte zu der vorzeitigen Lösung eines Schusses mit ihren verhängnisvollen Folgen. Die Vorführung dieses Vorganges durch einen Versuch an Ort und Stelle überzeugte die Anwesenden von der Richtigkeit der gegebenen

[1] Vgl. a. ETZ 1928, S. 1688.

Digitized by Google

Erklärung. — Bei dem zweiten der beschriebenen Unfälle war von einer Lokomotivstrecke für 220 V Gleichstrom aus durch Übertragung von Schleichspannung in die abgezweigte, noch im Vortriebe befindliche Nebenstrecke zwischen dem dort vorhandenen nichtelektrischen Fördergleise und einer Druckluftleitung ein Spannungsgefälle, in dem Falle ebenfalls von 15 V, entstanden, welches zum vorzeitigen, folgenschweren Losgehen eines Zünders führte. — Bei dem dritten Unfall hatte in dem Haspelanschluß für etwa 3 kW, für 3 × 220 V mit Nullungsanschluß, die Nullung durch Verkettung von Zufällen versagt. — Im weiteren Verfolg der Untersuchungen werden geeignete Maßnahmen empfohlen, im besonderen, wie durch Mitanschluß eines für die Aufgaben der Erdung vorgesehenen zusätzlichen Eisenseiles der Wiederholung derartiger Unfälle durch Erdschluß oder Schleichstrom entgegenzuarbeiten ist. Mit diesem verzinkten, in seiner Länge ungestückelten und deshalb von Übergangswiderständen freien Seil, gleichgültig ob es auf der Sohle liegt oder sonstwie am Stoß befestigt ist, sind alle in der Strecke vorhandenen Eisenmassen, ganz besonders aber die der Länge nach mitverlaufenden Gleise, Rohrleitungen, Kabelmäntel usw. vielmaschig zu verbinden. Durch diese in sich in mehrfachem Kurzschluß verlaufenden Verbindungen wird dann jede Gelegenheit für das Zustandekommen von Spannungsgefällen an der Arbeitstelle unterdrückt und hierdurch die Möglichkeit eines Spannungsübertrittes auf die Zünderanschlüsse von vornherein beseitigt. (W. Vogel, El. im Bergb. Bd. 4, S. 108.) *Sb.*

Fernmeldetechnik.

Der Fernempfänger Telefunken 40. — Eine gute Hochantenne ist der beste Hochfrequenzverstärker, sagt man. Dem Bewohner der Stadt bietet sich aber nur selten Gelegenheit, eine wirkungsvolle Hochantenne zu errichten. Ja, selbst auf dem Lande hat man nicht immer die Möglichkeit dazu. So blieb der gerätebauenden Indu-

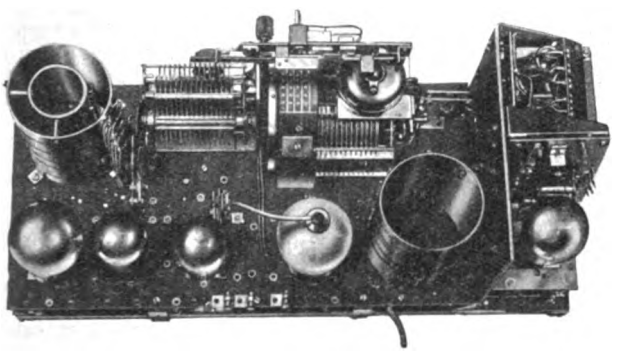


Abb. 9. Fernempfänger Telefunken 40, geöffnet.

strie nichts anderes übrig, als die Verstärkung wieder in den Empfänger zu legen, statt in die Hochantenne. Ein Gerät, das in dieser Richtung allen Anforderungen entspricht, ist der Empfänger Telefunken 40. Die Schaltung ist die neuzeitliche 4 Röhren-Anordnung. Im Eingang sitzt eine Hochfrequenz-Schirmgitterröhre[1], die die von einer kleinen Behelfsantenne aufgenommenen schwachen Hochfrequenzschwingungen außerordentlich hoch verstärkt, und die durch einen Metallschirm auf dem Glas gegen störende fremde Felder vollkommen geschützt ist. Davor und dahinter liegen mechanisch gekuppelte Abstimmkreise, die alle Wellen von 200 bis 2000 m bzw. 1500 bis 150 kHz erfassen. Die erste Röhre gibt die verstärkte Spannung an das Audion ab, das mit einstellbarer Rückkopplung arbeitet und daher jede gewünschte Empfindlichkeit und Abstimmschärfe liefert. Die hier entstehenden Tonfrequenzströme werden über eine Widerstandskopplung hinweg verstärkt und der Lautsprecher-Endröhre zugeführt. Das Gerät wird in drei verschiedenen Ausführungsformen geliefert: für Anschluß an Batterien, ans Gleichstrom- oder ans Wechselstromnetz. Im letzteren Falle ist eine Gleichrichterröhre mit Glühkathode vorgesehen, die die Anoden- und Gittervorspannung liefert, während die Heizung mit Wechselstrom erfolgt. Die Glättungsglieder für den Anodenstrom sind so reichlich bemessen, daß Netzgeräusche nicht bemerkbar sind.

Man erkennt die technischen Einzelheiten recht gut aus der Abb. 9. Rechts hinten sitzt der Transformator für den Wechselstrom von 50 Hz, der mit Hilfe mehrerer Abzweigungen auf jede beliebige Netzspannung geschaltet werden kann. Rechts vorn sieht man die Gleichrichterröhre, in der Mitte hinten erkennt man die Drehkondensatoren, die einen sehr großen Plattenabstand aufweisen und infolgedessen vor Kurzschluß und Kapazitätsänderung sicher sind. Der hiermit verbundene Nachteil der kleinen Kapazität erweist sich als Vorteil, da die einzelnen Sender beim Abstimmen weiter auseinander kommen. In der Mitte vorn steht das Hochfrequenzrohr, kenntlich an der oben herausgeführten Anode; dann schließen sich nach links das Audion, die Widerstandsverstärker- und die Lautsprecherröhre an. Der übrige Raum wird von den Zylinderspulen ausgefüllt, die zur Abstimmung und zur Kopplung dienen.

Stationen suchen braucht man mit diesem Gerät nicht mehr. Die Abstimmvorrichtung ist in Wellenlängen bzw. Frequenzen eingeteilt und ist immer richtig, da die kleine Antenne keinen frequenzbestimmenden Einfluß mehr hat. Die Durchbildung des Gerätes[1] entspricht allen heutigen Grundsätzen. Beim Öffnen des Deckels wird die Netzspannung abgeschaltet, so daß elektrische Schläge beim Einsetzen neuer Röhren ausgeschlossen sind. Spule und Röhre sind gegen störende Felder abgeschirmt, ein Gesichtspunkt, der beim Panzer-Galvanometer und bei Hochfrequenz-Meßeinrichtungen längst angewendet wird. Alle Teile sind auf einem Chassis montiert, das man zwecks Prüfung, Ausbesserung usw. aus dem Gehäuse herausnehmen kann. *Mbt.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Änderung der elektrischen Leitfähigkeit in starken Magnetfeldern. — Mit der in Cambridge geschaffenen Einrichtung zur Erzeugung von Feldstärken bis rd. 1 Mill Gauß[2] hat P. Kapitza fast sämtliche Metalle auf ihr Verhalten im Magnetfeld untersucht und wertvolle Ergebnisse erhalten, über die O. v. Auwers recht ausführlich berichtet. Kleine Proben des Metalls wurden bei verschiedenen Temperaturen (88 °, 193 ° und 290 ° K) dem nur ganz kurzzeitig bestehenden Magnetfeld ausgesetzt und mit einem dreischleifigen Oszillographen die magnetische Feldstärke, die Stromstärke durch die Probe und der Spannungsabfall an der Probe gemessen, woraus der Widerstand in Abhängigkeit vom Magnetfeld graphisch dargestellt werden kann. In dieser Weise wurden 35 Metalle untersucht und als Ergebnis jeweils Kurven $\Delta R/R = f(H)$ aufgetragen (ΔR Änderung des Widerstandes R im Magnetfeld der Stärke H). Es zeigte sich, daß entgegen den aus früheren Arbeiten anderer Autoren gezogenen Schlüssen $\Delta R/R$ proportional der 1. Potenz der Feldstärke anwächst; nur in schwächeren Feldern ist das Anwachsen proportional dem Quadrat der Feldstärke, wie bisher als allgemeingültig angenommen wurde. Kapitza gibt die Erklärung, daß der erste quadratische Teil durch feldabhängige Störungen entsteht, die erst durch das äußere Feld überwunden werden müssen. Er zerlegt weiter den Widerstand eines metallischen Leiters in zwei Teile, den „idealen" und den „zusätzlichen" Widerstand. Für jedes Metall und jede Temperatur ist der ideale Widerstand eine Konstante; der zusätzliche Widerstand indessen ändert sich mit dem physikalischen und chemischen Zustand und ist von der Temperatur unabhängig. Der zusätzliche Widerstand erweist sich ferner als identisch mit dem gelegentlich der Untersuchungen über Supraleitfähigkeit erkannten „Restwiderstand", den Metalle in der Nähe des absoluten Nullpunktes unverändert beibehalten. Das Wesen der Supraleitfähigkeit besteht danach darin, daß bei ihrem Eintreten der zusätzliche Widerstand verschwindet und nur der ideale Widerstand übrigbleibt. Da der zusätzliche Widerstand größtenteils durch Unvollkommenheiten des Gefüges bestimmt ist und z. B. bei Annäherung an den Einkristallzustand stark abnimmt, darf erwartet werden, daß sich Supraleitfähigkeit mit zunehmender Vervollkommnung der Einkristall-Herstellung immer häufiger beobachten lassen wird. Über die Temperaturabhängigkeit des idealen Widerstandes ergibt sich, daß dieser Widerstandsanteil sehr steil mit abnehmender Temperatur zu Null abfällt, u. zw. bei leichten Elementen steiler als bei schweren.

Kapitza hat besonders auch auf einen Zusammenhang der Leitfähigkeitsänderung mit der Stellung des betr. Metalles im periodischen System geachtet und kann eine

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1519 Abb. 1.

[1] Vgl. a. ETZ 1929, S. 1519, Abb. 2.
[2] ETZ 1928, S. 1163.

Digitized by Google

derartige Abhängigkeit angeben. Verunreinigungen des Stoffes lassen den idealen Widerstand ungeändert und vergrößern den zusätzlichen Widerstand. Bei Halbleitern sind die Verhältnisse offenbar anders als bei Metallen; auch As, Sb und Bi zeigen gewisse Abweichungen. Die größte Widerstandsänderung im Magnetfeld zeigt nicht, wie bisher angenommen, Wismut, sondern vielmehr Tellur. (O. v. Auwers, Naturwissensch. Bd. 17, S. 867, nach P. Kapitza, Proc. Roy. Soc. London Bd. 123, S. 292.) *nkl*

Der Einfluß des Eisens auf die magnetische Aufnahmefähigkeit des Aluminiums. — R. B. Mason berichtete in einem Vortrag vor der 56. Haupttagung der amerikanischen elektrotechnischen Gesellschaft in Pittsburgh über die magnetischen Eigenschaften des Aluminiums und ihre Beeinflussung durch Verunreinigungen, insbesondere durch Eisen. Die Beimengung von Eisen bis zu 8 % verändert die paramagnetischen Eigenschaften des Aluminiums nur ganz wenig, weil das Eisen in Form einer nichtmetallischen Verbindung auftritt. Durch Ätzen der Oberfläche des Aluminiums mit einer NaOH-Lösung wird die Eisen-Aluminium-Verbindung aufgespalten und das in der Oberflächenschicht frei gewordene Eisen erzeugt eine merkliche Zunahme der magnetischen Aufnahmefähigkeit (Suszeptibilität). Beimengungen von Mangan, Kupfer und Zinn vermindern den Paramagnetismus des Aluminiums stark. Die zu den Untersuchungen verwendete Apparatur wird besprochen. (R. B. Mason, Advance Copy Nr. 19, Gen. Meeting Am. Electrochem. Soc. 1929.) *E. Kz.*

Untersuchungen über quarzgesteuerte Schwingvorgänge[1]. — Es wird an Hand des bekannten elektrischen Ersatzschaltbildes eines schwingenden Quarzkristalles die prinzipielle Wirkungsweise quarzgesteuerter Schwingungen für ein einfaches Schaltbild kurz besprochen. Hierauf wird der Schwingvorgang in verschiedenen Schaltungen mit zusätzlicher Rückkopplung für lange und kurze Wellen erörtert. Den Kernpunkt der Arbeit bildet eine Untersuchung dieser Schaltungen in Hinsicht auf die Möglichkeit der Selbsterregung von Störwellen sowie der Vergleich mit den entsprechenden Schaltungen ohne Quarzsteuerung, an welchen durch entsprechende Umzeichnung des Schaltplanes die hauptsächlich auftretenden Störwellen abgeleitet werden.

Es zeigt sich, daß für die im Verhältnis zur Sollwelle kurze Störwelle die Schwingkreiskapazität stets angenähert als Kurzschluß wirkt, während die Rückkopplung der Störwelle durch die Gitterkoppelspule oder durch die Leitungsinduktivität der Gitterzuleitung hergestellt wird. Da nun bei Schaltungen mit Quarzsteuerung und Zusatzrückkopplung für lange Wellen der Kristall stets in der Gitterzuleitung liegt, die Störwelle aber viel kürzer ist als die Sollwelle, so wird für diese der stark verstimmte Kristall ein hoher kapazitiver Widerstand. Hierdurch wird die Phase der Rückkopplung um 180 ° verdreht, und die Störwelle kann nicht einsetzen. Bei einer Schaltung mit veränderbarer Rückkopplung für kurze Wellen liegt der Kristall unmittelbar zwischen Gitter und Kathode, und es genügt im allgemeinen schon dessen Kapazität in Ruhelage, um das gesamte Leitungsgebilde zwischen Gitter und Kathode für die sehr kurze Störwelle kapazitiv zu machen, so daß die Störwelle wegen phasenverkehrter Rückkopplung wiederum nicht einsetzen kann. Experimentelle Erfahrungen bestätigen die Ergebnisse der angestellten Überlegungen. (P. v. Handel, El. Nachr. Techn. Bd. 7, S. 34.) *Sb.*

Chemie.

Jahresbericht 7 der Chemisch-Technischen Reichsanstalt, 1928[2]. — Aus dem reichen Inhalt möchte ich erwähnen die Untersuchungen über Explosionen von Versilberungsflüssigkeit, welche eintreten können, wenn sich beim Stehen aus der ammoniakalischen Lösung festes Knallquecksilber Ag_3N absetzt. Man soll deshalb immer nur so viel von der Lösung herstellen, wie man gleich braucht, und Reste durch genügendes Verdünnen unschädlich machen. Andere Arbeiten der Direktorialabteilung beziehen sich auf die Prüfung von Cellophan und Transparit, auf Nitrozellulose und auf Jucca-Fasern, welche bei geeigneter Aufbereitung zur Nitrierung brauchbar erscheinen.

In der Abteilung für allgemeine Chemie wurden die Arbeiten über Azetylenexplosionen weitergeführt; die explosible Zersetzung von Azetylen beginnt bei 510 °, wenn der Druck 2 atü und die Geschwindigkeit des Gases 0,4 l/min beträgt. Für das Blaugas (55 ... 60 % schwere Kohlenwasserstoffe, 35 ... 40 % leichte Kohlenwasserstoffe, etwa 5 % Wasserstoff, Dichte 1,05 und darunter), welches zum Betrieb der Zeppelinmotoren dient, wurde die Gefährlichkeit bei etwaigen Undichtigkeiten der Zellen betriebsmäßig untersucht und als genügend gering befunden; schon geringe Mengen verraten sich durch den Geruch. Sicherheitschränke zum Aufbewahren von Filmen wurden mit Innen- und Außenfeuer geprüft. Benzinkannen wurden aus 1 ... 2 m Höhe geworfen und dann auf Dichtigkeit beobachtet: Kannen bis 30 l Inhalt sollen aus wenigstens 0,9 mm dickem, bei mehr als 30 l aus wenigstens 1,4 mm dickem Eisenblech hergestellt und feuerverzinkt sein; Seitennaht, Boden- und Deckelkante müssen geschweißt, die Bodenkanten durch einen Eisenring verstärkt sein. Explosionen, welche bei Entnahme von verdichtetem Sauerstoff stattfinden können, indem brennbare Schmier- oder Dichtungsmittel entflammen, lassen sich vermeiden, wenn man z. B. Glyzerin und statt Vulkanfiber Kupfer-Asbest-Ringe verwendet.

Die Abteilung für Sprengstoffe hat sich mit Explosionen in Pulverfabriken, mit Ammonsalpeter und aus ihm hergestellten Düngesalzen befaßt (sie wurden als gefahrlos befunden) und ihre Arbeiten über Empfindlichkeit, Detonationsgeschwindigkeit usw. fortgesetzt.

Die Abteilung für Metallchemie hat sich damit beschäftigt, festzustellen, wie durch feste Salze und Salzlösungen (besonders Sylvinit, Karnallit, Bittersalz, Glaubersalz) Eisen, Kupfer, Messing usw. angefressen werden. Während die Eisensorten stärker, aber gleichmäßiger angegriffen wurden, wurden die anderen Metalle punktförmig versehrt, wenn auf ihnen die feuchten Salze lagerten. In wäßriger Lösung hielten sich die Legierungen von Eisen mit Chrom und Nickel ausgezeichnet, fast ebensogut Nickel und Nickellegierungen; bestimmte Messingsorten wurden auch hier punktförmig angegriffen. In offenen Gefäßen verdoppelt der hinzutretende Luftsauerstoff den Angriff; durchgeleiteter Sauerstoff verfünffacht ihn. Bei 90 ° wurden die Bleche in acht Tagen stärker angefressen als bei Zimmertemperatur in vier Monaten. Die schützende Wirkung von Mennigeanstrichen scheint auf einem Gehalt an Bleioxyd wesentlich zu beruhen.

Die physikalische Abteilung bearbeitete unter anderem die Explosionssicherheit von unterirdischen Benzintanks und Blitzschutzvorrichtungen; sehr weitmaschige Drahtnetze schützen schlecht. Im Referat für mechanisch-technische Untersuchungen wurde kalt gezogenes Messing nach der Kugeldruckprobe auf seine Härte geprüft; wenn es zu hart ist, reißt es beim Lagern infolge innerer Spannungen. Anlassen auf 225 ... 300 ° nach dem Ziehen beseitigt diese bekanntlich.

Das Jahrbuch stellt einen Bericht von bleibendem Wert dar. *K. A.*

Verschiedenes.

Elektrotechnischer Großfilm. — Anläßlich der in Berlin tagenden Weltkraftkonferenz gelangt der große technisch-historische Kulturfilm „Das Hohelied der Kraft" zur Aufführung. Darin kommt die Elektrizität als Grundform der Weltkraftversorgung zur Darstellung. Der Film gliedert sich in drei Teile: das Wesen der Elektrizität, d. h. ihre physikalischen Grundlagen; die allmähliche Entwicklung der Erkenntnis elektrischer Vorgänge, und endlich ihre Anwendung, also die Beherrschung des heutigen Lebens durch die elektrische Energie. In dem Film treten auf Werner von Siemens, Emil Rathenau, Georg Halske, Oskar von Miller und Edison. Die Gesamtherstellung lag in den Händen von Hubert Schonger, dem schon eine ganze Reihe kultureller und wissenschaftlicher Filme und Naturfilme zu verdanken ist. Idee und Handschrift stammen von Dr.-Ing. Herbert F. Mueller und mehreren Mitarbeitern desselben. Die Aufführungen finden im Phoebus-Palast am Anhalter Bahnhof statt, u. zw. vom 17. bis 23. Juni täglich um 19 und 21 h, ferner Sonnabends und Sonntags auch noch um 17 h.

Die Verwendung des sichtbaren und unsichtbaren Lichtes in der Heilkunde. — Im Hörsaal des Phys.-Chem. Institutes der T. H. Karlsruhe hielt W. Berger vor der Lichttechnischen Gesellschaft einen Vortrag, der

[1] Vortrag von P. v. Handel, gehalten auf der 6. Hauptversammlung der Heinrich Hertz-Gesellschaft, verbunden mit einer ordentlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins am 19. XI. 1929. — Erschienen als 149. Bericht der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin Adlershof, Abt. f. Funkwesen u. Elektrot.: El. Nachr. Techn. Bd. 7, S. 34 (1930).

[2] Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin 1929. Preis kart. 24 RM.

Digitized by Google

durch Lichtbilder und Demonstrationen von lichttherapeutischen Apparaten unterstützt wurde. Einen mächtigen Anstoß zu größerer Anwendung des Lichtes zu Heilzwecken, insbesondere zur Bestrahlung der ganzen Körperoberfläche, gaben die großartigen Erfolge des Schweizer Arztes Rollier in Leysin mit seiner Sonnenfreiluft-Therapie bei chirurgischer Tuberkulose. Rollier errichtete in großer Höhe in den Alpen ein Sanatorium, um den schwächenden Einfluß durch die Staub- und Dunstschicht, die über der Tiefebene lagert, zu vermeiden. Er war einer der ersten, welcher die mächtige Heilwirkung der natürlichen Höhensonne erkannte, die dem Zusammenwirken aller Strahlen des Sonnenlichtes, der kurzwelligen und langwelligen, zuzuschreiben ist. Daß aber auch der Hochsommersonne in unseren Breitengraden eine große Heilkraft innewohnt, obwohl ihr die besonders kurzwelligen ultravioletten Strahlen fehlen, kann nicht zweifelhaft sein. Der Schweizer Arzt Dr. Dorno in Davos fand, daß den ultravioletten, nicht sichtbaren Strahlen, die einen Anteil in der Gesamtstrahlung der Sonne bilden, u. zw. dem Ultraviolett ganz bestimmter Wellenlänge, eine biologisch besonders bedeutsame Rolle zuzusprechen ist, weshalb man Strahlen dieser Gattung dem Forscher zu Ehren „Dornostrahlen" nennt. Im übrigen hat sich durch genaue Untersuchungen herausgestellt, daß Strahlen aus verschiedenen Spektralabschnitten auch verschiedene Wirkung hervorrufen. So erzeugen z. B. die langwelligen roten und ultraroten (Wärme-)Strahlen eine stärkere Durchblutung der bestrahlten Stellen und wirken sich fühlbar durch Schmerzstillung, Abklingen von Entzündungen, Geschwulsten usw. aus. Die mittellangen, besonders die blauen Strahlen wirken beruhigend, die kurzwelligen, also die violetten, noch sichtbaren und die jenseits des Sichtbaren liegenden ultravioletten Strahlen haben dagegen eine außerordentlich starke Wirkung auf den Salzstoffwechsel der Haut. Infolgedessen ist den Dornostrahlen bei der Behandlung von Stoffwechselkrankheiten eine besonders günstige Heilwirkung zuzusprechen. Was wir mit künstlichen Lichtquellen nicht erreichen können, ist der Einfluß des klimatischen Heilfaktors, der bei der Behandlung mit der Natursonne mitwirkt; indessen sind wir in unseren Breitengraden gezwungen, uns mit künstlichen Lichtquellen zu behelfen. Diese haben, so verschieden sie auch sonst sind, das eine gemeinsam, daß ihre Erfinder sich bemüht haben, mit dem erzeugten Licht nach seiner spektralen Zusammensetzung und der dem Kranken verabreichten Lichtintensität dem Licht der Natursonne möglichst nahezukommen.

Nach diesen einleitenden Darlegungen demonstrierte der Vortragende verschiedene lichttherapeutische Apparate, teils durch Lichtbilder, teils durch Vorführung im Betrieb. Die künstliche Höhensonne und deren Abarten erzeugen ein kaltes Licht, welches hauptsächlich im Gebiet der Dornostrahlung liegt. Da dem Licht der Quarzlampe die wärmeführenden Strahlen fehlen, was nicht immer erwünscht ist, wird sie durch die Solluxlampe, eine hochkerzige Glühlampe, ergänzt. Die Temperatur am Ursprungsort der Lichtquellen ist insofern wichtig, als zwischen ihr und den erzeugten Wellenlängen sowie der Zusammensetzung des erzeugten Lichtes rechnerisch zu ermittelnde Beziehungen bestehen; mit zunehmender Temperatur verschiebt sich die Skala nach den kurzen Wellenlängen. Die höchste Temperatur weist der Quecksilberlichtbogen in der Quarzlampe mit rd. 5000 ° auf, woraus erhellt, daß diese Lampe ein an UV.-Strahlen besonders reiches Licht erzeugt. An zweiter Stelle steht die Bogenlampe mit rd. 4200°, deren Wellenbereich das Gebiet von den reinen Wärmestrahlen bis zur Dornostrahlung umfaßt. Als neueste künstliche Lichtquelle wurde die Vitalux-Lampe[1] gezeigt. Der Anteil der Dornostrahlung, den die Vitalux-Lampe erzeugt, entspricht qualitativ der in der Julisommersonne enthaltenen Dornostrahlung.

Zum Schlusse führte der Vortragende als letzte Neuheit auf dem lichttherapeutischen Gebiet eine Kathodenstrahlenröhre nach Lenard vor. Mit Hilfe dieser neuen Röhre können Kathodenstrahlen großer Intensität erzeugt und durch Magnetfelder auf den zu bestrahlenden Krankheitsherd konzentriert werden. Die Anwendung der Kathodenstrahlen in der Heilkunde befindet sich noch im Versuchstadium, indessen wurden mit diesen Strahlen schon recht bemerkenswerte Heilerfolge erzielt, besonders bei der Behandlung bösartiger Hautkrebse. (W. Berger, Vortrag d. Lichttechn. Gesellsch. Karlsruhe 1929.) *of.*

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 273 u. 687.

DRP. Nr. 500 000. — Das Reichspatentamt beging am 12. V., 52½ Jahre nach Erteilung des ersten Patents im November 1877, ein stilles Jubiläum, nämlich das der 500 000. Patentschrift. Gegenstand des Schutzanspruchs dieses den Siemens-Schuckertwerken AG. erteilten Jubiläumspatents ist ein Kleinautomat als Ersatz für Schmelzsicherungen und dessen intellektueller Urheber Obering. W. Klement, der Chefkonstrukteur im Kleinbauwerk der SSW und u. a. auch der Schöpfer des bekannten Diazed-Schmelzsicherungssystems. F. A. Foerster.

Energiewirtschaft.

Die Entwicklung der österreichischen Elektrizitätswerke. — Nach statistischen Feststellungen des Wasserkraft- und Elektrizitätswirtschaftsamts (W.E.W.A) für Ende 1929 bestanden in Österreich am Schluß des Jahres 1918 309 Großwasserkraftwerke mit je mindestens 500 PS installierter Leistung, zu denen von 1919 bis 1929 122 weitere hinzukamen. Über die Art der Anlagen, ihre Verteilung auf Stromlieferungs- und Bahnkraftwerke sowie Eigenanlagen, die installierten Wasserkraftleistungen und die maximalen Jahresarbeitsvermögen gibt Zahlentafel 1 Auskunft. Sie zeigt, daß bis zu Kriegsende nicht nur an Zahl, sondern auch an Leistung die Eigenanlagen den öffentlichen Elektrizitätswerken um ein geringes überlegen waren. In den darauffolgenden elf Jahren wurden fast ebensoviel öffentliche wie private Stromerzeugungsgroßanlagen erbaut, erstere jedoch mit der siebenfachen Leistung und einer 4,4mal so großen Jahreskapazität. Von den 1929 vollendeten Neubauten oder Erweiterungen sind folgende von besonderer Bedeutung: in Kärnten das Mallnitzwerk der Bundesbahnen mit 20 000 PS (vorläufiger Ausbau 2 · 5000 PS) und 50 Mill kWh; in Salzburg das Stubachwerk, ebenfalls den Bundesbahnen gehörend, mit 48 000 (vorläufig 4 · 8000) PS Turbinenleistung und 43 Mill kWh höchstem Jahresarbeitsvermögen; in Tirol der Vollausbau des Großkraftwerks Achensee der TIWAG mit einer Verstärkung der Turbinenleistung um 70 000 PS und der Kapazität um 86 Mill kWh.

1. Die Entwicklung der österreichischen Großwasserkraftanlagen.

Unternehmungsart	Bestand Ende 1918			Zubau 1919/1929 (im Betrieb)		
	Zahl der Anlagen	Install. Turbinenleistung PS	Höchstes Jahresarbeitsvermögen Mill kWh	Zahl der Anlagen	Install. Turbinenleistung PS	Höchstes Jahresarbeitsvermögen Mill kWh
Öffentliche Stromlieferung	75	144 274	587,5	50	364 587	871,5
Bahnkraftwerke	5	16 800	60,9	3	84 000	140,4
Eigenanlagen	229	166 996	630,4	57	52 935	199,7
Summe	309	328 070	1278,8	110	501 522	1211,6

2. Am 1. I. 1930 in Bau befindliche Großwasserkraftanlagen.

Land	Unternehmungsart	Zahl der Anlagen	Install. Turbinenleistung PS	Höchstes Jahresarbeitsvermögen Mill kWh	Bemerkungen
Kärnten	Öffentl. Stromlieferung	2	13 700	50,0	—
Oberösterreich	„	1	1 500	5,5	Gosauwerk IV
Salzburg	Eigenanlagen	1	9 000	34,8	Erweiterung der Aluminium-Industrie Lend (Gasteiner Ache)
		4	8 560	32,6	—
Steiermark	Öffentl. Stromlieferung	2	23 000	107,0	Murkraftwerk Mixnitz und Packsperre der Steirischen Wasserkraft-El. AG.
Tirol	„	1	31 000	100,4	Bösdornau (Zillertaler Kraftwerke AG.)
Vorarlberg	„	3	280 000	252,0	Gampadelskraftwerk der Vorarlberger Landes-Elektrizitäts AG. 1. Stufe (10 000 PS) Vermuntwerk (Illstufe II) der Vorarlberger Illwerke AG. (120 000 PS)* Lünerseewerk derselben Gesellschaft (150 000 PS)
Summe		14	366 760	582,3	* Das Vermuntwerk ist mittlerweile — Anfang Mai 1930 — in Betrieb gegangen.

Digitized by Google

Die an der Jahreswende 1929/1930 noch im Bau befindlich gewesenen Großwasserkraftanlagen sind aus Zahlentafel 2 ersichtlich; manche von ihnen werden nach ihrer Fertigstellung die größten in ganz Österreich sein. Insbesondere wird den Tiroler und Vorarlberger Wasserkräften eine außerordentliche wirtschaftliche Bedeutung zukommen, da man den aus ihnen erzeugten Strom, für den in absehbarer Zeit in Österreich selbst kein genügender Absatz besteht, ins Ausland leiten will. Erklärlicherweise werden jetzt um die Konzessionierung und Finanzierung weiterer Exportwerke zwischen den verschiedenen Interessentengruppen heftige Kämpfe geführt. Auch in der Gesetzgebung ist Vorsorge getroffen, daß bei Festsetzung der Verträge über Bau und Betrieb derartiger Exportanlagen der österreichische Einfluß nicht in den Hintergrund tritt.

3. In Betrieb und Bau befindliche Großwasserkraftanlagen.

Unternehmungsart	Zahl der Anlagen	Install. Turbinenleistung PS	Höchstes Jahresarbeitsvermögen Mill kWh
Öffentliche Stromlieferung . .	133	858 061	1 973,9
Bahnkraftwerke	8	100 800	201.3
Eigenanlagen	290	237 491	897,5
Summe . . .	431	1 196 352	3 072,7

Zahlentafel 3 gibt ein Bild des gesamten Standes der österreichischen Großwasserkraftwerke einschl. der am 1. I. 1930 noch im Bau befindlichen Anlagen. Wenn unter diesen die der Zahl nach überlegenen Eigenanlagen einen erheblichen Bruchteil an Leistung und Kapazität aufweisen, so beruht dies überwiegend auf Investitionen aus der Vorkriegszeit. Aus Zahlentafel 4 ist die Verteilung der

4. Die Großwasserkraftanlagen der österreichischen Industrie.

Industrien	Zahl der Anlagen	Install. Turbinenleistung PS	Höchstes Jahresarbeitsvermögen Mill kWh
Sägewerke, Papier-, Pappen-, Holzstoff-Industrie usw.	119	74 866	292,9
Aluminium-, Karbid-, Ferrosilizium-gewinnung usw.	11	67 744	207,1
Berg- und Hüttenwerke, Maschinen- und Metallindustrie	114	58 055	246,7
Textilindustrie	41	26 326	107,5
Baustoffindustrie, Glas- und Glaswarenfabrikation	10	10 500	43,3
Summe . . .	295	237 491	897,5
Davon Bestand 1918	229	166 996	630.4
1919/1929 errichtet	60	52 305	195,7
Am 1. I. 1930 in Bau	6	18 190	71,4

Anlagen auf die verschiedenen Industriegruppen erkennbar. An erster Stelle steht die Holz- und Papierindustrie, doch kommt ihr die elektrochemische Industrie sehr nahe, die allerdings auf elf große Werke konzentriert ist, während die erstgenannte 119, die Schwerindustrie 114 Betriebe umfaßt.

An der Turbinenleistung der Eigenanlagen gemessen, steht unter allen Ländern Steiermark mit 53 414 PS an erster Stelle, dann folgen Salzburg mit 48 207, Tirol mit 37 721, Niederösterreich und Wien mit 30 265, Kärnten mit 28 980, Oberösterreich mit 24 954 und schließlich Vorarlberg mit 13 950 PS.

In außerordentlicher Weise hat sich das Hochspannungsnetz entwickelt, von dem die österreichischen Länder durchzogen sind. Es umfaßt an 12 000 km Fernleitung; mehr als 9000 km wurden in den letzten elf Jahren bis Ende 1929 errichtet. Niederösterreich und Wien führen mit 3800 km, wobei die Hochspannungsfernleitungen noch nicht einbezogen sind, die nur der Fortleitung kalorisch erzeugten Stromes dienen, dann kommen Oberösterreich mit 2600, Steiermark mit etwa 2000 und Kärnten mit 1100 km. Tirol kann erst ungefähr 900, Salzburg 850, Vorarlberg 430 km aufweisen und schließlich das Burgenland etwa 300 km; in diesem sind eigene Wasserkraftanlagen mit mindestens 500 PS nicht vorhanden, vielmehr bezieht es seinen Strom aus den Nachbarländern und aus Kleinanlagen des eigenen Gebiets.

Die Tatsache, daß die gewaltigsten alpinen Wasserkräfte sich im Westen befinden, während der am raschesten und intensivsten wachsende Energiebedarf im Osten, in der Hauptstadt und ihrer Umgebung, herrscht, macht angesichts der langgestreckten Grenzkonfiguration des Bundesgebiets die rationelle Elektrizitätsversorgung zu einem Fernleitungsproblem, abgesehen von der Ausnutzung der Donauwasserkräfte in der wirtschaftlichen Reichweite des Hauptkonsumgebiets, für die bereits ernste Projekte vorliegen. Anderseits harren noch in den Alpen Salzburgs, Tirols und Vorarlbergs gewaltige Energien der Verwertung, besonders steht bekanntlich ein großzügiges Projekt für die Ausnutzung der Wasserkräfte der Hohen Tauern unter dem Kennwort „Salzburger Alpenwasserkraft" zur Erörterung. Die Ausführung aller dieser Pläne ist vermutlich nur eine Frage der Zeit. Die Zweckbestimmung der nächsten Großbauten dürfte auf den Export elektrischer Arbeit in die Nachbarstaaten gerichtet sein. Die gemeinsamen Interessen Deutschlands und Österreichs können auch auf diesem Gebiet eine innige Verknüpfung erfahren, wenn auf die wirtschaftlichen Notwendigkeiten beider Teile ausreichend Bedacht genommen wird.

Von besonderem Interesse sind die Ziffern, welche die Entwicklung der Wiener Städtischen Elektrizitätswerke im Jahr 1928 illustrieren und die wir ihrer Direktion verdanken. Die drei kalorischen Werke besitzen acht Kolbendampfmaschinen mit 24 000 PS und 19 Dampfturbinen mit 237 300 PS. Die Gesamtleistung der städtischen Zentralen ist um 11,8 % auf 289 665 PS (246 165 PS i. V.) gestiegen. Das Kabel- und Freileitungsnetz war Ende 1928 7412 km lang (7093 i. V.).

In den eigenen Kraftwerken wurden 1928 478,269 Mill kWh erzeugt (408,567 i. V.), während an Fremdstrom 59,734 Mill kWh (70,549 i. V.) bezogen worden sind. Dieser Abnahme um 15,3 % steht also ein Wachstum der eigenen Produktion um 17,1 % gegenüber. 28,4 % des Gesamtausbringens, d. s. 152,893 Mill kWh, entfielen auf Wasserkraftwerke, fast das 2½fache aber auf kalorische Anlagen. Alles in allem haben die Städtischen Elektrizitätswerke im Berichtsjahr für Licht- und Kraftzwecke 385,961 Mill kWh abgegeben (340.248 i. V.). Die kleinste Tagesleistung betrug 1,283, die größte 2,179 Mill kWh, die höchste Spitzenlast 176 000 kW. E. Honigmann.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Bibliothek.

Die Zeitschriften-Bibliothek, die der EV im Lesesaal des Ingenieurhauses, Berlin NW 7, Friedrich-Ebert-Str. 27, unterhält, wird unseren Mitgliedern erneut in Erinnerung gebracht und recht eifriger Benutzung empfohlen. Nachfolgend bringen wir die Zusammenstellung der vom Elektrotechnischen Verein laufend gehaltenen Zeitschriften. Die Zahlen neben den Zeitschriften bedeuten die Jahrgänge und Bände, die von den einzelnen Zeitschriften gebunden vorhanden sind. Sie können, soweit sie nicht mit einem * versehen sind, gleichfalls im Lesesaal des Ingenieurhauses eingesehen werden. Die mit einem * versehenen lagern in der Geschäftstelle des EV, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a, und stehen hier während der Geschäftstunden (täglich von 8 h bis 16 h 30 m, Sonnabends von 8 h bis 13 h) zur Benutzung.

Die Mitgliedskarte des EV berechtigt zum Eintritt in den Lesesaal des Ingenieurhauses und zur Benutzung aller dort verfügbaren Bücher und Zeitschriften, und zwar:

Montag, Dienstag, Donnerstag von 9 bis 19 h,
Mittwoch und Freitag von 9 bis 21 h,
Sonnabend von 9 bis 13 h.

I. Liste der deutschen Zeitschriften, die vom EV gehalten werden.

AEG-Mitteilungen 1927, 1928, 1929.
Archiv für Elektrotechnik 1927, 1928, 1929.
BBC-Nachrichten 1927*, 1928*, 1929*.
Bergmann-Mitteilungen 1926, 1927, 1928.
Carlswerk-Rundschau.

Digitized by Google

Deutsche Licht- und Wasserfach-Zeitung 1928, 1929.
I E W 1927, 1928, 1929.
Mitteilungen der Hermsdorf-Schomburg Isolatoren G. m. b. H.
Siemens-Zeitschrift 1927, 1928, 1929.
Technik voran! 1927, 1928.
Tropenpflanzer 1927, 1928, 1929.
Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft.
Weltwirtschaftliches Archiv 1927, 1928, 1929.
Wirtschaftsdienst 1926, 1927, 1928, 1929.
Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern.
Zeitschrift für Feinmechanik und Präzision 1927, 1929.

II. Liste der Auslandszeitschriften, die vom EV gehalten werden.

Abstract Bulletin of Lamp Development Laboratory, Nela Park.
Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones 1927, 1928, 1929.
Annali dei Lavori Publici 1927, 1928, 1929.
Archives d'Electricité Médicale 1927, 1928.
Aseâ-Journal (Zeitschrift der Allgemeinen Schwedischen Elektrizitäts-AG.) 1929.
Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi (A.C.E.C.) 1926*, 1927/28.
Bell System Technical Journal 1927, 1928.
Bell Telephone Quarterly 1927, 1928, 1929.
Bulletin de la Société Française des Electriciens 1927.
Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins 1926, 1927, 1928, 1929.
Bulletin Oerlikon 1926, 1927, 1928, 1929.
Bureau of Standards, Journal of Research 1928, 1929.
Chemical and Metallurgical Engineering 1927, 1928.
Electrical Communication 1927, 1928, 1929.
Electrical Review 1927, 1928, 1929.
Electrical World 1927, 1928, 1929.
The Electrician 1926, 1927, 1928, 1929.
Electricidad 1927, 1928.
Electric Journal 1927 (wird z. Z. nicht mehr ausgelegt).
Electric Railway Journal 1927, 1928, 1929.
Electro Farming 1926, 1927, 1928, 1929 (jetzt Rural Elektrification and Electro Farming).
Electro-Technick 1928.
Elettrotecnica 1927, 1928, 1929.
Energia Elettrica 1926, 1927, 1928, 1929.
The Engineer 1927, 1928, 1929.
Engineering 1927, 1928.
Engineering Journal 1927, 1928.
Engineering News Record 1927, 1928, 1929.
Factory and Industrial Management 1929.
General Electric Review 1926, 1927, 1928, 1929.
Génie Civil 1926, 1927, 1928, 1929.
German-American Commerce Bulletin.
Helvetica Physica Acta.
Illustrated Official Journal (Patents) 1926, 1928.
Illustrated Official Journal (Abridgements of Specifications) 1926, 1927, 1928.
Index of Patents issued from the United States Patent Office 1928.
Industrial Management 1926, 1927.
Industrial Engineering 1926, 1927, 1928, 1929.
De Ingenieur, Utrecht, 1926, 1927, 1928, 1929.
Iron Age 1927, 1928, 1929.
Journal de Physique et le Radium 1926, 1927, 1928.
Journal of the American Institute of Electrical Engineers 1926, 1927, 1928.
Journal of the American Waterworks Association 1926, 1927, 1928, 1929.
Journal of the Institution of Electrical Engineers 1926, 1927, 1928, 1929.
Journal of the Franklin Institute 1926, 1927, 1928, 1929.
Journal Télégraphique 1927*, 1928*, 1929*.
Official Gazette of the U. S. Patent Office.
Orgaan der Vereeniging van Electrotechnische Ambtenaren der Telegrafie en Telefonie.
Philosophical Magazine, Edinburgh, Dublin, London, 1926, 1927, 1928, 1929.
Physical Review 1926, 1927, 1928, 1929.
Post Office Electrical Engineers Journal 1926, 1927, 1928.
Proceedings of the Engineers Soc. of Western Pennsylvania.
Proceedings of the Institute of Radio and Radio Eng. 1926, 1927, 1928, 1929.
Proceedings of the Physical Society of London 1926, 1927, 1928, 1929.
Radio News 1927, 1928, 1929.
Radio Service Bulletin 1929.
Railway Age 1927, 1928, 1929.
Railway Electrical Engineer 1926, 1927, 1928, 1929.
Railway Engineer 1927, 1928, 1929.
Revista Electrotecnica 1929.
Revue Générale des Chemins de Fer 1926, 1927, 1928, 1929.
Revue Générale de l'Electricité 1926, 1927, 1928, 1929.
Rural Electrification and Electro Farming (s. a. unter Electro Farming).
Science Abstracts 1927, 1928, 1929.
Scientific American 1927, 1928, 1929.
Scientific Papers of the Institute of Physical and Chemical Research 1929.
Scientific Papers of the Bureau of Standards, Washington, 1926/27*.
Schweizerische Bauzeitung 1927, 1928, 1929.
Technologic Papers of the Bureau of Standards, Washington, 1926/27*.
Technicki List 1929.
Teknisk Tidskrift 1926, 1927, 1928.
Telegraph and Telephon Age 1926, 1927, 1928, 1929.
Telegraph and Telephon Journal, London, 1926, 1927, 1928, 1929.
Telephone Engineer 1927, 1928.
Telephony 1927, 1928, 1929.
Tramway and Railway World.
Transactions of the Faraday-Society 1926, 1927, 1928, 1929.
Wireless World and Radio Review 1927, 1928, 1929.
World Power 1926, 1927, 1928, 1929.

Die Bücher und Zeitschriften dürfen nur in der Bücherei selbst benutzt werden.

Ordentliche Sitzung

am 27. V. 1930 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Staatssekretär Dr.-Ing. E. h. Feyerabend.

Vorsitzender: Ich eröffne die Sitzung und heiße Sie alle willkommen.

Seit der letzten ordentlichen Sitzung sind 15 Neuanmeldungen eingegangen. Ein Verzeichnis liegt hier aus.

Gegen die Berichte über die ordentlichen Sitzungen am 25. III. und 29. IV. sind Einwendungen nicht erhoben worden. Die Berichte gelten somit als angenommen.

Ich möchte die Gelegenheit dazu benutzen, noch auf folgendes aufmerksam zu machen. Der Elektrotechnische Verein hat, wie Ihnen bekannt, aus Anlaß seines Goldenen Jubiläums eine Festschrift herausgegeben. Der reiche Inhalt und die sonstigen Vorzüge dieses Werkes sind in der ETZ wiederholt betont worden. Die Festschrift ist reich ausgestattet und geziert mit 34 Tiefdruckbildern von Männern, die sich um unseren Verein verdient gemacht haben, ferner mit 152 Bildern, die neuzeitliche und historische Ausführungen elektrotechnischer Apparate und Anlagen einander gegenüberstellen. Ein Exemplar der Festschrift liegt hier zur Einsicht aus. Das Werk kostet für Mitglieder nur 10 RM, wozu beim Versand noch die Spesen kommen. Da noch eine Anzahl Exemplare vorhanden ist, nimmt die Geschäftstelle Bestellungen gern entgegen.

Die nächste ordentliche Sitzung findet nach der Sommerpause am 30. IX. statt. In ihr wird Herr Dr.-Ing. Piloty vortragen über das Thema: „Die Fernwirkanlagen im Kraftwerksbetrieb".

Wir kommen nun zum zweiten Gegenstand der Tagesordnung, zu dem Vortrag des Herrn Dr.-Ing. Boll über das Thema: „Automatische Leistungsregulierung in großen elektrischen Netzen". Ich bitte Herrn Dr. Boll, das Wort zu nehmen.

(Vortrag folgt.)

Vorsitzender: Die umfassenden Ausführungen des Herrn Vortragenden haben uns gezeigt, wie das neuzeitliche Bestreben der Technik, die Arbeit der Menschenhand möglichst weitgehend durch selbsttätige Einrichtungen zu ersetzen, auch auf dem schwierigen Gebiete der Leistungsregulierung in großen Elektrizitätsnetzen bereits Eingang gefunden hat. Ich nehme an, daß auch andere Fachgenossen zu diesem Thema uns interessierende Mitteilungen aus Theorie und Praxis zu machen haben werden und möchte anregen, das in einer ausgiebigen Diskussion zu tun.

Zur Diskussion hat sich bereits zum Wort gemeldet Herr Direktor SPENNEMANN Kiel, dem ich hiermit das Wort erteile. (Besprechung folgt.)

Digitized by Google

Vorsitzender: Wird weiter das Wort gewünscht? — Das ist nicht der Fall. Das Thema scheint noch zu neu zu sein, als daß schon Erfahrungen zur Verfügung ständen.

Der lebhafte Beifall, den Sie bereits dem Herrn Vortragenden für seine ausführlichen Darlegungen gezollt haben, und auch die Mitteilungen, die Herr Direktor SPENNEMANN uns gemacht hat, werden dem Herrn Vortragenden bereits gezeigt haben, welch großes Interesse die neuzeitlichen Fragen, die er so fesselnd behandelt hat, in unserem Kreise gefunden haben. Ich danke Ihnen daher auch namens des Elektrotechnischen Vereins und möchte auch dem Herrn Diskussionsredner meinen Dank aussprechen.

Ich hatte vorhin gesagt, daß die nächste Sitzung im September stattfinden soll. Es tritt also jetzt die übliche Sommerpause in den Vereinsvorträgen ein. Aber Sommerpause bedeutet keine ebenso lange Arbeitspause. Immerhin darf ich annehmen, daß jedem von uns in der schönen Sommerzeit eine Gelegenheit geboten wird, auszuspannen und neue Kräfte für kommende Aufgaben zu sammeln. Ich möchte daher die heutige Sitzung nicht schließen, ohne Ihnen allen eine gute Erholung zu wünschen und gleichzeitig ein gesundes Wiedersehen im Herbst. (Lebhafter Beifall.)

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

Anding, Fritz, Elektroingenieur, Saalfeld a. d. Saale.
Arendt, Paul, R., Dr. phil., Bln.-Zehlendorf.
Balzer, Willy, Ingenieur, Görlitz.
Boros, Paul, Dipl.-Ing., Budapest.
Bosse, Alfred, Ingenieur, Berlin.
Brockmann, Friedrich, cand. ing., Berlin.
Haack, Werner, Elektrotechniker, Bln.-Steglitz.
Hahnel, Karl, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg.
Marcus, Karl, Elektrotechniker, Falkensee.
Saller, Otto, Elektroingenieur, Berlin.
Scherbius, Walther, Dipl.-Ing., Berlin.
Schmitt, Leonhard, Elektroingenieur, Straubing.
Schwaiger, Emmanuel, Dipl.-Ing., Eichstätt (Bayern).
Streil, Walter, cand. ing., Bln.-Charlottenburg.
Uhlmann, Erich, Dr.-Ing., Berlin.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Kommission für Isolierstoffe.

Die Unterkommission für Preßspan veröffentlicht nebenstehend den Entwurf 2 des Normblattes Tafelpreßspan. Einsprüche sind bis spätestens 15. Juli 1930 an die Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, in doppelter Ausfertigung zu richten. Der Entwurf 1 war veröffentlicht in der ETZ 1929, Heft 21, S. 766.

Lieferung des „Jahrbuch der Elektrotechnik 1927" von Präsident a. D. Geheimrat Professor Dr. Karl Strecker.

Wir sind in der Lage, den vor kurzem erschienenen Abschlußband 1927 von Streckers „Jahrbuch der Elektrotechnik" zu einem wesentlich ermäßigten Preise abzugeben.

Noch nicht endgültig

Isolierstoffe

Tafelpreßspan

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 2
VDE 600

Maße in mm

Bezeichnung einer Tafel Preßspan gelb, einseitig geglättet, mit 1 mm Dicke, 1000 mm Breite und 1200 mm Länge:

Preßspan gelb einseitig geglättet 1×1000×1200 VDE 600.

Bezeichnung einer Tafel Edelpreßspan mit 0,5 mm Dicke, 600 mm Breite und 800 mm Länge:

Edelpreßspan 0,5×600×800 VDE 600

Dicke			Breite und Länge				Ungefähres Gewicht	
Nennmaße	zulässige Grenzmaße im Anlieferzustand Kleinstmaß	Größtmaß	Preßspan			Edelpreßspan	Preßspan kg/m²	Edelpreßspan kg/m²
0,2	0,18	0,22	600				0,270	0,280
0,25	0,23	0,27	×				0,338	0,350
0,3	0,28	0,33	800				0,405	0,420
0,4	0,36	0,44					0,540	0,560
0,5	0,45	0,55					0,675	0,700
0,6	0,55	0,65					0,810	0,840
0,7	0,65	0,75	600				0,945	0,980
0,8	0,75	0,86	×				1,04	1,08
1	0,93	1,07	800		1000	600	1,30	1,35
1,5	1,40	1,60			×	×	1,90	1,95
2	1,90	2,10	und	1000	1200	800	2,54	2,60
2,5	2,38	2,62		×	und		3,18	3,25
3	2,85	3,15	600	1000	1000		3,75	3,90
(3,5)	3,30	3,67	×		×		4,38	4,55
4	3,80	4,20	900		1300		5,00	5,20
(4,5)	4,28	4,72			und		5,63	5,85
5	4,75	5,25			1000		6,25	6,50
					×			
					2000			

() Diese Dicken sind möglichst zu vermeiden.

Zulässige Breiten- und Längenabweichung bei Anlieferung ± 0,5 vH.

Zulässiger Breiten- und Längenschwund: bis 1 mm Dicke 1 vH, über 1 mm Dicke 1,5 vH, gemessen nach 4 Tagen Lagerung in 65 vH relativer Luftfeuchtigkeit und 6 h Trocknung bei 90° (mit zeitweisem Luftwechsel).

Werkstoff: Der Preßspan muß den „Leitsätzen für die Lieferung und Prüfung von Preßspan" des VDE entsprechen (ETZ 1929, Heft 10 und 20). Spez. Gewicht: Preßspan ≈ 1,25, Edelpreßspan ≈ 1,35.

Ausführung: Preßspan gelb oder grau, zweiseitig od. einseitig geglättet oder ungeglättet (matt); Edelpreßspan schwarzgrau, ungeglättet (matt).

Lieferart: in Tafeln.

Mai 1930 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Bestellungen erbitten wir unter Einzahlung von 8,90 RM auf unser Postscheckkonto Berlin 213 12.

Wir machen darauf aufmerksam, daß zum gleichen Preise auch noch einige Exemplare der Jahrbücher 1925 und 1926 bei uns erhältlich sind. Wir empfehlen baldige Bestellung, da der Vorrat nur noch gering ist.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Braunschweig. 26. VI. 1930, Hörsaal 3 B des Hochspannungsinstituts, Eingang Hamburger Straße 307: Vortrag Prof. Dr.-Ing. L. Pungs, „Grundlagen des Fernsehens" (m. Lichtb. u. Vorführ.).

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 21. VI. 1930: Sommerausflug. Treffpunkt 4 h im alten Logenhaus Finkenwalde.

Physikal. Gesellschaft zu Berlin. 20. VI. 1930, nachm. 5½ h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. der Universität, Berlin, Reichstagsufer 7/8: Vortrag Prof. Dr. N. Bohr, „Über das Wirkungsquantum".

Digitized by Google

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

A. Spieker. — C. von Borsig. — Zwanzig Jahre lang hat nunmehr Herr D. h. c. F. Albert Spiecker den Vorsitz des Verbandes der Deutschen Berufsgenossenschaften geführt. D. Spiecker war von 1902 bis 1918 Direktor bei der Siemens & Halske AG., welches Amt er s. Z. wegen schwerer Krankheit niederlegte. Mit Begeisterung und selbstloser Hingabe widmete er sich den Aufgaben und Arbeiten der deutschen Berufsgenossenschaften, wozu ihn seine reichen Erfahrungen, sein scharfer Verstand, und große Herzensgüte besonders befähigten. Durch sein Eingreifen wurde der Zusammenschluß aller gewerblichen Berufsgenossenschaften erreicht. Dieser Verband, dem sämtliche 67 gewerblichen Berufsgenossenschaften angehören, repräsentiert die Reichs-Unfallversicherung der in 956 000 gewerblichen Betrieben versicherten 11 960 000 Arbeiter mit einer Lohnsumme von 22,7 Mrd RM. Im Jahre 1929 wurden bei 286 Mill Gesamtausgaben 239 Mill RM Unfallentschädigungen ausgezahlt. Diese Zahlen dokumentieren die Bedeutung der Berufsgenossenschaften im deutschen Wirtschaftsleben und in der Sozialpolitik. Bekannt sind ferner die für alle Kulturstaaten der Welt vorbildlich gewordenen Unfallverhütungsmaßnahmen der deutschen Berufsgenossenschaften.

Der weisen Führung des Herrn D. Spiecker ist es mit zu danken, daß die berufsgenossenschaftliche Organisation trotz vieler Angriffe unangetastet dasteht und ihre Aufgaben im Dienst der Allgemeinheit immer vollkommener durchgeführt hat. Der Verband der Deutschen Berufsgenossenschaften hat den aufrichtigen Dank der in ihm vereinigten deutschen gewerblichen Berufsgenossenschaften zum Ausdruck gebracht, in dem er seinen verdienten Vorsitzenden bei der Niederlegung des Amts zu seinem Ehrenvorsitzenden ernannte.

Als Nachfolger des Herrn D. Spiecker wurde auf dem 40. ord. Berufsgenossenschaftstag, Anfang Juni, Herr Geheimrat Dr. h. c. Conrad von Borsig zum Vorsitzenden des Verbandes der Deutschen Berufsgenossenschaften gewählt.

Jubiläum. — Herr Eugen Körbitz, Ingenieur und Prokurist der Kabelmaschinenfabrik G. Stein, Berlin, konnte am 1. VI. auf eine 50jährige Tätigkeit in dieser Firma zurückblicken.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die asynchronen Wechselfeldmotoren. Kommutator- u. Induktionsmotoren. Von Prof. Dr. G. Benischke. 2., erw. Aufl. Mit 109 Abb. i. Text. V u. 123 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 11,40 RM, geb. 12,60 RM.

Bezüglich der jetzt vorliegenden 2. Auflage gilt im wesentlichen das zur 1. Auflage Gesagte[1]. Der Umfang des Buches ist praktisch derselbe geblieben, obgleich einiges Neue hinzugekommen ist. Der Preis ist merklich gesenkt und damit die Anschaffung erleichtert. Bei der nächsten Auflage wird es nötig sein, den Kondensator-Induktionsmotor näher zu behandeln, da gerade diese Maschinenart im Vordergrund des Interesses steht und voraussichtlich den nicht regelbaren Einphasen-Repulsionsmotor kleiner Leistung vollständig verdrängen wird.
J. Kozisek.

Taschenbuch der medizinischen Röntgen- und Radiumtechnik. Von Dr. phil. G. Spiegler u. Dr. phil. A. Fernau. Mit 63 Abb. u. zahlr. Tab., X u. 320 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Wien 1930. Preis kart. 16,80 RM.

Das Buch enthält in klarer und übersichtlicher Weise das, was der Arzt, der sich mit den Bestrahlungsproblemen befaßt, wissen muß. Dabei fällt auf, daß vom pädagogischen Standpunkt aus sehr systematisch vorgegangen wurde, so daß es nicht nur ein Taschenbuch ist, wie es die Autoren bezeichnet haben, sondern die belehrende und sachliche Darstellung macht das Buch zu einem sehr bemerkenswerten Lehrbuch, das auch die pekuniäre Seite der Anschaffung der doch recht kostspieligen Apparate erörtert. In dem ersten Hauptteil wird zunächst das rein Technische auseinandergesetzt; alsdann werden Art und Qualität der Strahlung sowie die Wirkung der Röntgenstrahlen besprochen, wobei auch das photographische Verfahren erwähnt wird. In dem zweiten Hauptteil werden Radiumphysik und -technik besprochen und die Anwendung des Radiums in der Dermatologie ausführlich erörtert. In einem Anhang sind die Vorschriften für den Hochspannungs- und Strahlenschutz beigefügt.
E. Schilf, Berlin.

Elementares Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen d. Mittelschulen u. z. Selbstunterricht, 3., umgearb. Aufl. Von Prof. Dr. J. R. Brunner. Mit 549 Fig. i. Text, 4 Taf., XXXI u. 460 S. in 8°. Verlag AG. Gebr. Leemann & Co., Zürich 1930. Preis geb. 8,70 Fr.

Das Lehrbuch der Physik von Brunner gehört zu den besonders gewandt geschriebenen und angenehm lesbaren Schulbüchern. Es gibt ein ziemlich vollständiges Bild der heutigen Physik und berücksichtigt auch ihre Anwendungen auf die mannigfaltigsten Gebiete (z. B. Astronomie, Meteorologie, Technik) so weit, daß das Interesse der Leser, an die sich das Buch in erster Linie wendet, insbesondere der heranwachsenden Jugend, überall wach bleibt. Einen Mangel allerdings teilt das Buch mit vielen anderen seiner Art: man sucht vergebens nach einer wirklich sorgfältigen Erklärung der physikalischen Grundbegriffe. So erscheint in der Mechanik der schwierige Begriff der Masse sozusagen „unter der Hand", ohne daß der Leser von seiner Einführung viel merkte, und ähnlich verhält es sich mit manchem anderen Begriff. Es muß zugegeben werden, daß es sehr schwer ist, dem Anfänger die Grundbegriffe klar zu machen; auf der anderen Seite aber verlangt gerade er lebhafter danach als der Vorgeschrittene, dessen Gewissen durch den gewohnheitsmäßigen Gebrauch der Begriffe allzubald gegen Bedenken unempfindlich zu werden pflegt. Vor allem sollten die Schulbücher es vermeiden, dem Schüler Auffassungen beizubringen, die er später auf der Hochschule oder in der Praxis mühsam wieder verlernen muß; ich rechne hierhin z. B. die gerade in elementaren Büchern ganz unberechtigte Bevorzugung des Potentialbegriffs vor dem Spannungsbegriff. Speziell die Technik muß von der Schule verlangen, daß sie ein Fundament legt, das später nicht teilweise wieder abgerissen werden muß, sondern auf dem die spätere berufliche Ausbildung sicher weiterbauen kann.
J. Wallot.

Die Beleuchtung von Eisenbahn-Personenwagen mit besond. Berücks. der el. Beleuchtung. Von Dr. phil. M. Büttner. 4., umgearb. Aufl. Mit 128 Textabb., VI u. 195 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis geb. 15 RM.

In dem Vorwort sagt der Verfasser, daß die meisten größeren Eisenbahnverwaltungen sich auf eine bestimmte Bauart von Zugbeleuchtung festgelegt haben. Warum hat aber der Verfasser davon abgesehen? Dieses Verhältnis hätte wohl recht gut eine objektive Beschreibung über die Vorteile und die Mängel der verschiedenen Fabrikate gelegentlich der eingehenden Apparatebeschreibungen begründet. In den meisten Fällen ist es wohl so gewesen, daß wenigstens die größeren Verwaltungen mehr als ein System versucht und auch dauernd im Betriebe haben. Die Erfahrungen bei den Versuchen mit verschiedenen Apparaten haben natürlicherweise die Behörde für die endgültige Wahl eines Einheitsystems bestimmt. Hätte der Verfasser die obengenannte objektive Beschreibung mitgenommen, so wäre das Buch für die Eisenbahnverwaltungen, die sich noch nicht für ein System entschlossen haben, eine Hilfe gewesen. Während der schwierigen Schneeverhältnisse des vorletzten Winters, die ganz Europa berührten, traten bekanntlich die ernstesten Störungen in den Wagenbeleuchtungen ein, veranlaßt durch die Unvollkommenheiten der gewöhnlichen Antriebsvorrichtungen mit Riemen und Ketten. Mit diesen frischen Erfahrungen vor Augen hätte der Verfasser einiges über den Kardanantrieb sagen müssen. Dieser Antrieb ist doch seit mehreren Jahren in schneereichen Ländern einwandfrei in Betrieb gewesen. Endlich müßte der Verfasser die speziellen Eigenschaften der Jungner-Batterien im Gegensatz zu den Edison-Batterien hervorheben, Eigenschaften, die wohl dazu beigetragen haben, daß die Jungner-Batterien so allgemein in ganz Europa verwendet werden.
O. Helmer.

[1] ETZ 1920, S. 903.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Italiens elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Nach der Monatsbeilage der L'Energia el. hat sich die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse, wie die Zahlentafel zeigt, 1929 gegenüber dem Vorjahr wertlich um 22, die Ausfuhr um 25 % erhöht. Die Passivität des Elektroaußenhandels ist damit von 217,357 auf 263,157 Mill Lire gewachsen. Importseitig zeigen Generatoren, Transformatoren, Glühlampenkolben, Telegraphen- und Fernsprechapparate eine mäßige, Rundfunkgeräte und Akkumulatoren eine bemerkenswert große Zunahme, während sich die Einfuhr isolierter Kabel und Drähte sowie von Glühlampen und elektrischen Vorrichtungen verringert hat. Die Ausfuhrsteigerung umfaßte alle Gruppen mit Ausnahme von Akkumulatoren, verschiedenen elektrischen Geräten, isolierten Kabeln und Isolierrohren. Der Import entspricht einem Wert von 76,0 und der Export einem solchen von 19,5 Mill RM.

Erzeugnisse	Einfuhr				Ausfuhr			
	Mengen in dz		Wert in 1000 Lire		Mengen in dz		Wert in 1000 Lire	
	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929
Generatoren	24 173	20 936	43 341	47 605	16 745	27 936	22 693	34 912
Akkumulatoren und Teile	2 165	7 640	2 972	7 815	3 261	1 938	3 515	1 872
Transformatoren	3 402	4 855	5 452	7 667	870	2 595	837	1 942
Meßinstrumente	279	372	4 193	5 784	14	35	130	264
Elektrizitätszähler	2 776	2 172	11 177	8 646	110	160	293	377
Telegraphen- und Fernsprechapparate	5 606	6 869	53 045	67 938	279	255	1 430	1 099
Radiogerät	3 021	3 578	30 201	75 574	363	318	1 224	2 001
Verschiedene elektrische Vorrichtungen	24 317	23 445	72 295	71 684	7 305	8 369	10 060	13 752
Ofenelektroden	35 533	41 896	11 231	11 913	2 524	3 001	490	395
Lampenbrennstifte	1 709	1 954	3 532	3 949	24	95	43	45
Bogenlampen	8	13	57	57	—	3	—	19
Glühlampen	5 457	4 144	39 798	32 640	2 106	1 393	7 362	8 533
Glaskolben dazu	3 947	4 587	3 075	5 534	2	3	2	3
Isolierrohre	51	65	36	53	175	170	303	181
Porzellanisolatoren	4 345	3 249	3 048	2 333	2 695	3 376	1 483	1 931
Glasisolatoren	372	58	194	46	36	84	21	48
Isolierte Drähte	1 703	1 326	3 108	1 709	3 916	4 751	4 984	6 003
Isolierte Kabel	2 549	2 299	2 902	2 595	40 417	36 869	17 431	17 008
Summe			289 657	353 542			72 300	90 385

Aus der Geschäftswelt. — Bei guter Beschäftigung konnte sich die Sachsenwerk, Licht- und Kraft-AG., Niedersedlitz, 1929 den gleichen Umsatz wie 1928 schaffen, wenn auch nicht eine Fortsetzung der in den beiden Vorjahren erzielten erheblichen Steigerung. Hauptsächlich haben die Stromversorgungsunternehmen der öffentlichen Hand ihre Bestellungen, u. zw. vorwiegend aus Kapitalmangel, vermindert. Der Ausfall ließ sich aber durch erhöhte Umsätze in anderen Geschäftszweigen, so auch im Export, ausgleichen. Für Steuern und soziale Lasten mußte die Gesellschaft annähernd 13 % des dividendeberechtigten Kapitals aufwenden. Die hierdurch und durch Steigerung der Tarifgehälter verursachte Mehrbelastung mittels höherer Preise zu kompensieren, ließ der verschärfte Wettbewerb nicht zu. Wie der Vorstand ferner bemerkt, werden sich, von der verstärkten Durchführung aller Sparmaßnahmen abgesehen, weitere Vorteile aus der der G.V. vorgeschlagenen Fusion mit der Pöge Elektricitäts-AG. und dem Arbeitsabkommen mit der AEG[1] voraussichtlich in den folgenden Jahren ergeben. Unter den gelieferten Wasserkraftgeneratoren werden zwei vertikale Maschinen von je 2900 kVA und ein Generator zu 1700 kVA für die Talsperre Kriebstein genannt, so dann zwei vertikale Stromerzeuger von je 6600 kW für das in ein Pumpspeicherwerk umgewandelte Leitzachwerk der Städtischen Elektrizitätswerke München. Die größten von der Gesellschaft bisher ausgeführten Maschinen sind zwei Generatoren zu je 27 000 kVA für die Pumpspeicheranlage Niederwartha, für die die Berichterstatterin außerdem die beiden Schaltanlagen (100 und 20 kV) geliefert hat. Auch die elektrische Ausrüstung eines bedienungslosen Kraftwerks für die Ruhrstaustufe Hengstey II sei hier angeführt. Erheblich gestiegen ist der Umsatz in Drehstrommotoren mit Käfig- und Doppelkäfiganker. Eine weitgehende Erhöhung der Leistungsgrenzen für Drehstrommotoren mit einfachem Käfiganker ist dem Sachsenwerk mit Hilfe einer besonderen Anlaufschaltung gelungen. Erfreulich zugenommen hat das Geschäft in Straßenbahnausrüstungen. Die Transformatorenfabrik verdankte ihre Beschäftigung wesentlich wieder der Herstellung großer Einheiten bis 50 000 kVA bei 100 kV. Die Grenzen der Wirtschaftlichkeit, die, wie der Vorstand bemerkt, nach alter Auffassung den Freiluftschaltanlagen nur den Bereich hoher Spannungen übrig ließen, konnten vollständig beseitigt werden. Rohüberschuß: 8 572 836 RM (8 339 196 i. V.), Reingewinn: 1 247 665 RM (1 427 021 i. V.), Dividende: wieder 7,5 % auf 11 Mill RM Stammaktienkapital. — Bei den Bayerischen Elektricitäts-Werken, München, hat sich 1929 der Anschlußwert der Elektrizitätswerke um 8 %, die nutzbare Stromabgabe um 11 % erhöht. Den Umsatz der Fabrik konnte die Gesellschaft zwar nahezu aufrecht erhalten, jedoch nur unter unvermeidlichen Preisopfern. Die Spezialmaschinen wurden weiter entwickelt. In Motoren und Transformatoren liegen die Preise und Absatzmöglichkeiten weiter ungünstig. Rohgewinn und sonstige Einnahmen: 1 396 114 RM (1 456 083 i. V.), Reingewinn: 290 897 RM (287 407 i. V.), Dividende: wieder 6 % auf 4 Mill RM Aktienkapital. — Die Deutsch-Atlantische Telegraphengesellschaft, Berlin, hat 1929 (1. XI.) das wieder hergestellte Kabel Emden—Vigo dem Betrieb übergeben, das an letzterem Platz Anschluß an das Kabelnetz der Eastern Telegraph Co. besitzt, und über das der Telegrammverkehr mit Spanien, Portugal und den meisten Mittelmeerländern sowie nach Südamerika, Afrika, Asien und Australien geleitet wird. Der Dienst des Azorenkabels ist durch Unterbrechung von Kabeln zwischen Europa und Nordamerika infolge eines Seebebens an der amerikanischen Küste beeinflußt worden, das 10 der Nordamerika mit Europa verbindenden 21 Kabel außer Betrieb setzte. Der Verkehr hat im Berichtsjahr wesentlich zugenommen, die Zahl der beförderten gebührenpflichtigen Wörter ist gegenüber dem Vorjahr um rd. 4,9 Millionen gestiegen. Diese Erhöhung hat, da der neue Verkehr fast ganz aus Telegrammen zu ermäßigter Gebühr besteht, die Einnahmen nicht nennenswert gesteigert. Von der vorteilhaften Zulassung der beliebig zusammengesetzten fünfbuchstabigen Codewörter wird von der Geschäftswelt bisher nur geringer Gebrauch gemacht. Einnahmen: 4 883 467 RM (4 704 755 i. V.), Reingewinn: 877 350 RM (769 011 i. V.), Dividende: 8 % auf 7,09 Mill RM Stammaktienkapital (7 % i. V.). In der G.V. wurde u. a. auf den Verkauf des von früher her noch bestehenden Besitzes von Aktien der Cia. Telegrafica-Telefonica del Plata an S & H hingewiesen.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1428.

[1] Wir kommen auf diese Transaktion zurück.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 26: Wer stellt Rundkontakte für Frisiereisenwärmer her?

Frage 27: Wer fertigt Drahtspanner an, mit denen Freileitungen von einem Mann gespannt werden können?

Berichtigung.

In dem Rundschau-Bericht „Funkenstreckenform und Öl-Durchschlagspannung" in H. 23 der ETZ 1930 auf S. 817 muß es in der Quellenangabe am Schluß (rechte Spalte, Zeile 12/13) heißen: Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 9 . . . . . (also nicht Bd. 2).

Abschluß des Heftes: 14. Juni 1930

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Kabelabschluß am Freileitungsmast.

Mitteilung der AEG.

Beim Übergang vom Kabel auf die Freileitung müssen die Kabelenden gegen alle Witterungseinflüsse durch besondere Endabschlüsse gut geschützt werden. Je nach Art der Kabel und der Höhe der Betriebspannung ist die Ausführung dieser Abschlüsse verschieden. Die von der AEG für Hochspannungskabel ausgeführten Bauarten, insbesondere die in letzter Zeit entwickelten Neuerungen, sollen hier beschrieben werden.

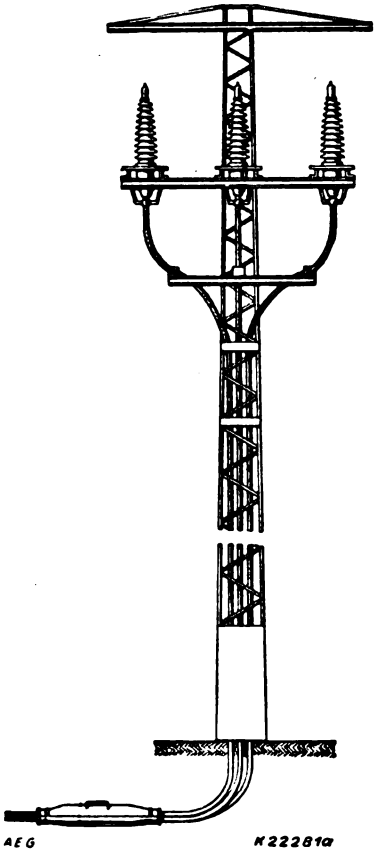


Abb. 1. Überführung eines metallisierten Dreileiterkabels auf Freileitung.

Für normale Dreileiterkabel mit Gürtelisolation, die im allgemeinen nur noch für Spannungen bis höchstens 20 kV Verwendung finden, ist als Abschluß der Dreiphasen-Endverschluß am besten geeignet.

Bei metallisierten (H-)Kabeln, die für höhere Spannungen angefertigt werden, können gleichfalls Dreiphasenendverschlüsse Verwendung finden, doch ist der Einbau von Einphasen-Endverschlüssen im allgemeinen vorzuziehen. Der Dreiphasenendverschluß wird wegen seines hohen Gewichtes meist nahe am Mast angebracht, dagegen können die Einphasenendverschlüsse, die einzeln etwa

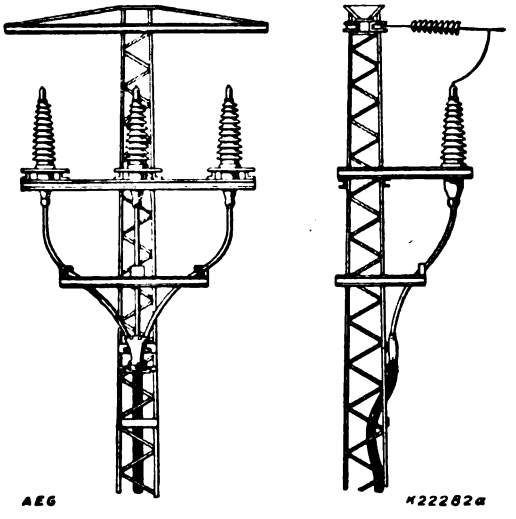


Abb. 2. Überführung eines metallisierten Dreileiterkabels auf Freileitung.
Aufteilung durch ein Dreimantelkabel.

den dritten Teil des Dreiphasenendverschlusses wiegen, auf verhältnismäßig leichten Traversen am günstigsten Platz mit senkrecht stehenden Isolatoren in der gewünschten Phasenfolge angeordnet werden.

Zum Einbau der Einphasenendverschlüsse ist das metallisierte Dreileiterkabel in drei Einleiterkabel aufzuteilen. Die Aufteilung erfolgt derart, daß an die letzte Verbindungsmuffe drei Einleiterkabel angeschlossen werden. Diese können entweder einzeln mit Aluminiumdrähten bewehrt oder verseilt und gemeinsam mit Eisen bewehrt als Dreimantelkabel am Mast hochgeführt werden. Die erstgenannte Ausführung wird man z. B. wählen, wenn das Dreimantelkabel so schwer ausfallen würde, daß das Hochziehen am Mast Schwierigkeiten bereitet.

Die Abb. 1 und 2 zeigen den Endabschluß eines metallisierten Kabels, das in drei Einleiterkabel aufgeteilt worden ist. Nach Abb. 1 werden die drei Einleiterkabel einzeln hochgeführt, nach Abb. 2 werden sie verseilt und gemeinsam bewehrt als Dreimantelkabel bis zu einer die Bewehrung abschließenden Endschelle geführt, von der aus die Einzeladern getrennt zu den Endverschlüssen gehen.

Die AEG stellt Freiluft-Einphasen-Endverschlüsse auch mit eingebautem Stromwandler (DRP angemeldet, DRGM) her, so daß es möglich ist, an der Übergangsstelle vom Kabel auf die Freileitung die Größe der Belastungsströme festzustellen und an die Wandler-Relais zum Kabelschutz anzuschließen (Abb. 3).

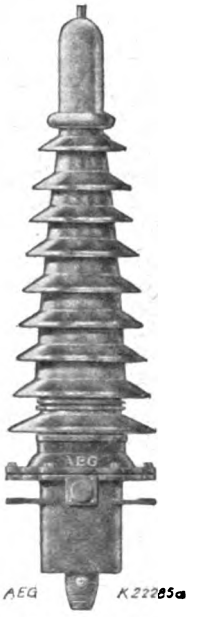


Abb. 3. Freiluft-Einphasen-Endverschluß mit Stromwandler (DRP angemeldet und DRGM), Nennspannung 100 kV.

Für Dreimantelkabel, die, wie bei der Aufteilung der metallisierten Kabel beschrieben, gewöhnlich mit drei Einphasenendverschlüssen abgeschlossen werden, führt die AEG für Sonderfälle noch eine neue Art des Abschlusses aus in Form eines Dreiphasen-Flachendverschlusses (DRP angemeldet und DRGM Abb. 4).

Das eigentliche mit Vergußmasse gefüllte Endverschlußgehäuse nimmt nur den oberen Teil in Anspruch, während im unteren Teil die Aufteilung der einzelnen verbleiten Adern erfolgt. Dieser Gehäuseteil dient zum Abschluß der Bewehrung u. als Schutzgehäuse und wird nicht mit Isoliermasse gefüllt. Ober- und Unterteil sind durch eine mit drei Einführungsbuchsen versehene Abschlußplatte getrennt und miteinander verschraubt. Die Einführungsbuchsen stehen weit auseinander, so daß der Monteur imstande ist, die Lötwulst einwandfrei auszuführen.

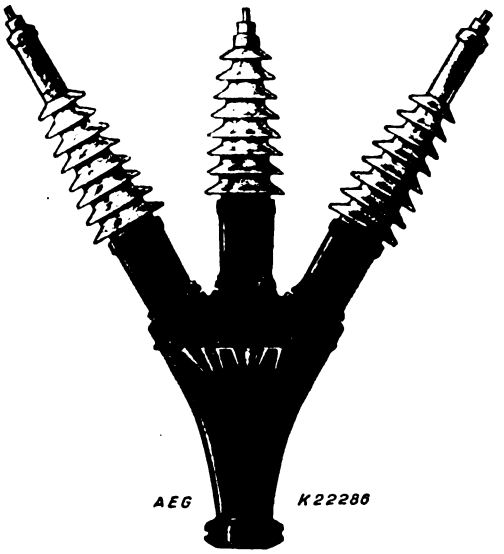
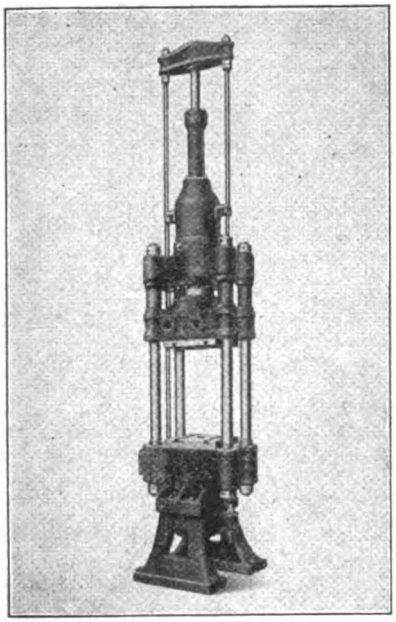


Abb. 4. Freiluft-Dreiphasen-Endverschluß für Dreimantelkabel (DRP angemeldet und DRGM), Nennspannung 30 kV.

Digitized by Google

Komplette hydraulische Preßanlagen



für
Bakelite
und andere
Isolierstoffe,

druckwasser-sparende Einrichtungen,

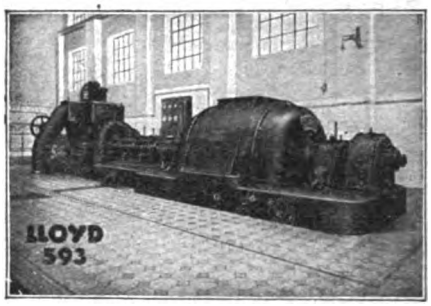
automatische Steuerungen,

Preßformen in Präzisionsausführung nach eigenem Verfahren

Niederrheinische Maschinenfabrik Becker & van Hüllen A.-G., Krefeld

Telefon 25281 und 25236 · Telegramm-Adresse: Bekhülle

LLOYD



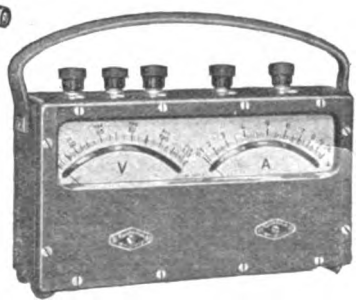
TURBOGENERATOR
2500 kVA, 550 Volt, 3000 U.p.M.

Turbogeneratoren
bis zu den größten Leistungen

LLOYD DYNAMOWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BREMEN

„Kiesewetter-Kurbel-Induktoren" für Isolationsmessungen

Tragbare Volt-Amperemeter für Kontrollmessungen



Laboratoriums-Instrumente, Schalttafel-Instrumente

Excelsiorwerk RUDOLF KIESEWETTER
Leipzig 2 C.1.

ISOLIERMATERIAL

NEOLITWERK
· AKTIENGESELLSCHAFT · DESSAU ·

Digitized by Google

E T Z 1930

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

INHALT

25 Jahre Schriftleiter der ETZ. Von K. Strecker. 921

Thermische Vorgänge in papierisolierten Hochspannungskabeln bei wechselnder Belastung. Von M. Weiset. 922

Praktische Berechnungsmethoden für den Stoßkurzschlußstrom von Drehfeldmaschinen. Von P. Jacottet und F. Ollendorff. 926

Das Rosenthal-Hochvolthaus für 2000 kV gegen Erde. Von K. Draeger. 933

Die amerikanische Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1929. Von A. Hamm. 937

Rundschau:

Elektro-Porzellan, Herstellungsgang und Konstruktionsbeispiele für Niederspann.-Preßteile. 940 — Betriebsbeobacht. am Einzelachsantrieb. 941 — Sechswagenzug d. Straßenbahn Zürich—Oerlikon—Seebach. 941 — Störungen b. Betrieb v. 1500 V-Bahn-Spannungsumform. 941 — Regelungsprinzip für Kaskadenschalt. v. Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kommutatormaschinen. 942 — Über den Einfluß der Gase im Glas auf lichttechn. Fragen. 942 — Elektrischer Kesselregler. 943 — Schlagwettersicherheit d. el. Lokomotivförd. 943 — Maße und Leistungen der Elektrolichtbogenöfen. 944 — Beratungs-Sprechverkehr (Konferenztelephonie) in Krankheitsfällen. 945 — Versuche mit einem neuen Pupinisierungssystem mit erhöhter Grenzfrequenz und mit Phasenausgleich. 946 — Zerleg. eines unsymmetrischen Dreiphasensystems in zwei symmetrische. 947 — Theorie des Nordlichtes und der magnet. Stürme. 947 — Transformatorensatz für 1 Mill V gegen Erde. 947 — Spulen, Wanderwellen und Kathodenoszillograph. 948 — Installateur-Fortbildungskursus. 948 — Energiewirtschaft. 948

Vereinsnachrichten. 949 — **Bekanntmachung des VDE.** 949

Sitzungskalender. 950

Persönliches. K. Kurda, G. Jeratsch. 950

Literatur: W. Stiel, H. Geiger u. K. Scheel. 950 — Eingegang. Doktordissertationen. 951

Geschäftl. Mitteilungen. 952

Bezugsquellenverzeichnis. 952

Porzellanfabrik zu Kloster Veilsdorf

Veilsdorf (Werra)

Gegründet 1765, Aktiengesellschaft seit 1884

Werke in
Kloster Veilsdorf, Eisfeld, Brattendorf, Meuselwitz u. Kronach i. Bay.

Freileitungsisolatoren, Montage- und Installations-Porzellan für Hoch- und Niederspannung, technische Porzellane aller Art

Prüfanlagen bis 500 000 Volt, eigene Versuchslaboratorien, neuzeitlich eingerichtete Matrizen-Werkstätten

Wir führen alle vom VDE genormten Porzellanteile

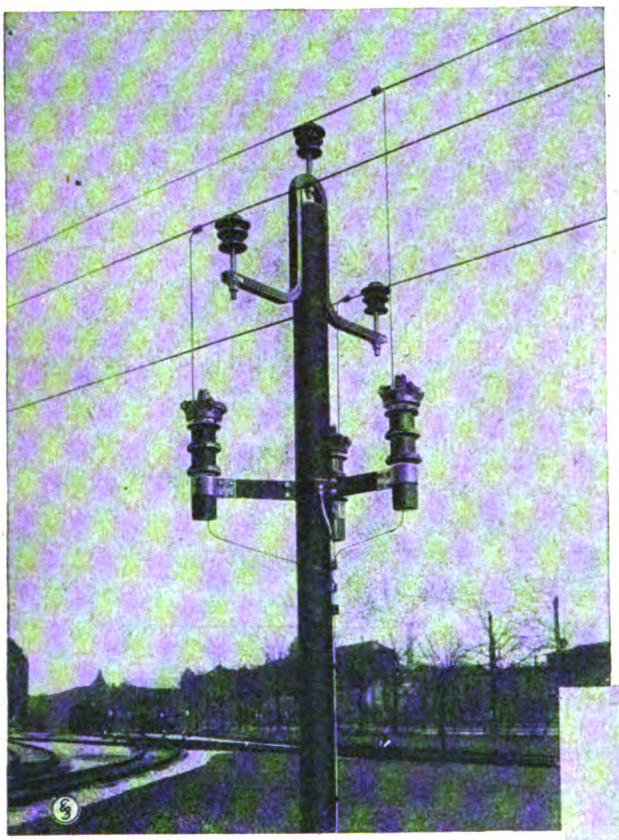
26. HEFT · 51. JAHRGANG · IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

(921-952) **26. Juni 1930**

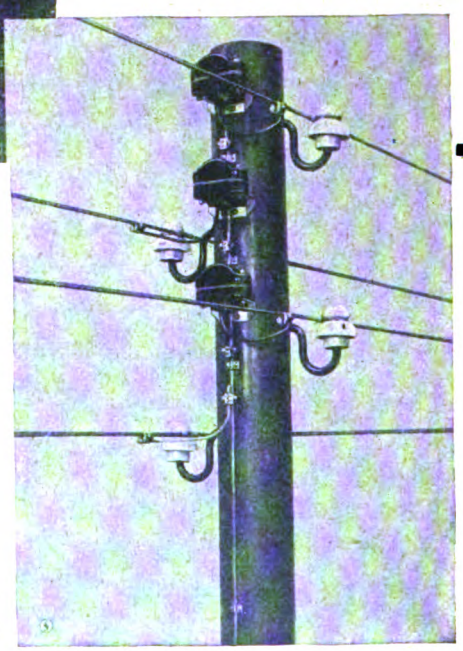
Digitized by Google

Kathodenfall-Ableiter

Überspannungs-Schutzgerät für Wechselstromnetze



für Hochspannungs-Anlagen bis 15 kV



für Niederspannungs-Anlagen

SIEMENS-SCHUCKERT

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

51. Jahrgang | Berlin, 26. Juni 1930 | Heft 26

25 Jahre Schriftleiter der ETZ.

Von K. Strecker, Heidelberg.

Am 1. Juli werden 25 Jahre verflossen sein, seit Herr E. Conrad Zehme die Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift übernommen hat.

Das erste Gefühl, welches diese Nachricht in jedem Leser der Zeitschrift auslöst, ist — davon bin ich überzeugt — Bewunderung und Dank; Bewunderung für die Zielsicherheit, Beharrlichkeit und Kraft, mit der Herr Zehme die ETZ zu der in der ganzen technischen Welt hochgeachteten Fachzeitschrift entwickelt hat, Dank für seine vollkommene Hingabe an dieses Werk, das Werk seines Lebens.

Den Dank fühlen alle Leser der ETZ; ich darf, auch ohne besonderen Auftrag, ihn hier aussprechen. Indes sind es nicht nur die einzelnen Leser, welche danken. Es ist noch besonders ihre Zusammenfassung, der Verband Deutscher Elektrotechniker mit vielen angeschlossenen Vereinen, unter denen der Elektrotechnische Verein, der Begründer der Elektrotechnischen Zeitschrift, besonderen Anlaß zum Dank hat; ihre Blüte, sowohl im geistigen wie im materiellen Sinne, ist wesentlich auf dem Gedeihen der ETZ begründet. Und es dankt schließlich der Verlag Julius Springer, der während dieser langen Zeit mit Herrn Zehme in schöner Eintracht gearbeitet hat.

E. Conrad Zehme wurde 1863 in Barmen geboren; er besuchte das Gymnasium seiner Vaterstadt und anschließend von 1882 an die höhere Gewerbeschule. Seine Neigung gehörte der Technik, und es war ein glücklicher Umstand, daß der Direktor der Gewerbeschule sein eigener Vater war, der unter solchen Umständen die Studien des Sohnes aufs beste fördern konnte. Besuch zahlreicher industrieller Werke der Heimat, Werkstattarbeit in allen Ferien vertieften seine Kenntnisse und Fertigkeiten.

Die Elektrotechnik war schon damals das Ziel seines Strebens. Nach Abschluß der Schulbildung wandte er sich um Rat brieflich an Werner v. Siemens; es ist ein schönes Zeugnis für die Herzensgüte dieses großen Mannes, daß er dem jungen Studenten ausführlichen Rat gab und ihm einen Ausbildungsgang vorzeichnete, der darauf hinausging, zunächst praktisch zu arbeiten, dann eine Technische Hochschule zu besuchen und sich eine Zeitlang im technischen Büro einer Maschinenfabrik zu betätigen.

Dieser Plan wurde mit Hilfe des Vaters ins Werk gesetzt. Conrad ging, nachdem er ein Jahr lang in der Märkischen Maschinenbauanstalt zu Wetter a. d. Ruhr praktisch gearbeitet hatte, nach Karlsruhe, wo schon der Vater studiert hatte; er mußte aber (es war 1885) seinen Lehrgang selbst zusammenstellen. Unter seinen Lehrern waren Grashof und Heinrich Hertz. Dem Besuch der Hochschule folgte eine länger dauernde Beschäftigung in dem Konstruktionsbüro der Sächsischen Maschinenfabrik (Rich. Hartmann) in Chemnitz, Dampfkessel- und Dampfmaschinenbau, womit auch auswärtige Garantieversuche und Abnahmen fertiger Anlagen verbunden waren.

Während der Chemnitzer Zeit wurde Zehme (1888) Mitglied des Elektrotechnischen Vereins. 1890 verließ er Chemnitz, da sich ihm Gelegenheit bot, bei Schuckert in Nürnberg einzutreten, wo er mit dem Entwurf, der Bauleitung und Abnahme des maschinellen Teils von Elektrizitätswerken beschäftigt wurde. Damals entstand sein erster Aufsatz für die ETZ über die Dampfmaschinen für elektrische Zentralstationen (ETZ 1892, S. 329, 339, 361). Nun trat Zehme in das Schuckertsche Büro für Elektromaschinenbau über und übernahm 1893 als Oberingenieur das neugegründete Büro für elektrische Bahnen, wo er mit allen Zweigen der Starkstromtechnik in Fühlung kam.

Die Jahre in Chemnitz und Nürnberg waren eine Zeit des eindringlichsten unausgesetzten Lernens; man las alle guten Aufsätze und Bücher der Fachgenossen, sah vieles auf Reisen und machte durch die eigene Arbeit viele und gründliche Erfahrungen. Daneben hatte der planende und bauende Ingenieur noch die Verantwortung für die eigene Tätigkeit. Als Ergebnis dieser beruflichen Tätigkeit veröffentlichte Zehme von 1898 an in dem Buch „Eisenbahntechnik der Gegenwart" die Abschnitte über elektrisches Eisenbahnwesen und 1903 ein eigenes Handbuch aus demselben Gebiet. In diesem Jahr ging die Bahnabteilung des Schuckertwerkes mit der ganzen Starkstromabteilung in den Siemens-Schuckertwerken auf, was den Übertritt Zehmes zu dieser Firma zur Folge hatte; er wurde bevollmächtigter Oberingenieur. 1904 trat er aus den Siemens-Schuckertwerken aus und habilitierte sich an der Technischen Hochschule in Berlin für den Bau elektrischer Eisenbahnen.

In diesem Jahr (1904) kam ich zum erstenmal mit Zehme in Verbindung. Das Telegraphen-Versuchsamt war beauftragt worden, Ausbildungskurse für die höheren Telegraphenbeamten einzurichten, wozu auch Unterricht und Übung im Konstruieren und Zeichnen gehörten; diesen Teil übernahm Zehme und widmete sich ihm mit voller Hingabe. Als nun 1905 Gisbert Kapp, der damalige Schriftleiter der ETZ, einem Rufe als Professor nach Birmingham folgte, wurde diese Stelle Zehme angeboten, der sie annahm und dann natürlich auf die zeitraubende Erteilung des Unterrichts beim Telegraphen-Versuchsamt verzichten mußte. Die Lehrtätigkeit an der Technischen

Digitized by Google

Hochschule hingegen gab Zehme erst später auf, nachdem er sie 40 Semester lang ausgeübt hatte.

Gisbert Kapp war nicht nur Schriftleiter der ETZ, sondern auch Generalsekretär des VDE gewesen. Diese zweite Tätigkeit konnte Zehme nicht auch noch übernehmen. Der Erfolg hat gezeigt, daß es weise war, die Ämter zu trennen; jedes von ihnen erforderte die ungeteilte Arbeitskraft eines arbeitsfreudigen und leistungsfähigen Mannes.

Das Amt, das Zehme nun übernahm, stellte die höchsten Anforderungen an seinen Träger. Hochspannung, gewaltige Vergrößerung der Elektromaschinen und vieler Apparate, Bau großer Kraftwerke und Verteilungsnetze, die Elektrizitätswirtschaft, die außerordentlichen Erweiterungen des Fernmeldewesens, die Vertiefung der wirtschaftlichen Betrachtungen über Aufgaben und Ziele der Elektrotechnik fördern die schriftstellerischen Leistungen zu einem früher nicht geahnten Umfang, und dem Schriftleiter erwächst ein unausgesetzter Kampf mit der herandrängenden Flut beschriebenen Papiers, der Rücksicht auf den beschränkten Raum der Zeitschrift und dem Bedürfnis des Lesers. Aber trotz dieses überreichlichen Angebots von gutem Stoff an Aufsätzen, von denen leider stets sehr viele zurückgewiesen werden müssen, fordert die Schriftleitung oft einzelne Fachgenossen auf, sich zu bestimmten, von anderer Seite nicht bearbeiteten Gegenständen zu äußern; Lücken in der Behandlung des Stoffgebietes dürfen nicht auftreten.

So sehen wir Herrn Zehme in seiner Tätigkeit als Schriftleiter. Eindringende und umfassende Kenntnis des ganzen Gebietes, unermüdliche Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt in der Auswahl des sich bietenden Stoffes, seine Ergänzung zu gleichmäßiger Beachtung aller Teilgebiete zeichnen seine Tätigkeit aus.

Möge Herr Zehme mit ungeschwächter Kraft noch lange die ETZ auf der Bahn weiterleiten, die er während dieser 25 Jahre eingehalten hat, möge er noch lange wie bisher seines Amtes walten!

Thermische Vorgänge in papierisolierten Hochspannungskabeln bei wechselnder Belastung*.

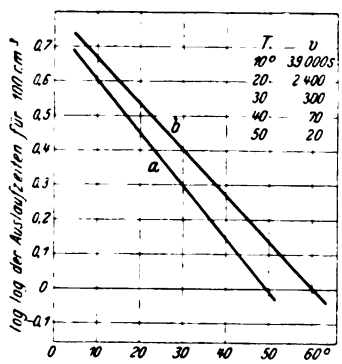
Von Dr.-Ing. **M. Weiset**, Berlin.

Übersicht. **Bei einem strombelasteten Kabel fließt die im Leiter entstehende Wärme in Richtung des Temperaturgefälles durch die getränkten Papierschichten zum Bleimantel und dann zur Umgebung ab. Dieser Vorgang bedingt Veränderungen in der Dichteverteilung der Tränkmasse im Kabel derart, daß bei Abkühlung die Masse zum Bleimantel wandert und in den Schichten an der Leiteroberfläche Hohlräume entstehen können. Die für diese Vorgänge maßgebenden Faktoren werden klargelegt und es werden die Mittel erörtert, welche geeignet sind, die Vorgänge selbst und ihre Folgen zu vermeiden.**

Es ist eine bekannte Erfahrung, daß Durchschläge in stark belasteten Hochspannungs-Kabelstrecken häufig gerade nach längeren Betriebspausen beim Wiedereinschalten oder kurze Zeit danach auftreten. Diese Erscheinung steht im Gegensatz zu der Tatsache, daß die Durchschlagfestigkeit des bei Hochspannungskabeln üblichen Isoliermittels, des getränkten Papiers, mit fallender Temperatur eher zunimmt, zum mindesten aber nicht abnimmt. Bei einem längere Zeit abgeschalteten und daher gut abgekühlten Kabel wäre daher eher eine höhere elektrische Festigkeit zu erwarten als bei einem belasteten, also betriebswarmen Kabel. Man muß demnach annehmen, daß Erwärmung und Abkühlung Vorgänge in den Isolierschichten zur Folge haben, welche die Struktur des Dielektrikums und seine elektrischen Eigenschaften ungünstig zu beeinflussen vermögen. Die nähere Betrachtung dieser Vorgänge ist Zweck der folgenden Ausführungen.

Der praktisch in Frage kommende relativ geringe Schwankungsbereich der Temperatur schließt irgendwelche Einwirkungen chemischer Natur auf das Isoliermittel aus. Die Ursache der Veränderung kann in ihrem Wesen nur physikalischer Art sein, u. zw. liegt sie in den thermischen Eigenschaften des Papiers und seiner Tränkmasse, insbesondere in der Ausdehnung bei Erwärmung und in der Kontraktion bei Wiederabkühlung. Die Volumenzunahme der Papierfaser bei Erwärmung ist gering, kleiner als 0,01 % je Grad Celsius, und wirkt sich praktisch kaum aus. Dagegen ist die thermische Ausdehnung der als Tränkmasse geeigneten flüssigen bzw. halbflüssigen Massen, in der Regel Öle oder Mischungen von solchen mit Harzen, praktisch nicht bedeutungslos. Sie beträgt 0,08 ... 0,1 %/° C, so daß eine Temperaturänderung von 25 ° bereits eine Volumenänderung von 2 ... 2,5 % verursacht. Werden Papier und Masse zusammen erwärmt, so muß bei dem erheblichen Unterschied in den Ausdehnungskoeffizienten die Masse teilweise aus den Poren des Papiers austreten und bei Abkühlung wieder zurückfließen. Jede Belastungsänderung im Kabel ist demnach mit einer relativen Bewegung zwischen Papierfaser und Tränkmasse verbunden. Beide zusammen stellen ein temperaturempfindliches System dar derart, daß das Volumenverhältnis Papier zu Masse nicht konstant bleibt; es ist eine Funktion der im Kabel entstehenden Wärmemengen und der Abkühlungsmöglichkeiten.

Die Art der Bewegung der Tränkmasse und die Dauer des Fließvorganges bis zur Anpassung an einen neuen Temperaturzustand sind dabei von den Eigenschaften des Papiers, der Art seiner Schichtung im Kabel, seiner Dichtigkeit usw., in erster Linie jedoch von der Viskosität der Tränkmasse abhängig. Diese aber wird in hohem Maße von der Temperatur beeinflußt, die ihrerseits im Kabel nicht konstant ist, so daß die Ausgleichvorgänge verwickelter verlaufen als es zunächst den Anschein hat.



a Kabelisolieröl
b „ mit 20 % Harz

Abb. 1. Viskositätsänderung von Kabeltränkmassen mit der Temperatur.

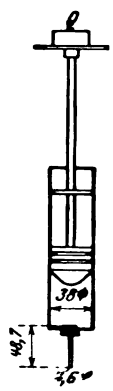


Abb. 2. Viskosimeter für Kabeltränkmassen.

In Abb. 1 ist die Temperaturabhängigkeit der Viskosität eines Kabelisolieröles (*a*) und einer Mischung dieses Öles mit 20 % Harz (*b*) dargestellt. Als Ordinaten sind die Logarithmen der Logarithmen der Zeiten in Sekunden aufgetragen, welche 100 cm³ zum Fließen durch eine gut definierte Öffnung brauchen. Bemerkenswert ist, daß bei dem gewählten Maßstab die Meßpunkte recht genau in eine gerade Linie fallen, in Übereinstimmung mit der Gesetzmäßigkeit, die Walther[1] bei einer Reihe anderer Öle festgestellt hat. Wie die in Abb. 1 beigefügten Zahlen zeigen, ist der Temperatureinfluß auf die Viskosität größer als die Kurven bei der Eigenart des Ordinatenmaßstabes auf den ersten Blick erkennen lassen. Beispielsweise bewirkt eine Temperatursteigerung von 10 ° auf 30 °, also um nur 20 °, bei der Tränkmasse Kurve *b* bereits eine Senkung von 39 000 auf 300, also im Verhältnis von 130 : 1.

Der für die Messungen benutzte Apparat ist in Abb. 2 dargestellt. Er besteht aus einem Metallzylinder mit unten eingesetztem Glasröhrchen und gut eingeschliffenem Kolben, der durch ein Gewicht *Q* so belastet wurde, daß die zu prüfende Masse unter einem Druck von 0,1 kg/cm² stand. Die Dimensionen sind dem für den vorliegenden Zweck in Frage kommenden Meßbereich angepaßt. Die Werte sind zwar mit denen anderer Instru-

* Nach einem Vortrag, gehalten auf der Kölner Tagung der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen am 8. IV. 1929.

[1] Walther, Erdöl u. Teer Bd. 4, S. 510 (1928).

Digitized by Google

mente nicht ohne weiteres vergleichbar, lassen aber den Charakter der Temperaturabhängigkeit, auf den es hier ankommt, klar erkennen.

In einem belasteten Kabel ist die Temperatur in den Isolierschichten nicht konstant, sondern fällt von einem Höchstwert am Leiter zu einem kleinsten Wert am Bleimantel ab. Dabei ist die Temperaturverteilung von der Wärmeleitfähigkeit der Isolierschichten, der Wärmeabgabe des Bleimantels an die Umgebung, besonders aber von der geometrischen Lage des Mantels zu den Wärmeherden, den Leitern, abhängig; die Bauart des Kabels ist infolgedessen von erheblichem Einfluß. Verhältnismäßig leicht zu verfolgen sind die Vorgänge bei einem Einfachkabel, bei welchem ja Leiter und Mantel konzentrisch zueinander liegen. Es sei vorausgesetzt, daß das Kabel einwandfrei getränkt und hinreichend frei von Feuchtigkeits- und Gasresten ist, eine Forderung, welche neuzeitliche Fabrikationsverfahren unschwer zu erfüllen vermögen. Weiter sei angenommen, daß in Muffen und Endverschlüssen keine besonderen Ausdehnungsräume vorhanden sind, die Tränkmasse sich also in der ganzen Kabelstrecke in einem allseitig abgeschlossenen, von ihr restlos ausgefüllten Raume befindet. Die thermischen Vorgänge, die sich in einem solchen Kabel abspielen, sind dann kurz folgende.

Bei der ersten Belastung nach der Verlegung steigt die Temperatur im Verlauf einiger Stunden langsam an. Die Tränkmasse dehnt sich aus und sucht ein größeres Volumen einzunehmen als ihr zur Verfügung steht. Ihre Kompressibilität ist wie die fast aller Flüssigkeiten sehr gering. Die Drucksteigerung infolge der Ausdehnung ist daher bedeutend und beträgt, da die geringe thermische Ausdehnung des Bleimantels praktisch kaum eine Rolle spielt, bei einer Temperaturerhöhung von beispielsweise nur 20 ° bereits etwa 100 kg/cm². Bei diesen inneren Drücken wird die Fließgrenze des Bleies weit überschritten. Der Mantel wird aufgeweitet, d. h. sein Durchmesser wird größer, bis ein Druckausgleich erreicht ist. Eine Bewehrung des Kabels mit Bandeisen oder Draht vermag diese Aufweitung nicht zu verhindern, denn erstere liegt nicht dicht auf dem Mantel auf, sondern ist von ihm in üblicher Weise durch eine elastische Juteschicht getrennt. Wird nunmehr das Kabel abgeschaltet, so sinkt die Temperatur der Masse und ihr Volumen wird wieder kleiner. Dabei bleibt aber bei der geringen Elastizität des Bleies die Durchmesserzunahme des Mantels fast im vollen Umfange bestehen. Der Masse steht daher nach dem völligen Wiederabkühlen ein größerer Raum zur Verfügung, mit anderen Worten, ihre Verteilung in den Isolierschichten kann nicht mehr die gleiche sein wie vorher.

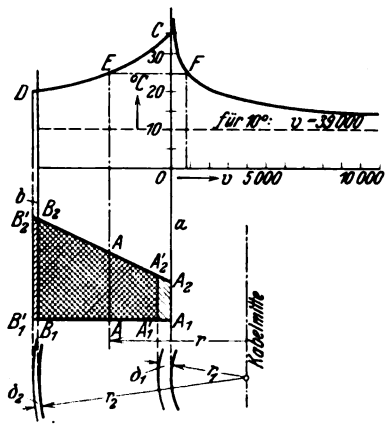
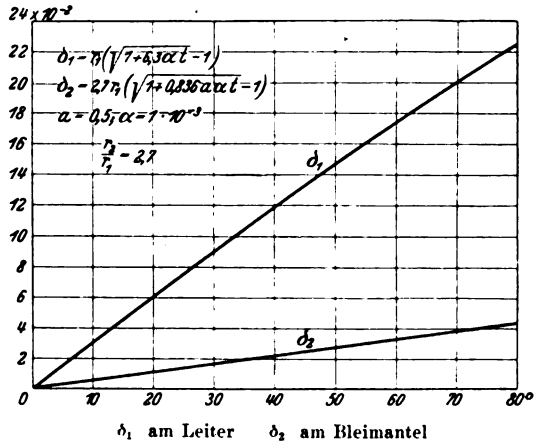


Abb. 3. Radiale Verschiebung der Tränkmasse in einem Einleiterkabel bei Temperaturänderungen.

Dieser Vorgang läßt sich folgendermaßen darstellen. In Abb. 3 bezeichnet a eine Gerade der zylindrischen Leiteroberfläche, b die radial zugeordnete auf der Innenfläche des Bleimantels. Der Raum zwischen a und b entspricht dann der Isolierschicht, deren Dicke durch die Differenz der Mantel- und Leiterhalbmesser $r_2 - r_1$ gegeben ist. Die mengenmäßige Verteilung der Tränkmasse in einem Schnitt senkrecht zur Leiterachse ist durch die schraffierte Fläche $A_1A_2B_2B_1$ angedeutet. Sie wächst infolge der konzentrischen Lage der Schichten in einem einfachen proportionalen Verhältnis von einem kleinsten Wert am Leiter zu einem größten am Mantel.

Das im Erdboden verlegte Kabel möge dessen Temperatur von beispielsweise 10 ° angenommen haben. Wird das Kabel nun erstmalig normal belastet, so steigt die Temperatur im Leiter um 25 ° auf 35 °. Das Temperaturgefälle in der Isolierschicht ist von dem Wärmeübergang vom Mantel zum Erdboden abhängig, also von der Bodenart usw. Im allgemeinen kann man mit einer Übertemperatur des Mantels von etwa 10 ° rechnen, so daß er also 20 ° aufweist. Der Temperaturverlauf in der Isolation möge der Kurve CD entsprechen. Dann gehört zu jedem Punkt dieser Temperaturkurve eine bestimmte Viskosität der Tränkmasse im Kabel an der entsprechenden Stelle der Isolation. Im Abstande r vom Leiter, z. B. bei A, ist die Temperatur (Punkt E) 25 °, die Viskosität (Punkt F) 800; sie ist also dort von 39 000 bei der Ausgangstemperatur von 10 ° auf 800 zurückgegangen. Am Bleimantel ist die Viskosität auf 2400, am Leiter bei 35 ° sogar auf 140 gefallen.

Gleichzeitig erfährt das Volumen der Masse eine Zunahme, die durch die Fläche $B_1B_2B_2'B_1'$ dargestellt sei. Der dabei entstehende Druck weitet den Mantel um den radialen Betrag δ_2 auf. Kühlt das Kabel jetzt wieder langsam ab, so erfolgt die Wärmeabgabe an den umgebenden Erdboden ausschließlich durch den Mantel, d. h. die Temperatur der unmittelbar unter diesem liegenden Schichten sinkt zuerst, gleichzeitig steigt die Viskosität der dort befindlichen Masse stark an. Während sie nach innen zu noch relativ flüssig bleibt, wird sie in den äußeren



δ_1 am Leiter δ_2 am Bleimantel

Abb. 4. Masseverschiebung bei verschiedenen Temperaturen in Prozenten des Leiterhalbmessers.

Schichten mehr und mehr starr und unbeweglich. Im weiteren Verlauf wird die Masse nach innen zu radial fortschreitend steifer und erleidet dabei eine im gleichen Sinne fortschreitende Kontraktion. Sie wird infolgedessen entsprechend ihrem Rückgang auf das Anfangsvolumen von innen nach außen gesogen und nimmt nach vollendetem Temperaturrückgang auf 10 ° den Raum $A_1'A_2'B_2'B_1'$ ein. Das ganze Massevolumen hat gleichsam eine radiale Verschiebung um den Betrag δ_1 erfahren, der der Aufweitung δ_2 des Bleimantels entspricht. Die Folge davon ist eine Entblößung oder zum mindesten eine Verarmung an Tränkmasse in der Schicht δ_1, mit anderen Worten, dort müssen Hohlräume entstehen. Da nun aber gerade die Schichten am Leiter der höchsten dielektrischen Beanspruchung ausgesetzt sind, bilden Hohlräume dort ein besonderes Gefahrenmoment, denn dort sind die Vorbedingungen für das Entstehen von Ionisierungserscheinungen in erster Linie gegeben.

Für die Größenordnung der praktischen Auswirkung dieser Vorgänge geben folgende Beziehungen einen ungefähren Anhalt. Es sei α der Ausdehnungskoeffizient der Tränkmasse, a der räumliche Anteil der Masse an dem gesamten Isolationsvolumen Papier + Masse und t die mittlere Übertemperatur der Isolation in dem belasteten Kabel. Außerdem sei $r_2/r_1 = 2{,}7$ ein Verhältnis, das bekanntlich bei Höchstspannungskabeln fast stets wenigstens annähernd eingehalten wird, da es den kleinsten Kabelquerschnitt ergibt. Dann wird bei Erwärmung die Mantelaufweitung

$$\delta_2 = 2{,}7\, r_1 (\sqrt{1 + 0{,}836\, a\, \alpha\, t} - 1).$$

In einem gut getränkten Kabel ist bei Verwendung normal saugfähiger Papiere a etwa 0,5, d. h. die Isolation besteht aus ungefähr gleichen Raumteilen Papier und Masse. Für α ist, wie bereits anfangs bemerkt, etwa $1 \cdot 10^{-3}$ zu setzen. Für die Schicht δ_1 am Leiter findet man entsprechend

$$\delta_1 = r_1 (\sqrt{1 + 6{,}3\, \alpha\, t} - 1);$$

sie ist von der Größe des Wertes a unabhängig.

In Abb. 4 sind die bei $a = 0{,}5$ und $\alpha = 1 \cdot 10^{-3}$ sich ergebenden Werte δ_1 und δ_2 in Prozent des Leiterhalbmessers als Funktion der Temperatur aufgetragen. δ_1 und δ_2 wachsen angenähert proportional mit der Temperatur. Wie ersichtlich ist die Aufweitung des Mantels

Digitized by Google

relativ gering, erreicht sie doch selbst bei 80 ° Übertemperatur erst 4 % des Leiterhalbmessers. Wesentlich stärker wirkt aber die Erwärmung auf die Schichten am Leiter. Bei 25 ° Übertemperatur beträgt sie bereits 6 %, bei 50 ° sogar 14 % des Leiterhalbmessers. Da nun die Temperatur im Kabel ungefähr mit dem Quadrat der Stromstärke zunimmt, ist die Gefahr, die in einer längere Zeit andauernden Überlastung liegt, erklärlich. Kurzzeitige, selbst sehr hohe Belastungstöße von der Dauer einiger Sekunden sind dagegen, wie eine einfache Rechnung zeigt, praktisch ungefährlich. Die durch sie bedingte Temperaturerhöhung ist verhältnismäßig gering.

Solange die Leiterdurchmesser und die Isolationsstärken ein gewisses Maß nicht überschreiten, sind, wie aus den Kurven Abb. 4 hervorgeht, die δ-Werte klein und die Hohlraumbildung wirkt sich praktisch nicht merklich aus, wenigstens nicht bei normaler Belastung. Dies gilt für den betrachteten Fall eines Einleiterkabels für Querschnitte bis etwa 120 mm² bei Betriebspannungen bis etwa 60 kV. Bei Mehrleiterkabeln mit gemeinschaftlichem Bleimantel um die Adern liegen allerdings die Verhältnisse ungünstiger, wie wir noch sehen werden. Anders dagegen bei Höchstspannungskabeln, bei denen ja der Leiterdurchmesser nicht mehr nach dem für die Strombelastung erforderlichen Querschnitt allein bemessen werden kann, sondern durch die Höhe des höchsten zulässigen Spannungsgradienten am Leiter, etwa 6 kV/mm, nach unten begrenzt ist. Beispielsweise ergibt sich für ein Kabel für 110 kV Betriebspannung — bei einem Einleiterkabel also rd. 65 kV zwischen Leiter und Mantel — ein minimaler Leiterhalbmesser von 10 ... 11 mm bei 16 ... 18 mm Isolationsstärke. Bei 25 ° Leitertemperatur beträgt dann die gefährdete Schicht am Leiter δ_1 rechnerisch bereits 0,7 mm, bei einer Überlastung um nur 20 % sogar 1 mm. Dabei ist als erschwerend noch folgendes zu beachten. Infolge der Kapillarwirkung der Poren des Papiers wird bei der Kontraktion der Masse ein Teil derselben in den Papierlagen am Leiter zurückgehalten. Dieser Teil wird dann aber, da die Kontraktion in ihrem Ausmaß bestehen bleibt und unter allen Umständen erfolgt, den nach außen angrenzenden Schichten entzogen. In Wirklichkeit ist daher mit fein verteilten Hohlräumen in Zonen zu rechnen, die sicher die doppelte bis dreifache Stärke der Werte haben, die sich aus den vorgenannten Beziehungen zahlenmäßig ergeben.

Daß bei Entlastung und Abkühlung eines Kabels die Hohlraumbildung tatsächlich auftritt, ist experimentell wiederholt nachgewiesen worden. Emanueli hat das Verhalten von Gaseinschlüssen in den Papierschichten untersucht und in einem 66 kV-Kabel bei 35 ° Temperaturabfall eine Hohlraumbildung von 16 cm³ je Meter Kabel festgestellt[2]. Smouroff und Maschkileison haben an einem 20 kV-Kabel bei 25 ° Temperaturabfall 180 mm Hg Unterdruck gemessen und die Beeinträchtigung der Lebensdauer durch Hohlräume nachgewiesen[3]. Sesini kommt auf Grund von Rechnungen, selbst bei der inkorrekten Annahme gleicher Viskosität der Tränkmasse in allen Schichten der Isolation, zu dem Schluß, daß eine Abwanderung der Masse zum Bleimantel stattfinden müsse[4]. Endlich hat Del Mar die Kontraktion der Masse radial von innen nach außen experimentell nachgewiesen und dabei Unterdrücke von 300 ... 500 mm Hg festgestellt[5].

Die technischen Mittel, die geeignet sind, die Hohlraumbildung zu unterdrücken oder unschädlich zu machen, ergeben sich aus den vorstehenden Erörterungen zwangläufig. Sie sind doppelter Natur, erstens solche, die das Isoliermittel selbst betreffen, und zweitens solche, die im konstruktiven Aufbau des Kabels liegen. Zur ersten Gruppe gehören: möglichst kleiner Leiterdurchmesser, möglichst wenig Tränkmasse im Papier und möglichst kleiner Ausdehnungskoeffizient derselben. Nun ist der Leiterdurchmesser durch den für die vorgesehene Stromstärke notwendigen Querschnitt und auch durch den Spannungsgradienten an seiner Oberfläche bedingt, also einer beliebigen Reduktion in den seltensten Fällen zugänglich. Die Ausdehnung der Masse herabzusetzen, besteht ebenfalls wenig Aussicht. Sie ist bei allen bekannten geeigneten Isolierölen von der gleichen Größenordnung und muß daher als gegeben betrachtet werden, solange man auf flüssige oder halbflüssige Isoliermassen angewiesen ist. Dagegen läßt sich durch Verwendung besonderer, durch Pressen oder Walzen gedichteter Papiere der prozentuale Anteil der Masse an dem gesamten Isolationsvolumen merklich herabsetzen, u. zw. bis auf etwa 30 % gegenüber 40 ... 50 % bei gewöhnlichen Papieren. Immerhin ist aber auch der durch diese Maßnahme erzielbare Erfolg recht beschränkt.

Mehr läßt sich durch geeigneten Aufbau des Kabels erreichen. Abb. 5, 6 und 7 zeigen die drei z. Z. gebräuchlichen Bauarten von Dreileiterkabeln, u. zw. Abb. 5 das Kabel mit Gürtelisolation und gemeinschaftlichem Bleimantel, Abb. 6 das sog. H-Kabel, bei welchem drei je mit einem massedurchlässigen Metallbelag bedeckte Adern verseilt und von einem gemeinschaftlichen Bleimantel umgeben sind, und Abb. 7 das verseilte Drei-Einleiter-Kabel, bei welchem jede Ader von einem für Masse undurchlässigen Bleimantel eingeschlossen ist.

Zwischen den beiden ersten Bauarten und der dritten besteht nun in bezug auf den Tränkmassegehalt ein grundsätzlicher Unterschied. Bei den beiden ersten ist auch das Füllmaterial in den Zwickelräumen zwischen den Adern mit Tränkmasse durchsetzt, die sich bei Erwärmung mit ausdehnt, bei dem H-Kabel (Abb. 6) dielektrisch aber überflüssig ist. Das dritte Kabel dagegen weist Masse nur in der Aderisolation selbst auf, also nur da, wo eine dielektrische Beanspruchung vorliegt. Die Unterschiede sind recht beträchtlich. Setzt man den Masse enthaltenden Querschnitt bei dem Kabel Abb. 5 gleich 100, so ist er beim H-Kabel je nach Spannung und Querschnitt etwa 80 ... 90, beim Drei-Einleiter-Kabel (Abb. 7) jedoch nur 40 bis 50. Der Forderung geringen Massegehaltes wird also durch diese Bauart am besten Genüge geleistet. Das gleiche gilt natürlich für einzeln verlegte Einleiterkabel, aber auch sie erfordern bei höheren Spannungen, also größeren Isolationsstärken, noch weitere besondere Maßnahmen zur Vermeidung der Hohlraumbildung.

Abb. 5. Kabel mit Gürtelisolation.

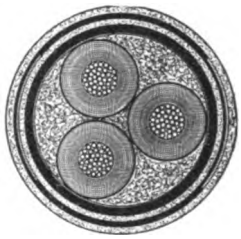


Abb. 6. H-Kabel.

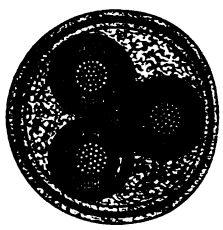


Abb. 7. Drei-Einleiter-Kabel.

Bauarten von Dreileiterkabeln.

Den ersten dahingehenden praktischen Schritt hat bekanntlich Pirelli mit dem von ihm ausgeführten 132 kV-Kabel getan[6], u. zw. durch Anordnung eines das ganze Kabel durchziehenden mit Tränkmasse gefüllten Hohlraumes im Leiter, also durch Verwendung eines rohrförmigen Leiters. Ein 100 kV-Kabel ähnlicher Bauart ist von den Siemens-Schuckertwerken ausgeführt worden[7]. Erwärmt sich ein solches Kabel, so fließt die sich ausdehnende Masse durch die spaltförmigen Lücken zwischen den einzelnen Drähten des Leiters in den Ölkanal und dann durch das Kabel zu den Enden, wo entsprechende Ausdehnungsräume für die ausfließende Masse vorzusehen sind. Bei Wiederabkühlung fließt die unter einem gewissen Druck stehende Masse wieder durch den Rohrkanal im Leiter und dann durch diesen selbst wieder in die Kabelisolation zurück. Das dabei in Bewegung zu setzende Tränkmassevolumen ist übrigens nicht unbeträchtlich. In einem 100 kV-Kabel beträgt z. B. bei einer mittleren Übertemperatur von 20 ° in den Isolierschichten die Ausdehnung der Masse in diesen rd. 16 l/km, die der Masse im Leiter selbst rd. 3 l/km. Dabei ist die Masse innerhalb des Rohrkanals, etwa 130 l/km, rein elektrisch betrachtet überflüssig, da sie ja keinerlei dielektrische Beanspruchung erleidet. Sie ist jedoch für den Druckausgleich notwendig, obgleich sie die in den Verbindungsstellen und Endverschlüssen zu schaffenden Ausdehnungsräume vergrößert. Damit der Ausgleich bei Erwärmung und Abkühlung mit hinreichender Sicherheit erfolgt, kann man für ein solches Kabel die sonst üblichen hochviskosen Tränkmassen nicht benutzen, sondern muß mit verhältnismäßig dünnflüssigen Ölen füllen und deren geringere Durchschlagfestigkeit mit in Kauf nehmen.

Die Notwendigkeit, das Öl in der gesamten Kabelstrecke dauernd unter einem gewissen Druck zu halten zwingt dazu, besonders starke Bleimäntel zu verwenden oder diese mit Kupfer- oder Bronzebändern zu armieren, um sie hinreichend druckfest zu machen. Kann doch der Öldruck beispielsweise bei Anordnung von Endverschlüs-

[2] Vgl. ETZ 1928, S. 509 u. 1270.
[3] Vgl. ETZ 1928, S. 1228.
[4] Vgl. ETZ 1928, S. 1854.
[5] Vgl. ETZ 1929, S. 235.
[6] Vgl. ETZ 1925, S. 1700; 1928, S. 1157.
[7] ETZ 1928, S. 1481

Digitized by Google

sen auf Masten zur Überführung von Freileitungen in Kabel und noch mehr bei Verlegung in Geländen mit starken Höhenunterschieden erhebliche Werte annehmen. Bei z. B. 100 m Niveaudifferenz, die in längeren Kabelstrecken durchaus möglich ist, wird das Kabel an den tiefsten Stellen mit einem Innendruck von rd. 9 kg/cm² beansprucht. Es stellt also unter Umständen eine Öldruckleitung dar, deren dauernde Dichthaltung im praktischen Betriebe nicht gerade einfach sein wird. Führt doch eine auch nur geringfügige Undichtigkeit infolge einer Pore im Bleimantel oder einer äußeren Verletzung zum langsamen Auslaufen des Öles, zur Entleerung des Kabels und damit mit größter Wahrscheinlichkeit zum Durchschlag auch an anderen Stellen als nur der schadhaften. Zudem dürfte das Aufsuchen einer solchen Undichtigkeit in einer längeren Strecke Schwierigkeiten begegnen, ebenso wie es nicht so ganz einfach ist, die Kabel ölgefüllt zu verlegen oder nach der Verlegung mit Öl so zu füllen, daß dabei ein Eindringen von Luft und Feuchtigkeit unbedingt vermieden wird.

Wenn auch die Ölfüllung ihren Zweck, die Hohlraumbildung zu verhindern, mit Sicherheit erreicht, so stellt sie demnach nicht gerade ein einfaches Mittel dar. Es liegt daher der Gedanke nahe, die Lösung des Problems auf einem anderen Wege zu versuchen. Ohne Druckausgleich durch Kanäle im Leiter sind, wie wir sahen, zwei Tatsachen in Rechnung zu stellen. Bei erstmaliger Belastung wird der Bleimantel aufgeweitet bis zur Anpassung seines Durchmessers an den Erwärmungszustand. Bei Wiederabkühlung bleibt die Aufweitung bestehen; sie ist jedoch stets so gering, daß sie auf die mechanische Festigkeit des Mantels ohne Einfluß, also praktisch bedeutungslos ist. Gleichzeitig bilden sich aber zwangläufig die Hohlräume in den Schichten am Leiter, die ein das Kabel gefährdendes Ausmaß annehmen können.

Es kommt mithin darauf an, diese an eine ganz bestimmte Stelle im Kabel, eben an die unmittelbare Umgebung des Leiters gebundenen Hohlräume unschädlich zu machen. Dies kann in einfacher Weise dadurch geschehen, daß man zwischen Leiter und Kabelisolation eine metallisch leitende Schicht legt, die folgende Eigenschaften aufzuweisen hat. Sie muß so porös sein, daß sie erstens selbst Tränkmasse aufzusaugen vermag und daß sie zweitens ein Fließen der Tränkmasse in radialer Richtung durch sie hindurch gestattet. Sie muß demnach gewissermaßen einen elektrisch leitenden Schwamm darstellen, welcher bei Erwärmung der Tränkmasse den Volumenzuwachs aufnimmt und beim Abkühlen an die Isolierschichten wieder abgibt. Bilden sich in einer solchen Schicht Hohlräume, so sind sie allseitig von Flächen gleichen Potentials, nämlich dem des Leiters umschlossen. Irgendwelche Glimm- und Strahlungserscheinungen, die ja Potentialdifferenzen zur Voraussetzung haben, sind in ihnen also nicht möglich, genau so wenig wie innerhalb eines Hohlleiters.

Ein für diesen Zweck geeignetes Material ist beispielsweise ein Papier, dem bei seiner Herstellung im Brei leitende Stoffe wie Metallpulver, Metalloxyde, Graphit oder dgl. beigemengt worden sind derart, daß die Zwischenräume zwischen den Fasern teilweise mit diesen fein gepulverten Stoffen ausgefüllt sind. Es läßt sich dadurch, wie Versuche ergeben haben, ein Papier erzielen, daß bis zu 30 % seines Volumens an Tränkmasse aufzunehmen vermag und auch in getränktem Zustande noch hinreichende Leitfähigkeit besitzt.

An dem bisher üblichen Aufbau des Kabels wird durch eine solche Zwischenschicht nichts geändert. Das leitende Papier wird in einem Arbeitsgang mit dem Papier der Isolierschichten auf den normalen Leiter aufgesponnen und die fertige Kabelseele dem üblichen Tränkverfahren unterzogen. Eine besonders dünnflüssige Tränkmasse ist nicht erforderlich. Man kann dieselben hochviskosen Massen mit hoher Durchschlagfestigkeit verwenden, die sich seit Jahren in Hochspannungskabeln bewährt haben.

Um sicher zu sein, daß auch nach stärkeren Überlastungen des Kabels alle Hohlräume beim Abkühlen von der Zwischenschicht erfaßt werden, ist praktisch deren Stärke im etwa 3 ... 4fachen Betrage der sich rechnerisch ergebenden δ_1-Werte zu wählen. Abb. 9 zeigt den Querschnitt eines Kabels für 110 kV Betriebspannung, also 65 kV zwischen Leiter und Mantel, mit 120 mm² Kupferquerschnitt. Rechnerisch ergibt sich für 25 ° Übertemperatur $\delta_1 \approx 0{,}7$ mm. Auszuführen ist aus den erwähnten Gründen δ_1 mit etwa 2,8 mm. Ein aus einzelnen Drähten verseilter Leiter von 120 mm² hat 14,2 mm Dmr., so daß sich mit 2,8 mm Zwischenschicht ein Durchmesser unter der Isolation von 19,8 mm ergibt. Mit Rücksicht auf den nach den bisherigen Erfahrungen noch zulässigen Spannungsgradienten am Leiter, etwa 6000 V/mm, ist der Durchmesser unter der Isolation mit 22 mm bemessen, so daß die Stärke der Zwischenschicht 3,4 mm wird, u. zw. bei einer Isolationsstärke von 18 mm.

Das hier entwickelte Prinzip (DRP. angem.) setzt keine Massevorratsräume im Leiter voraus. Man kann also den Seilleiter selbst massedicht abschließen, z. B. durch Umhüllen mit einem Bleimantel, oder noch besser verwendet man einen massiven Draht als Leiter (Abb. 10).

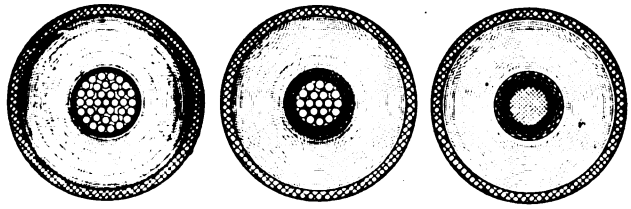


Abb. 8. Abb. 9. Abb. 10.

Kabel mit Ausgleichschichten auf den Leitern.

Der Massivleiter bietet neben anderen hier nicht zu erörternden Vorteilen auch den geringeren Durchmesser bei gleichem Querschnitt, gestattet also bei einem durch den Spannungsgradienten gegebenen Gesamtdurchmesser des Leiters das Aufbringen dickerer Zwischenschichten. Die Biegsamkeit des Kabels wird durch Verwendung eines massiven Leiters, wenigstens bei mittleren Querschnitten bis etwa 185 mm², nicht wesentlich beeinflußt und bleibt noch völlig ausreichend. Wie Versuche ergeben haben, wird die Biegsamkeit eines Kabels hauptsächlich durch das Widerstandsmoment des Bleimantels, also durch dessen Durchmesser bestimmt[8].

Der hier angegebene Aufbau des Kabels gestattet weiter, das Organ für die Stromleitung, den Kupferleiter, in weiten Grenzen unabhängig von dem Minimaldurchmesser zu dimensionieren, wie ihn der Spannungsgradient am Leiter fordert, also seinen Querschnitt nur nach der zu übertragenden Energie zu bemessen. Die dielektrische Beanspruchung der inneren Isolierschichten wird von der Oberfläche des Kupferleiters an die der Zwischenschicht verlegt und nur deren Durchmesser dem Spannungsgradienten angepaßt. Dadurch wird neben einer unter Umständen wesentlichen Kupferersparnis ein weiterer Vorteil erreicht, nämlich der, dem Leiter eine glatte zylindrische Oberfläche zu verleihen. Wie Deutsch[9] nachgewiesen hat, wird ja dadurch im Vergleich zur Seilleiter-Oberfläche die dielektrische Beanspruchung der inneren Isolierschichten um 20 ... 30 % herabgesetzt; außerdem schmiegen sich die Papierschichten der Isolation der etwas elastischen Oberfläche der Zwischenschicht dicht an, es ist also eine bessere dielektrische Bindung gewährleistet als sie sich unmittelbar auf dem Leiter erzielen läßt. Werden Massevorräte im Leiter selbst für die Ausgleichvorgänge mit herangezogen, so muß dessen Oberfläche Öffnungen irgendwelcher Gestaltung aufweisen, die die glatte Zylinderform unterbrechen, demnach die Feldverteilung ungünstig verzerren. Die Forderungen einer glatten Leiteroberfläche und eines Massevorrats im Leiter schließen sich eben gegenseitig aus. Dies läßt es vorteilhaft erscheinen, eine dünne Zwischenschicht auch dann anzuwenden, wenn die Volumenänderungen der Masse bei Belastungsänderungen im Kabel so gering sind, daß sie eine Zwischenschicht nicht unbedingt erfordern, also bei Mittelspannungskabeln. Die Schicht dient dann im wesentlichen zur Glättung der Oberfläche (Abb. 8). Kabel dieser Bauart sind im Kabelwerk Vogel hergestellt und untersucht worden. Die Versuche ergaben, daß mit der Zwischenschicht die beabsichtigte Wirkung tatsächlich erreicht wird. Beispielsweise wurde ein Einleiterkabel für 65 kV gegen den Bleimantel, also 110 kV verketteter Spannung im Betriebe, an drei aufeinander folgenden Tagen während je 3 h durch Strombelastung von rd. 20 ° auf 55 ... 62 ° Leitertemperatur erwärmt und dann einer Dauerprüfung von 2 mal je 8 h mit 150 kV, also der 2,3fachen Betriebspannung unterworfen. Die Messung der dielektrischen Verluste vor und nach den einzelnen Beanspruchungen ergab, daß diese weit über die Prüfvorschriften des VDE hinausgehende Behandlung auf die Struktur des Dielektrikums keinen merklichen Einfluß ausgeübt hatte. Insbesondere zeigte der Verlauf der Verlustwinkelkurven, daß selbst bei mehr als 2½facher Betriebspannung keine Anzeichen von Ionisierungser-

[8] Mitt. d. C. J. Vogel Draht- u. Kabelw. AG., Nr. 3, Febr. 1929.
[9] W. Deutsch, ETZ 1911, S. 1175.

Digitized by Google

scheinungen vorlagen. Das Kabel hatte einen massiven Kupferleiter von 12.4 mm Dmr., entsprechend 120 mm² Querschnitt, 4 mm Zwischenschicht und 18 mm Isolationsstärke.

Die Versuchsergebnisse berechtigen zu der Hoffnung, daß das angegebene Mittel geeignet ist, die Lösung des Problems der Höchstspannungskabel nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich zu fördern. Das einfache Herstellungsverfahren und die Möglichkeit der Materialersparnis lassen niedrigere Gestehungskosten zu als die bisher üblichen Ausführungen von Höchstspannungskabeln. Bei der Verlegung sind keine außergewöhnlichen Vorsichtsmaßregeln zu beachten, und auch die Verbindungstellen der einzelnen Längen auf der Strecke und ebenso die Endverschlüsse sind normale Konstruktionen ohne verwickelte Sondereinrichtungen.

Praktische Berechnungsmethoden für den Stoßkurzschlußstrom von Drehfeldmaschinen*.

Von **P. Jacottet** und **F. Ollendorff**, Berlin.

Übersicht. Die physikalischen Gesetze der freien Drehfelder in Mehrphasenmaschinen werden mit Rücksicht auf die praktischen Verhältnisse beim Kurzschluß im Netz umgeformt. Hierzu werden die maßgeblichen physikalischen Konstanten durch einfach zu handhabende Netz- und Maschinengrößen ausgedrückt, welche auch in die Berechnung der Dauerkurzschluß-Erscheinungen eingehen. Die wirklichen Stoßkurzschlußströme weichen in ihrem Verlauf von den nach der theoretischen Aussage auftretenden Kurzschlußströmen ab. Die Gründe für die Abweichung werden besprochen und an Hand von Kurven erläutert. Es wird die Wärmewirkung der Kurzschlußströme bestimmt, wobei die Ergebnisse einiger eigens hierzu aufgenommener Oszillogramme berücksichtigt werden. Zum Schluß wird das grundsätzliche Verhalten von asynchronen Drehfeldmaschinen bei Netzkurzschluß behandelt.

1. Einleitung.

Die theoretische Behandlung von Stoßkurzschlußvorgängen hat zu einer Reihe von Beziehungen geführt, welche die Stoßkurzschlußströme von Drehfeldmaschinen aus den Daten dieser Maschinen zu berechnen gestatten[1]. In der Regel beschränken sich diese Untersuchungen darauf, die physikalischen Vorgänge in der Maschine selbst zu schildern, da diese für die Festigkeit der Maschine von größter Bedeutung sind. Durch die Ausgestaltung der Netze mit ihren gewaltigen Kurzschlußleistungen ist man jedoch gezwungen, auch in den Netzen die Wirkungen der vorübergehenden Stoßkurzschluß-Erscheinungen zu verfolgen, da diese insbesondere auf die Arbeitsweise der Ölschalter von maßgebendem Einfluß sind. Man kann hierbei zunächst von den Ergebnissen der Theorie ausgehen und diese sinngemäß auf die Stoßkurzschluß-Vorgänge im Netz erweitern; mit diesen Fragen beschäftigt sich ein Teil der folgenden Arbeit.

Es zeigt sich aber, daß diese formale Erweiterung für praktische Zwecke nicht hinreicht. An vielen Stellen nämlich ergibt der Versuch einen qualitativen Unterschied zwischen Theorie und Erfahrung. Es ist bisher noch nicht gelungen, die Theorie in einer genügend einfachen Weise so umzugestalten, daß sie alle Einzelheiten der Versuchsergebnisse befriedigend wiedergibt; daher muß man die theoretisch gewonnenen Ergebnisse durch empirische Korrekturfaktoren der Wirklichkeit anzupassen suchen. Aus diesem Grunde sind im folgenden einige Ergebnisse derartiger Versuche mitgeteilt. Es muß aber ausgesprochen werden, daß unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet noch nicht ausreichend sind, um alle praktisch wichtigen Fälle zu klären; deshalb kann auch die folgende Arbeit noch keine endgültige Darstellung der Stoßkurzschluß-Erscheinungen geben. Zahlreiche Fragen, die in diesem Zusammenhang noch der Aufklärung bedürfen, werden z. Z. theoretisch und experimentell untersucht. Es wird sich im Laufe der Zeit als notwendig erweisen, die hier mitgeteilten Berechnungsmethoden an Hand der augenblicklich im Gange befindlichen Untersuchungen zu ergänzen.

Im folgenden werden zunächst die praktisch wichtigsten Erscheinungen beim plötzlichen Kurzschluß von Synchrongeneratoren behandelt. Sodann werden einige Angaben über das Verhalten von Asynchronmaschinen beim drei- und zweipoligen Kurzschluß gemacht, die z. Z. noch weniger wichtig sind, jedoch vielleicht im Laufe der nächsten Jahre an Bedeutung gewinnen werden.

* Gehört zur Aufsatzreihe über die Herleitung der Kurzschlußberechnungsmethode des VDE (vgl. ETZ 1930, S. 939. Vorhergehende Aufsätze: ETZ 1930, S. 194, 238 u. 269.

[1] Vgl. z. B. R. Rüdenberg, Elektrische Schaltvorgänge, 2. Aufl., Berlin 1926. – J. Biermanns, Überströme in Hochspannungsanlagen, Berlin 1926.

2. Der Stoßkurzschlußvorgang in der Synchronmaschine.

Beim plötzlichen Kurzschluß von Wechselstromgeneratoren entstehen bekanntlich im Ständerstromkreis der Maschine drei Stromsysteme, die sich zum Stoßkurzschlußstrom überlagern: der Dauerkurzschlußstrom, der Wechselstromanteil und der Gleichstromanteil des Ausgleichstromes. Die üblichen Berechnungsformeln für den Höchstwert des Stoßstromes beziehen sich in der Regel auf Klemmenkurzschluß des Generators, welcher ja die größtmöglichen Werte dieser Stoßströme liefert. Für die Berechnung der Kurzschluß-Abschaltleistung an irgendeiner Netzstelle ist jedoch, wie oben erwähnt, die Größe des dort auftretenden Höchstwertes des Stoßstromes maßgebend.

3. Der totale Streukoeffizient σ bei Netzkurzschluß.

Es bezeichne I_s den Höchstwert des Stoßkurzschlußstromes, I_n den Effektivwert des Nennstromes, ferner ε_s die relative Gesamtstreuung und ε_b die relative Bohrungsstreuung des Generators. Allen Berechnungen wird eine Maschinenerregung entsprechend 1,1facher Nennspannung des Netzes, also 1,05facher Nennspannung des Generators zugrunde gelegt. Für die Generator-Nennspannung U ist die zwischen zwei Klemmen des Generators gemessene Spannung, also bei Drehstrom in Sternschaltung die verkettete Spannung einzusetzen. Bei Klemmenkurzschluß des Generators gilt für das Verhältnis des Stoßstrom-Höchstwertes zur Nennstromamplitude[2]:

für Schenkelpolgeneratoren ohne Dämpferwicklung

$$\frac{I_s}{I_n \sqrt{2}} = 1{,}8 \cdot \frac{1{,}05}{\varepsilon_s}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

für Turbogeneratoren (Zylinderläufer) und Schenkelpolgeneratoren mit Dämpferwicklung

$$\frac{I_s}{I_n \sqrt{2}} = 1{,}8 \cdot \frac{1{,}05}{\varepsilon_s - \varepsilon_b}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Der Koeffizient 1.8 in diesen beiden Gleichungen wird als „Stoßziffer" bezeichnet und stellt einen aus zahlreichen oszillographischen Messungen empirisch gewonnenen Mittelwert dar. In Einzelfällen kann die Abweichung von diesem Wert bis zu etwa ± 30 % betragen[3]. Neuere Untersuchungen haben ergeben, daß für die Ausbildung der Stoßkurzschlußströme bei Schenkelpolgeneratoren mit Dämpferwicklung das Bohrungsfeld nicht in Rechnung zu setzen ist[4].

Um diese Formeln, die sich auf den Klemmenkurzschluß des Generators beziehen, auf den plötzlichen Kurzschluß an einer Stelle im Netz zu übertragen, gehen wir von der allgemein gültigen Gleichung aus:

$$\frac{I_s}{\sqrt{2}\, I_d} = \frac{1{,}8}{\sigma} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

In dieser Gleichung bedeuten I_d den Effektivwert des Dauerkurzschlußstromes und σ den auf den gesamten Kurzschlußstromkreis bezogenen Streuungskoeffizienten. Der in den Gl. (1) und (2) auftretende Faktor 1,05 berücksichtigt die über die Nennspannung hinausgehende Erregung des Generators; in der Verhältnisbildung Stoßstrom zu Dauerkurzschlußstrom nach Gl. (3) hebt er sich heraus, weil beide Ströme auf diese gleiche Erregung be-

[2] Vgl. R. Rüdenberg, Kurzschlußströme beim Betrieb von Großkraftwerken, S. 38, Berlin 1925.

[3] Wie Fußnote 2.

[4] Vgl. R. Rüdenberg, Stoßkurzschlußströme von Schenkelpolgeneratoren mit Dämpferwicklung. El. u. Maschinenb. Bd. 48, H. 25 (1930).

Digitized by Google

zogen sind. Der Streuungskoeffizient σ ist aus der Ständerkreisinduktivität L_1 (einschließlich der Kurzschlußstrombahn), der Läuferinduktivität L_2 und der Gegeninduktivität M zwischen dem Läuferstromkreis und dem gesamten Kurzschlußstromkreis des Ständers definiert. Es ist, wenn ω die Kreisfrequenz bedeutet,

$$\sigma = 1 - \frac{M^2}{L_1 L_2} \equiv 1 - \frac{(\omega M)^2}{(\omega L_1)(\omega L_2)}. \quad \ldots \quad (4)$$

Nun setzt sich die Induktivität L_1 des Kurzschlußstromkreises zusammen aus der vom gemeinsamen Feld herrührenden Gegeninduktivität M, der Ständerstreuinduktivität L_{1_s} und der Netzinduktivität L_n bis zur Kurzschlußstelle. Die Läuferinduktivität L_2 besteht aus der Gegeninduktivität M und der Läuferstreuinduktivität L_{2_s}. Man kann also an Stelle von Gl. (4) auch schreiben:

$$\sigma = 1 - \frac{(\omega M)^2}{(\omega M + \omega L_{1_s} + \omega L_n)(\omega M + \omega L_{2_s})}. \quad (5)$$

Um die Gleichung für die Gesamtstreuung σ in eine für praktische Zwecke übersichtliche Form zu bringen, führen wir eine Näherungsrechnung ein. Der Nenner des zweiten Ausdrucks in Gl. (5) läßt sich wie folgt schreiben:

$$(\omega M)^2 + \omega M(\omega L_{1_s} + \omega L_{2_s} + \omega L_n) + \omega L_{2_s}(\omega L_{1_s} + \omega L_n). \quad (6)$$

Da nun die Läuferstreureaktanz ωL_{2_s} stets sehr klein gegenüber der Ankerreaktanz ωM ist ($\omega L_{2_s} \ll \omega M$), können wir mit ausreichender Genauigkeit den dritten Summanden in Gl. (6) gegen den zweiten streichen. Die Beziehung für den Streukoeffizienten σ vereinfacht sich dann in

$$\sigma \approx 1 - \frac{\omega M}{\omega M + \omega L_{1_s} + \omega L_{2_s} + \omega L_n} = 1 - \frac{x_a}{x_a + x_s + x_n}. \quad (7)$$

Hierbei ist die Ankerreaktanz mit x_a bezeichnet, ebenso die gesamte Streureaktanz der Maschine (Ständer- und Läuferstreuung) mit x_s und endlich die Netzreaktanz bis zur Kurzschlußstelle mit x_n. Die Größe

$$a = \frac{x_s + x_n}{x_s} \quad \ldots \quad (8)$$

ist ein Maß für den Abstand der Kurzschlußstelle vom Generator; sie wird als numerische Kurzschlußentfernung[5] bezeichnet. Setzen wir die durch Gl. (8) gegebene Beziehung in Gl. (7) ein, so folgt für den Streukoeffizienten:

$$\sigma = \frac{a x_s}{x_a + x_s + (a-1) x_s}. \quad \ldots \quad (9)$$

In dieser Gleichung können Ankerreaktanz und Streureaktanz durch zwei für jede Maschine bekannte Konstanten, nämlich durch das Kurzschlußverhältnis und die relative Streuspannung ausgedrückt werden. Der dreipolige Dauerkurzschlußstrom I_k bei Klemmenkurzschluß folgt aus der Generator-Nennspannung U und der Anker- und Streureaktanz je Phasenwicklung:

$$I_k = \frac{U}{\sqrt{3}(x_a + x_s)}. \quad \ldots \quad (10)$$

Hierbei ist der Einfluß der Maschinensättigung auf die Ausbildung der Stoßströme nicht berücksichtigt. Die relative Streuspannung ε_s ergibt sich aus dem Nennstrom I_n, der Nennspannung U und der Streureaktanz x_s zu:

$$\varepsilon_s = \frac{x_s I_n}{U/\sqrt{3}}. \quad \ldots \quad (11)$$

Mittels der Beziehungen (10) und (11) lassen sich Anker- und Streureaktanz in Gl. (9) ausdrücken; man erhält also für den Streukoeffizienten σ in Abhängigkeit von der numerischen Kurzschlußentfernung a, der relativen Streuspannung ε_s und dem Kurzschlußverhältnis I_k/I_n, welches auf Leerlauferregung bezogen ist,

$$\sigma = \frac{a \varepsilon_s (I_k/I_n)}{1 + (a-1)\varepsilon_s (I_k/I_n)}. \quad \ldots \quad (12)$$

Setzen wir hierin $a = 1$, so erhalten wir den Streukoeffizienten bei Klemmenkurzschluß

$$\sigma_{kl} = \varepsilon_s (I_k/I_n). \quad \ldots \quad (13)$$

Aus Gl. (12) und (13) ergibt sich also, daß der Streuungskoeffizient bei Netzkurzschluß gegenüber dem Klemmenkurzschluß gemäß

$$\frac{\sigma}{\sigma_{kl}} = \frac{a}{1 + (a-1)\varepsilon_s (I_k/I_n)} \quad \ldots \quad (14)$$

zunimmt. In Abb. 1 ist das Verhältnis σ/σ_{kl} für das Beispiel $\varepsilon_s = 24\,\%$, $I_k/I_n = 0{,}7$, wie es für normale Turbogeneratoren in Frage kommt, abhängig von der numerischen Kurzschlußentfernung aufgetragen. Man sieht hieraus, daß natürlich mit wachsendem a die Streuung σ sich dem Wert 1 nähert.

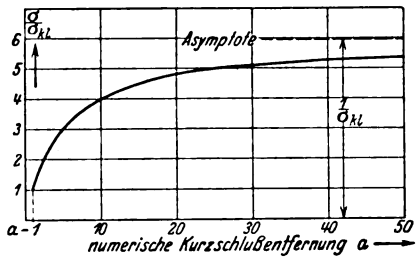


Abb. 1. Zunahme des Streuungskoeffizienten mit der numerischen Kurzschlußentfernung.

Bei der Anwendung aller dieser Formeln besteht eine Schwierigkeit. In der grundlegenden Stoßkurzschlußgleichung (3) hat man nämlich bei Bezugnahme auf den Klemmenkurzschluß verschiedene σ für die einzelnen Generatortypen einzusetzen; will man mit dem einheitlichen Stoßfaktor 1,8 universell für alle Maschinen auskommen, so muß man für Turbogeneratoren und Schenkelpolgeneratoren mit Dämpferwicklung nur die Ständerstreuung ($\varepsilon_s - \varepsilon_b$) einsetzen, während für Schenkelpolgeneratoren ohne Dämpferwicklung mit der gesamten Streuung ε_s (Ständer- und Bohrungstreuung) zu rechnen ist. Dagegen bedeutet in den Gl. (12) und (14) ε_s immer die Gesamtstreuung, da die numerische Kurzschlußentfernung a definitionsgemäß auf diese Streuung bezogen ist. Um diesen Widerspruch aus der Rechnung zu entfernen, schreibt man zweckmäßig Gl. (3) in der Form

$$\frac{I_s}{\sqrt{2} I_d} = \frac{1{,}8}{\sigma_{kl}} \left(\frac{\sigma_{kl}}{\sigma}\right). \quad \ldots \quad (3a)$$

Hierin hat man, um es zu wiederholen, für das Verhältnis σ_{kl}/σ nach Gl. (14) stets die Gesamtstreuung ε_s des Generators einzusetzen, dagegen ist der Streukoeffizient σ_{kl} im Nenner von Gl. (3a) je nach Generatortype verschieden aus $\varepsilon_s (I_k/I_n)$ bzw. aus $(\varepsilon_s - \varepsilon_b)(I_k/I_n)$ zu bestimmen. Die Schreibweise der Gl. (3a) hat den großen Vorteil, daß man die Anteile des Stoßstromes bei Kurzschluß im Netz sofort in Beziehung zu den Stoßstromkomponenten bei Klemmenkurzschluß setzen kann. Hierbei fallen in den Verhältnisbildungen die je nach Maschinentype unterschiedlichen relativen Generatorstreuungen heraus. Allerdings ist die so entstehende für alle Generatoren gültige Formel dann nur als Näherung aufzufassen. Sie gilt um so besser, je näher der Kurzschluß am Generator liegt, so daß sie also gerade den praktisch wichtigsten Fall richtig beschreibt. Dagegen gibt sie etwas fehlerhafte Resultate für große numerische Kurzschlußentfernungen; jedoch besitzt die genaue Kenntnis des Stoßstromes dann keine sehr große Bedeutung mehr.

4. Die Komponenten des Stoßstrom-Höchstwertes bei Netzkurzschluß.

Nachdem wir den Streukoeffizienten der Kurzschlußstrombahn mittels der Maschinenkonstanten als Funktion lediglich der numerischen Kurzschlußentfernung ausgedrückt haben, können nunmehr die Komponenten des Stoßstromes in ähnlicher Weise in Abhängigkeit von der numerischen Kurzschlußentfernung dargestellt werden. Zu diesem Zweck zerspalten wir den Stroßstrom-Höchstwert nach Gl. (3) in seine einzelnen Komponenten. Wir zerlegen Gl. (3) in drei Summanden

$$I_s = \sqrt{2}\,\frac{I_{d_i}}{\sigma}\,[\sigma + (1-\sigma) + 0{,}8]. \quad \ldots \quad (15)$$

Das erste Glied auf der rechten Seite von Gl. (15) stellt die Amplitude des Dauerkurzschlußstromes, das zweite den Höchstwert des Ausgleichwechselstromes und das dritte den Gleichstromanteil des Ausgleichstromes nach der ersten Halbperiode dar[6]. Hierbei ist vorausgesetzt, daß innerhalb einer Zeit von 0,01 s lediglich das Gleichstromglied des Ausgleichstromes eine merkliche Dämpfung auf 80 % seines Anfangswertes erfahren hat, während der Wechselstromanteil noch in praktisch unverminderter Stärke besteht.

[5] F. Ollendorff, ETZ 1930, S. 238.

[6] Vgl. R. Rüdenberg, wie Fußnote 1, S. 93.

Digitized by Google

Wir betrachten nun die einzelnen Komponenten des Stoßstromes und beginnen mit dem Dauerkurzschlußstrom. Sein ideeller Effektivwert unter Vernachlässigung der Sättigung ergibt sich aus der Generator-Nennspannung und der auf eine Phase bezogenen Reaktanz der Kurzschlußstrombahn zu

$$I_{d_i} = \frac{1{,}05\,U}{\sqrt{3}\,(x_a + x_s + x_n)} \quad \ldots\ldots \quad (16)$$

Unter Beachtung der in den Gl. (8), (10) und (11) niedergelegten Beziehungen ergibt sich für das Verhältnis des Dauerkurzschlußstromes zum Nennstrom

$$\frac{I_{d_i}}{I_n} = \frac{1{,}05\,(I_k/I_n)}{1 + (a-1)\,\varepsilon_s\,(I_k/I_n)} \quad \ldots\ldots \quad (17)$$

Für den Klemmenkurzschluß ist die numerische Kurzschlußentfernung $a = 1$ zu setzen. Vergleicht man den Ausdruck in Gl. (17) mit dem Dauerkurzschlußstrom $I_{d_{kl}}$, der sich beim Klemmenkurzschluß einstellen würde, so erhält man

$$\frac{I_{d_i}}{I_{d_{kl}}} = \frac{1}{1 + (a-1)\,\varepsilon_s\,(I_k/I_n)} \quad \ldots\ldots \quad (18)$$

Ganz ähnlich läßt sich der Wechselstromanteil des Ausgleichstromes durch die Maschinenkonstanten und die relative Lage der Kurzschlußstelle zum Generator ausdrücken. Aus Gl. (15) ergibt sich der Höchstwert des Wechselstromanteiles zu

$$I_w = \sqrt{2}\,I_{d_i}\,\frac{1-\sigma}{\sigma} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

Mit Berücksichtigung von Gl. (17) folgt nach Einsetzen des Streuungskoeffizienten σ aus Gl. (12) für das Verhältnis des Höchstwertes des Ausgleichwechselstromes zum Nennstrom die Beziehung:

$$\frac{I_w}{I_n} = 1{,}05\,\sqrt{2}\,\frac{1 - \varepsilon_s\,(I_k/I_n)}{a\,\varepsilon_s\,[1 + (a-1)\,\varepsilon_s\,(I_k/I_n)]} \quad \ldots \quad (20)$$

Für den Klemmenkurzschluß ($a = 1$) ergibt sich nach Gl. (20)

$$\frac{I_{w_{kl}}}{I_n} = 1{,}05\,\sqrt{2}\,\frac{1 - \varepsilon_s\,(I_k/I_n)}{\varepsilon_s} \quad \ldots\ldots \quad (21)$$

Aus den letzten beiden Gleichungen folgt das Verhältnis des Wechselstromanteils des Ausgleichstromes bei Netzkurzschluß zu dem bei Klemmenkurzschluß:

$$\frac{I_w}{I_{w_{kl}}} = \frac{1}{a}\,\frac{1}{1 + (a-1)\,\varepsilon_s\,(I_k/I_n)} \quad \ldots \quad (22)$$

Für die Beurteilung der Kurzschluß-Abschaltleistung wird häufig nicht der gesamte Stoßkurzschlußstrom mit Einschluß des Gleichstromgliedes, sondern lediglich der Wechselstromanteil in Rechnung gesetzt[7]. Es ist daher von Interesse, den Wechselstromanteil des Ausgleichstromes im Vergleich zum Stoßstrom-Höchstwert zu kennen. Aus den Gl. (3) und (15) ergibt sich hierfür

$$\frac{I_w}{I_s} = \frac{1-\sigma}{1{,}8} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

Setzt man für den Streukoeffizienten σ den Wert von Gl. (12) ein, so folgt

$$\frac{I_w}{I_s} = \frac{1}{1{,}8}\,\frac{1 - \varepsilon_s\,(I_k/I_n)}{1 + (a-1)\,\varepsilon_s\,(I_k/I_n)} \quad \ldots\ldots \quad (24)$$

Wir wollen weiterhin untersuchen, in welcher Weise das Gleichstromglied des Ausgleichstromes bei gegebenen Maschinenkonstanten von der Lage des Kurzschlusses im Netz abhängig ist. Aus Gl. (15) findet man

$$I_{gl} = \frac{0{,}8\,\sqrt{2}\,I_{d_i}}{\sigma} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (25)$$

Mit Hilfe der Beziehungen (12) und (17) folgt

$$\frac{I_{gl}}{I_n} = \frac{0{,}8\,\sqrt{2}\,.\,1{,}05}{a\,\varepsilon_s} = \frac{1{,}2}{a\,\varepsilon_s} \quad \ldots\ldots \quad (26)$$

Hieraus ergibt sich, daß das Gleichstromglied bei Netzkurzschluß gegenüber dem Klemmenkurzschluß ($a = 1$) im Verhältnis abnimmt:

$$\frac{I_{gl}}{I_{gl_{kl}}} = \frac{1}{a} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

Endlich interessiert noch, in welcher Weise der gesamte Stoßstrom I_s mit der numerischen Kurzschlußentfernung gegenüber dem Klemmenkurzschluß abnimmt. Man findet leicht mit Hilfe der Gl. (3a) hierfür die Beziehung

$$\frac{I_s}{I_{s_{kl}}} = \frac{\sigma_{kl}}{\sigma} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

Nach Einsetzen des Streuungsverhältnisses aus Gl. (14) ergibt sich

$$\frac{I_s}{I_{s_{kl}}} = \frac{1}{a}\,[1 + (a-1)\,\varepsilon_s\,(I_k/I_n)] \quad \ldots\ldots \quad (29)$$

Auch hier ist in allen Verhältnisbildungen der Stoßstromanteile bei Netzkurzschluß zu den Strömen bei Klemmenkurzschluß für ε_s stets die relative Gesamtstreuung der Maschine einzusetzen.

5. Numerische Werte.

Die zunächst etwas unübersichtlichen Formeln, welche die Abhängigkeit der Stoßstromkomponenten vom Kurzschlußverhältnis I_k/I_n, der relativen Streuung ε_s und der numerischen Kurzschlußentfernung a angeben, gewinnen eine unmittelbare praktische Anschaulichkeit, wenn man für ε_s und I_k/I_n normale Werte mittlerer Maschinen einsetzt. Alle Stromverhältnisse werden dann lediglich Funktionen der numerischen Kurzschlußentfernung. Für die notwendigen Mittelwerte möge gesetzt werden:

I. Schenkelpolgeneratoren
relative Gesamtstreuung . . . . . $\varepsilon_s = 24\%$
Kurzschlußverhältnis bei Leerlauferregung $I_k/I_n = 0{,}8$.

II. Turbogeneratoren
relative Gesamtstreuung . . . . . $\varepsilon_s = 24\%$
Kurzschlußverhältnis bei Leerlauferregung $I_k/I_n = 0{,}7$.

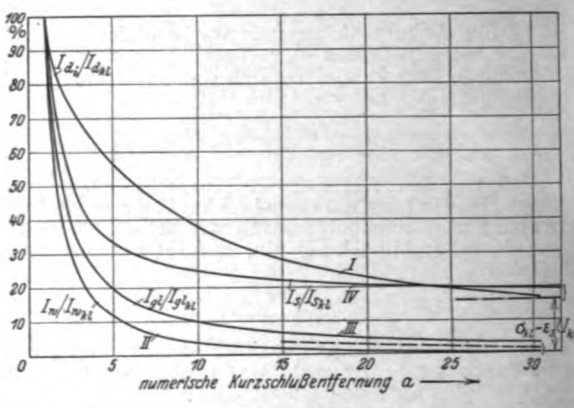


Abb. 2. Abnahme des Stoßstrom-Höchstwertes und seiner Komponenten mit wachsender numerischer Kurzschlußentfernung.

In Abb. 2 ist durch Kurve *I* das Gesetz für die Abnahme des ideellen Dauerkurzschlußstromes mit der numerischen Kurzschlußentfernung a gegenüber dem Klemmenkurzschluß gemäß Gl. (18) dargestellt. Kurve *II* gibt die Verminderung des Wechselstromanteiles des Ausgleichstromes mit a wieder [Gl. (22)]; man sieht, daß der Ausgleichwechselstrom weit stärker als umgekehrt proportional der relativen Kurzschlußentfernung abnimmt. Für sehr große Werte von a, also sehr weit ab vom Generator, wird der Wechselstromanteil des Stoßstromes im Netz im Vergleich zum Klemmenkurzschluß gemäß

$$\lim_{a \to \infty} (I_w/I_{w_{kl}}) = \frac{1}{a^2\,\varepsilon_s\,(I_k/I_n)} \quad \ldots\ldots \quad (30)$$

umgekehrt quadratisch mit a verschwindend klein. Die Asymptote nach Gl. (30) ist in Abb. 2 gestrichelt eingetragen. Kurve *III* zeigt die Abnahme des Gleichstromgliedes mit wachsender Entfernung vom Generator (Gl. 27). Die Kurven gelten für mittlere Daten normaler Turbogeneratoren. Man sieht, daß bei großer numerischer Kurzschlußentfernung im Netz praktisch im wesentlichen nur der Dauerkurzschlußstrom besteht, daß ferner der Höchstwert des Ausgleichwechselstromes rascher abnimmt als das Gleichstromglied. Endlich ist die Verminderung des Stoßstrom-Höchstwertes mit der numerischen Kurzschlußentfernung nach Gl. (29) dargestellt (Kurve *IV*). Für einen Kurzschluß, der sehr weit ab vom Generator stattfindet, wird der Stoßstrom kleiner und kleiner, so daß er seine Bedeutung für große numerische Kurzschlußentfernungen verliert.

[7] Vgl. z. B. die schweizerische Definition der Kurzschluß-Abschaltleistung, Bull. SEV Bd. 19, S. 277 (1928). ETZ 1928, S. 1789.

Digitized by Google

SIEMENS

Präzisions-Instrumente für Wechselstrom

Diese Instrumente stellen wir in formschönen, widerstandsfähigen Preßstoffgehäusen her und liefern sie in zwei Ausführungen: als

Prüffeld- u. als Laboratoriumstype.

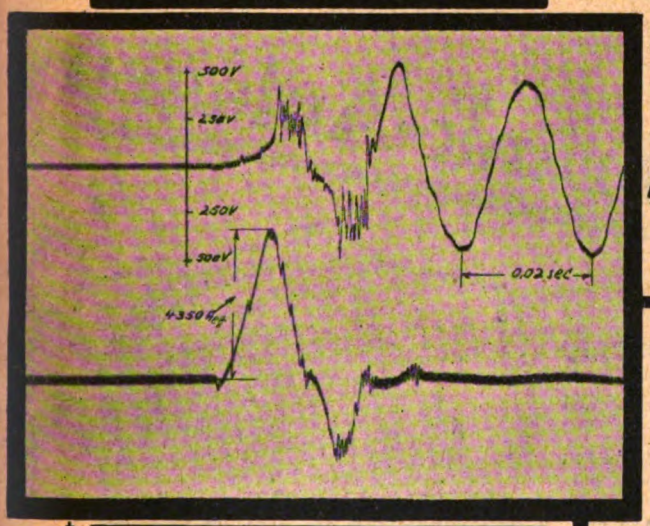
Bei beiden Arten wird das eisenlose, elektrodynamische Meßwerk verwendet. Die Vorzüge der neuen Instrumente sind:
Gute Isolation durch Verwendung eines Gehäuses aus Isolierstoff, daher verminderte Gefahr bei Messungen mit höheren Spannungen.
Soweit angängig, Ausführung mit mehreren Meßbereichen, dadurch vielseitige Verwendbarkeit.

Wir liefern:

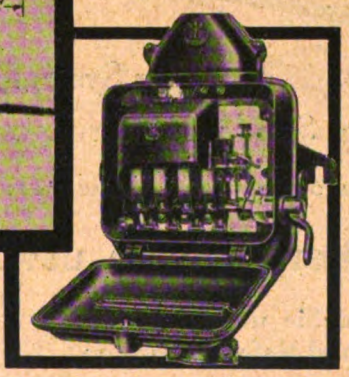
Laboratoriumstypen für direkte Strom-, Spannungs- und Leistungsmessungen. — Kippfehlerfreie Lagerung der Drehspule, daher besonders sichere Einstellung des Zeigers.
Prüffeldtypen für indirekte Strom-, Spannungs- und Leistungsmessungen in Prüffeldern und bei Abnahmeversuchen. — Kleine handliche Form. Geringes Gewicht.

SIEMENS & HALSKE A G.
Wernerwerk, Berlin-Siemensstadt

Ms 001



Abschalt-Oszillogramm eines Kurzschlusses von 4350 Amp. bei 500 Volt abgeschaltet durch F.&G.-RWE-(Heinisch-Riedl) Schutzschalter



Eine Abschaltleistung

Solche Abschaltleistungen werden von unseren kleinen, preiswerten Schutzschaltern bewältigt. Es sind 2- und 4-polige Hausanschluß-Selbstschalter für 10 bis 60 Amp. und bis zu 500 Volt; sie schützen vor Überlastung, Kurzschluß und Berührungsspannung und haben thermische Auslösungen, die nur die schadhafte Phase abschalten. (Schaltungsgruppe II R.E.S. 1928)

Bitte fordern Sie unsere Liste 1686

Felten & Guilleaume Carlswerk Act.-Ges. Köln-Mülheim

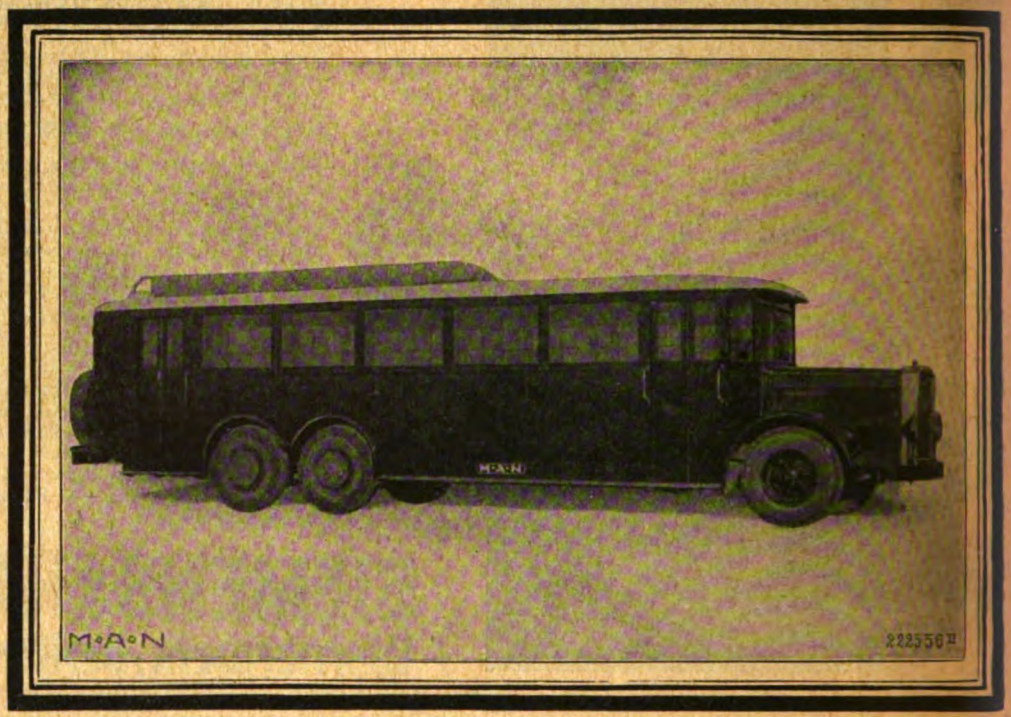
5093

Digitized by Google

MAN
MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG A.G.
KRAFTOMNIBUSSE

zur Ergänzung von Straßenbahnen und für Überlandverkehr.

Näheres Drucksache E. Z. 22



VTG ERFURT
Vacuum
Trocken- und Tränk-Anlagen

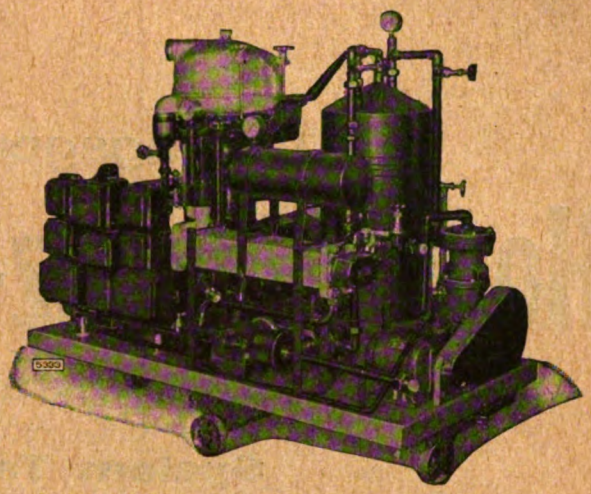
neuester Systeme
in allen Sonderausführungen
von den kleinsten bis zu den größten Abmessungen
für Kabel, Anker, Spulen usw.

Verlangen Sie unsere
Spezialkataloge und Referenzenlisten

Vacuumtrockner G.m.b.H.
Apparatebau für die chemische Industrie
Erfurt

Digitized by Google

DeLaval



Ölseparatoren
trocknen und reinigen Isolier- und Schalter-Öle in einfachster billigster und wirkungsvollster Weise.

Ölreinigungsanlagen
jeder Leistung in stationärer oder transportabler Ausführung.

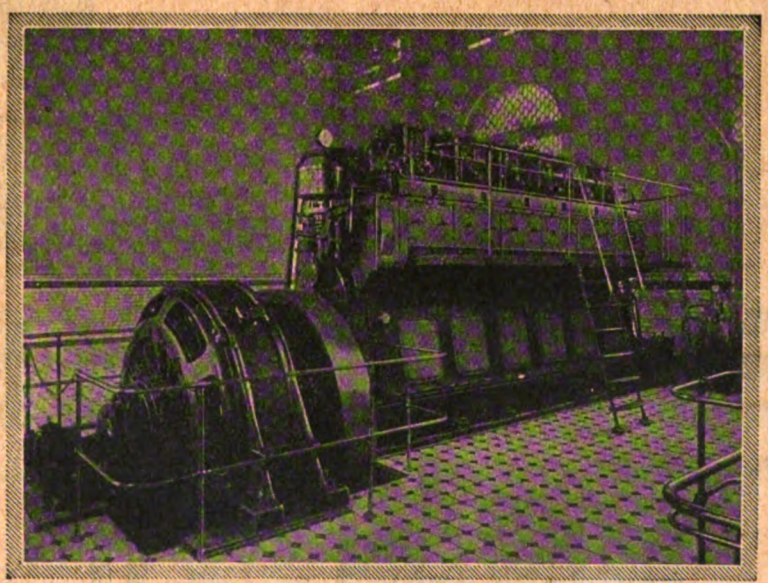
Das vollkommenste sind unsere

Vakuum-Aggregate

BERGEDORFER EISENWERK A.-G., BERGEDORF-HAMBURG

Kompressorlose Krupp-Dieselmotoren

Die wirtschaftlichen Kraftmaschinen der Gegenwart



FRIED. KRUPP GERMANIAWERFT Aktiengesellschaft
KIEL-GAARDEN

Digitized by Google

Leitungsgerichtete

Hochfrequenz-Telefonie

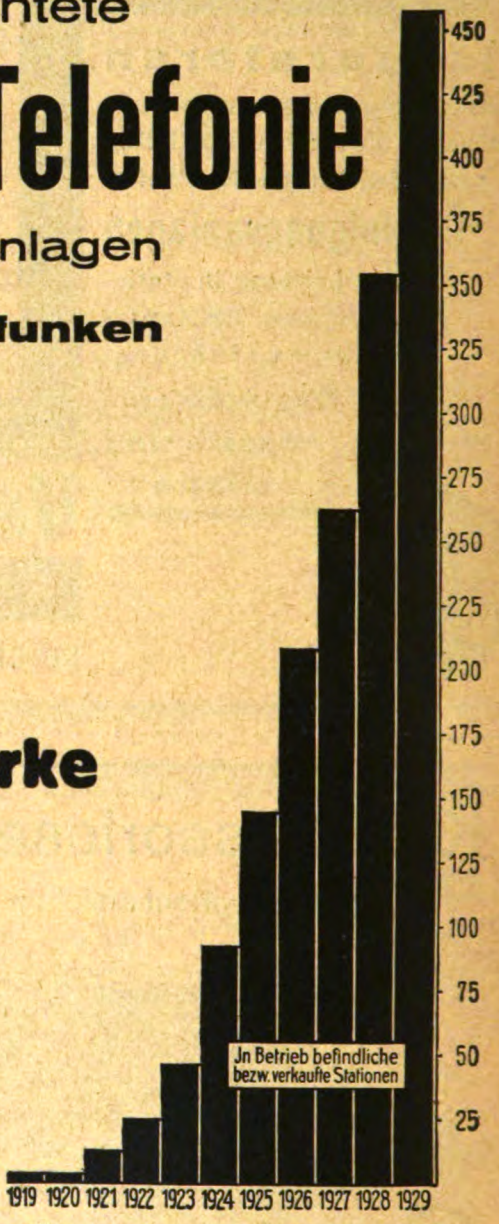
für Fernkraftanlagen

System Telefunken

In den Absatzzahlen liegt das

Werturteil der Elektrizitätswerke

über unsere Anlagen



TELEFUNKEN

Gesellschaft für drahtlose Telegraphie mbH.

BERLIN SW 11

Digitized by Google

Die in diesem Abschnitt entwickelten Formeln sowie die in Abb. 2 gegebenen Kurven ermöglichen es nunmehr, für jeden beliebigen Kurzschlußpunkt im einfach gespeisten Netz den Höchstwert des Stoßstromes und seine Komponenten vorauszubestimmen.

6. Der zeitliche Verlauf der Ausgleichströme bei Klemmenkurzschluß von Synchrongeneratoren.

Nachdem der Stoßstrom-Höchstwert und seine Komponenten abhängig von der Kurzschlußstelle im Netz gefunden sind, soll im folgenden der zeitliche Verlauf des Ausgleichvorganges geschildert werden. Die übliche Theorie sagt voraus, daß Gleich- und Wechselstromanteile des Ausgleichstromes nach einem Exponentialgesetz verklingen. Dabei ergeben sich für dreipoligen und zweizweipoligen Kurzschluß verschiedene Verhältnisse. Beim zweipoligen Kurzschluß ist nämlich die Dämpfung des Ausgleichwechselstromes fast um etwa die Hälfte kleiner als beim dreipoligen Kurzschluß, so daß die Ausgleichströme entsprechend längere Wirkungsdauer besitzen.

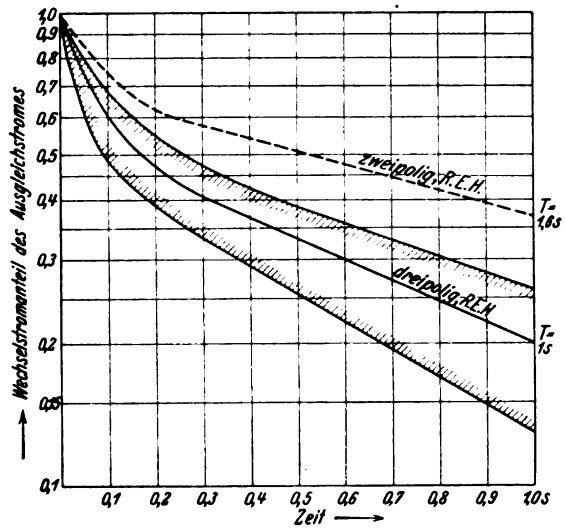


Abb. 3. Abklingen des Ausgleichwechselstromes beim plötzlichen zwei- und dreipoligen Klemmenkurzschluß von Turbogeneratoren.

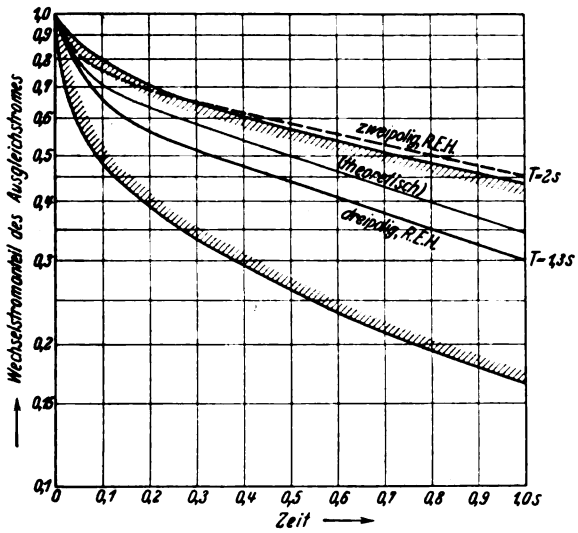


Abb. 4. Abklingen des Ausgleichwechselstromes beim plötzlichen zwei- und dreipoligen Klemmenkurzschluß von Schenkelpolgeneratoren.

Demgegenüber zeigt aber der oszillographisch aufgenommene Verlauf der Stoßkurzschlußströme einen qualitativen Unterschied im Vergleich zu den theoretischen Ergebnissen: Der Abfall des Stromes erfolgt unmittelbar nach Kurzschlußeintritt viel rascher als exponentiell. Diese Erscheinung rührt zum Teil von Wirbelstrombildung in den massiven Teilen des Läufers und der Dämpferwicklung her; in gleicher Richtung wirkt noch die Sättigung namentlich der Zähne. Beide Einflüsse sind zwar qualitativ berechenbar, es ergeben sich jedoch keine universell für alle Maschinen gültigen einfachen Gesetzmäßigkeiten. Man ist daher auf die statistische Auswertung von Versuchsergebnissen angewiesen. Entsprechende Versuche sind in größerer Anzahl ausgeführt worden. Diese Versuchsergebnisse wurden in der Weise ausgewertet, daß als Mittelwerte der aufgenommenen Stromkurven der Gleichstromanteil und der Wechselstromanteil des Stoßstromes getrennt aufgetragen wurden. Den besten Einblick in das zeitliche Abklinggesetz der Ströme erhält man, wenn man die Amplitudenkurve des Ausgleichwechselstromes sowie die Abklingkurve des Gleichstromgliedes in ein logarithmisches Diagramm einträgt. Ein genau exponentielles Verlöschen der Ströme mit einer definierten Zeitkonstante ergibt in einem solchen Schaubild eine gerade Linie, so daß die Abweichung von der Geraden die Abweichung des Abklinggesetzes von der Exponentialfunktion anzeigt.

In Abb. 3 u. 4 ist gesondert für Turbo- und Schenkelpolgeneratoren in logarithmischem Maßstab der Funktionsstreifen aufgetragen, in den die Abklingkurven für den Ausgleichwechselstrom, ermittelt aus zahlreichen Oszillogrammen[8], hineinfallen. Es wurde hieraus eine mittlere Abklingkurve berechnet, die in Abb. 3 und 4 stark eingezeichnet ist. Natürlich stellt diese Abklingkurve nur einen rohen Mittelwert dar, namentlich bei Schenkelpolgeneratoren weichen die aus Oszillogrammen ermittelten Abklingkurven teilweise sehr stark von ihr ab. Trotzdem aber nähert sich, wie aus Abb. 4 und 7 ersichtlich ist, eine auf Grund einer verfeinerten Theorie[9] berechnete Abklingkurve recht gut der experimentellen mittleren Kurve. Die eben geschilderten Verhältnisse beziehen sich auf den dreipoligen Klemmenkurzschluß der Synchronmaschine. Für den exponentiellen Teil der Abklingkurven des Ausgleichwechselstromes ergeben sich Zeitkonstanten von 1 s (für Turbogeneratoren) bis etwa 1,3 s (für Schenkelpolgeneratoren). Für den zweipoligen Klemmenkurzschluß lagen nicht so zahlreiche Versuchsergebnisse vor, jedoch sind auch für diesen Fall mittlere Abklingkurven in Abb. 3 u. 4 angegeben. Hier findet man als Zeitkonstanten des exponentiellen Kurventeiles die Werte 1,6 s (Turbogeneratoren) und 2 s (Schenkelpolgeneratoren). Endlich ist in Abb. 5 für Turbo- und Schenkelpolgeneratoren der Bereich aufgetragen, welcher die Abklingkurven für das Gleichstromglied des Stoßstromes enthält. Die Auswertung vieler Oszillogramme ergab, daß das Gleichstromglied praktisch fast immer nach einem Exponentialgesetz abklingt, dessen Zeitkonstante im Bereich 0,1 bis 0,2 s schwankt. In Abb. 6 und 7 sind die Abklingkurven für den Ausgleichwechselstrom nochmals zur besseren Übersicht in gewöhnlichem Maßstab herausgezeichnet. Die mittleren Kurven für zwei- und dreipoligen Kurzschluß wurden der Kurzschlußberechnungsmethode des VDE (Anhang zu den R.E.H./1930[10]) zugrundegelegt.

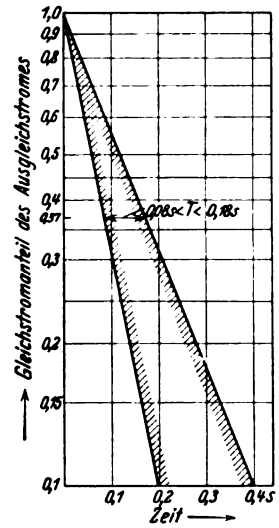


Abb. 5. Abklingen des Gleichstromanteiles des Ausgleichstromes beim plötzlichen Klemmenkurzschluß von Synchronmaschinen.

Die hier mitgeteilten empirisch gewonnenen Abklingkurven bezogen sich alle auf Klemmenkurzschluß. Um nun das Verlöschen des Stoßstromes an einer beliebigen Kurzschlußstelle im Netz übersehen zu können, müßte man Abklingkurven für verschiedene numerische Kurzschlußentfernungen aufzeichnen. Es sind nun eine Reihe von Oszillogrammen für den Stoßstrom beim Kurzschluß über Reaktanzen aufgenommen. Nach Auswertung dieser Oszillogramme sollen die Abklingkurven für numerische Kurzschlußentfernungen größer als 1 in einer späteren Untersuchung veröffentlicht werden.

7. Erwärmung durch den Stoßkurzschlußstrom.

In diesem Abschnitt sollen die Wärmewirkungen des Stoßkurzschlußstromes betrachtet werden, deren Kenntnis für die ausreichende Bemessung der besonders gefährdeten

[8] Die Versuche wurden im Prüffeld des Dynamowerks der Siemens-Schuckertwerke ausgeführt. Vgl. auch R. Rüdenberg, wie Fußnote 2, S. 42, 43.

[9] Vgl. eine demnächst im Arch. El. erscheinende Arbeit von F. Ollendorff.

[10] Vgl. ETZ 1929, S. 242.

Digitized by Google

Netzleitungen und Wicklungen von Apparaten von Wichtigkeit ist. Die Querschnitte der Leitungen sind nämlich nicht nur nach dem Spannungsabfall und nach der durch den normalen Belastungstrom hervorgerufenen Erwärmung zu bemessen, sondern man muß auch die Wärmewirkungen eines plötzlichen Kurzschlusses in Rechnung setzen, da diese unter Umständen zu einer Zerstörung der Leitungen führen können. Da sich die Kurzschlußvorgänge in kurzer Zeit abspielen, so findet eine merkliche Abstrahlung oder Ableitung der Wärme aus den Leitungen nicht statt; die gesamte Stromwärme dient vielmehr zur Erhitzung des Leitermaterials. Die Erwärmung ϑ durch den Dauerkurzschlußstrom I_d ist proportional seiner Wirkungszeit t:

$$\vartheta = \frac{\varrho}{c}\left(\frac{I_d}{q}\right)^2 t \quad \ldots\ldots\ldots \quad (31)$$

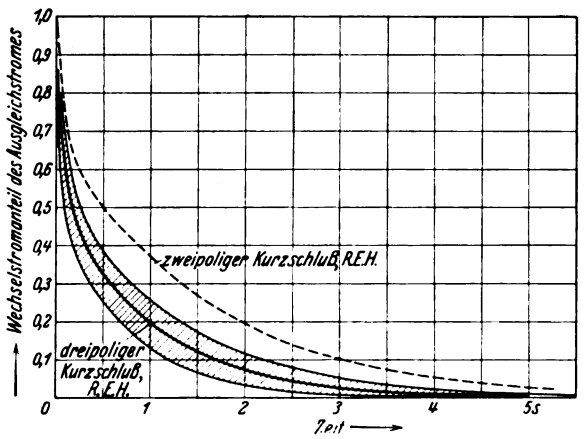


Abb. 6. Verlauf des Ausgleichwechselstromes beim plötzlichen Klemmenkurzschluß von Turbogeneratoren.

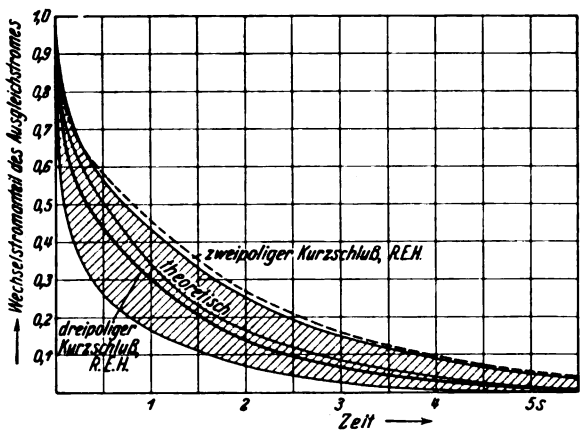


Abb. 7. Verlauf des Ausgleichwechselstromes beim plötzlichen Klemmenkurzschluß von Schenkelpolgeneratoren.

Hierbei bedeuten ϱ den spezifischen Widerstand, c die spezifische Wärme der Raumeinheit des Leitermaterials und q den Leiterquerschnitt in mm². Für warmes Kupfer kann im Mittel gesetzt werden

$$\varrho = \frac{1}{45}\ \frac{\Omega\,\mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}; \qquad c = 3{,}5\ \frac{\mathrm{Ws}}{^\circ\mathrm{C}\ \mathrm{cm}^3},$$

so daß die Übertemperatur für Kupferleitungen sich zu

$$\vartheta_{Cu} = \frac{1}{157}\left(\frac{I_d}{q}\right)^2 t \quad \ldots\ldots\ldots \quad (32)$$

ergibt. Hierbei ist von einer Erhöhung des spezifischen Widerstandes mit der Temperatur abgesehen.

Während die Erwärmung durch den Dauerkurzschlußstrom linear mit der Zeit anwächst, erfolgt der Temperaturanstieg unter Einwirkung des Stoßkurzschlußstromes anfangs viel schneller, wie es schematisch in Abb. 8 gezeigt ist. Erst später nach Abklingen des Stoßstromes nähert sich die Erwärmung asymptotisch ihrem geradlinig mit der Zeit zunehmenden Verhalten. Man kann nun die Erwärmung durch den Stoßstrom dadurch berücksichtigen, daß man der wahren Wirkungszeit t des Dauerkurzschlußstromes eine ideelle Zuschlagszeit des Stoßstromes Δt hinzufügt[11]. Die Wärmewirkung des gesamten Kurzschlußstromes wird also in dieser Darstellung durch eine äquivalente Erwärmung lediglich eines Dauerkurzschlußstromes von entsprechend längerer Wirkungszeit ersetzt. Die Übertemperatur des vom gesamten Kurzschlußstrom (Stoß- und Dauerkurzschlußstrom) erhitzten Leiters bestimmt sich dann aus

$$\vartheta = \left(\frac{I_d}{q}\right)^2 (t + \Delta t) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (33)$$

Die Zuschlagszeit Δt kann nach dieser Definition jedenfalls durch graphische Integration aus dem aufgenommenen Oszillogramm des gesamten Kurzschlußstromes bestimmt werden. Man hat hiernach lediglich über der Zeit das Quadrat des Stromes aufzutragen und die von der so erhaltenen Kurve und der Abszissenachse eingeschlossene Fläche auszuwerten.

Eine Näherungsformel läßt sich auf dieser Grundlage gewinnen, wenn man die wirkliche Abklingkurve durch eine Exponentiallinie ersetzt. Eine auf diese Weise vorgenommene Abschätzung[12] läßt erkennen, daß diese Zuschlagszeit in erster Linie durch das quadratische Verhältnis von Stoßstrom-Höchstwert zu Dauerkurzschlußstrom bedingt ist. Ihre numerische Größe ist außerdem bestimmt durch die Daten des Kurzschlußkreises, also insbesondere durch die Dämpfungszeitkonstanten des Gleich- und Wechselstromanteils des Stoßkurzschlußstromes sowie durch die Streuziffer.

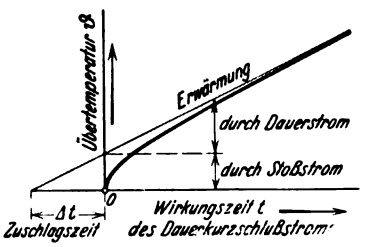


Abb. 8. Anstieg der Leitererwärmung nach einem plötzlichen Kurzschluß.

Da diese theoretische Formel infolge des in Wirklichkeit nicht exponentiellen Abklingens des Kurzschlußstromes keine praktisch hinreichend sicheren numerischen Resultate liefert, ist es zweckmäßig, nur die grundlegende Abhängigkeit der Zuschlagszeit vom quadratischen Verhältnis des Stoßstromes zum Dauerstrom beizubehalten und den Einfluß des Stromkreises an Hand wirklich aufgenommener Oszillogramme numerisch zu bestimmen. Solche Versuche sind bisher nur für Klemmenkurzschluß ausgewertet. Es ist jedoch geplant, die Versuche sowohl hinsichtlich des Kurzschlusses über induktive als auch gemischt ohmisch induktive äußere Widerstände zu ergänzen. Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, daß die im Anhang zu den R.E.H. angegebene Formel für die Abhängigkeit der Zuschlagszeit von der numerischen Kurzschlußentfernung sich bei einer genaueren Überlegung als nicht ganz korrekt erwiesen hat. Wir behalten uns deshalb vor, auf diesen Punkt nach Abschluß der erwähnten Versuche noch einmal zurückzukommen.

Auf Grund der genannten rechnerischen und experimentellen Ergebnisse können wir die Zuschlagszeit jedenfalls für geringe numerische Kurzschlußentfernungen in folgender Form darstellen:

$$\Delta t = \left(\frac{I_s}{1{,}8\, I_d}\right)^2 T_w \quad \ldots\ldots\ldots \quad (34)$$

Hierin kann T_w als wirksame Gesamtzeitkonstante hinsichtlich des Erwärmungsvorganges bezeichnet werden, die sich im wesentlichen additiv aus den beiden Dämpfungszeitkonstanten der Maschine (Gleichstromdämpfung und Wechselstromdämpfung) ergibt. Die Auswertung vieler Oszillogramme zeigte, daß die wirksame Zeitkonstante T_w bei dreipoligem Kurzschluß im Mittel 0,3 s betrug. Für zweipoligen Kurzschluß ergab sich infolge der geringeren Dämpfung T_w etwa zu 0,6 s. Mithin kann man die Zuschlagszeiten zur Berücksichtigung der Stoßstromerwärmung durch folgende Formeln abschätzen:

für dreipoligen Kurzschluß

$$\Delta t \approx 0{,}3\left(\frac{I_s}{1{,}8\, I_d}\right)^2 \text{ sec}, \quad \ldots\ldots \quad (35)$$

für zweipoligen Kurzschluß

$$\Delta t \approx 0{,}6\left(\frac{I_s}{1{,}8\, I_d}\right)^2 \text{ sec}. \quad \ldots\ldots \quad (36)$$

Wenn man beachtet, daß der zweipolige Dauerkurzschlußstrom etwa den 1,5fachen Wert des dreipoligen besitzt, so

[11] Vgl. R. Rüdenberg, wie Fußnote 2, S. 57.

[12] Vgl. R. Rüdenberg, wie Fußnote 2, S. 57 u. wie Fußnote 1, S. 107.

Digitized by Google

zeigen die beiden Formeln (35) und (36), daß die Zuschlagszeiten für zwei- und dreipoligen Kurzschluß nahezu gleichgroß sind.

8. Der dreipolige Stoßkurzschlußstrom bei Asynchronmaschinen.

Beim Kurzschluß von Asynchronmaschinen ist in noch höherem Maße als bei Synchronmaschinen der Fall des drei- und zweipoligen Kurzschlusses scharf voneinander zu trennen. Am einfachsten lassen sich die Verhältnisse beim dreipoligen Kurzschluß übersehen. Da die Asynchronmaschine keine innere Eigenerregung enthält, muß im Falle des dreipoligen Kurzschlusses das Feld der Maschine vollständig zusammenbrechen; infolgedessen besitzt die Asynchronmaschine keinen dreipoligen Dauerkurzschlußstrom. Dagegen treten natürlich unmittelbar nach plötzlichem Kurzschluß Ausgleichströme auf, die den Übergang vom erregten in den feldfreien Dauerzustand vermitteln. Diese Ströme können am einfachsten durch eine Überlagerungsmethode berechnet werden: Man denkt sich den Kurzschluß ersetzt durch ein System symmetrischer Phasenspannungen, welches den vor Kurzschlußeintritt an den Maschinenklemmen wirksamen Phasenspannungen entgegengesetzt gleich ist. Dieses Spannungsystem ruft dann in der Asynchronmaschine genau dieselben Erscheinungen hervor wie in einer gleichgebauten Synchronmaschine; nur hat man zu beachten, daß zu diesem überlagerten Stromsystem bei der Asynchronmaschine das normale Stromsystem tritt, welches vor dem Kurzschlußbeginn vom Generator in die Asynchronmaschine geliefert wurde. Die Verhältnisse liegen hier ganz analog denen in einer vorbelasteten Synchronmaschine; während aber dort der Vorbelastungstrom willkürlich je nach Art der Belastung sich einstellt, muß der stationäre Strom der Asynchronmaschine mindestens ihren Magnetisierungstrom erreichen. Hierin ist der charakteristische Unterschied beider Maschinenarten — kein Dauerkurzschlußstrom bei der Asynchronmaschine — begründet. Ebenso ergibt sich aus diesem Vergleich, daß der Höchstwert des Stoßstromes um den Betrag des Magnetisierungstromes kleiner sein muß als bei einer gleichgroßen Synchronmaschine. Ohne Berücksichtigung der Dämpfung im Ständer ist der Höchstwert des Stoßstromes I_s gegeben durch den Ausdruck[13]

$$I_s = \frac{2-\sigma}{\sigma} I_\mu \sqrt{2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (37)$$

Hierbei bedeuten σ den Streukoeffizienten und I_μ den Effektivwert des Magnetisierungstromes der Asynchronmaschine. Die Streuung σ läßt sich analog dem Verfahren bei der Synchronmaschine [s. Gl. (13)] durch leicht zugängliche Maschinenkonstanten ausdrücken; es ist dabei aber zu beachten, daß der Dauerkurzschlußstrom einer Synchronmaschine bei Leerlauferregung das genaue Analogon zum Magnetisierungstrom (Leerlaufstrom) einer Asynchronmaschine darstellt. Dabei tritt an Stelle des Begriffes des Kurzschlußverhältnisses bei Leerlauf nach Gl. (13) das Verhältnis des Magnetisierungstromes I_μ zum Nennstrom I_n. Wir erhalten also

$$\sigma = \varepsilon_s \frac{I_\mu}{I_n} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (38)$$

Mit dieser Bezeichnung nimmt die Gl. (37) die Form an:

$$\frac{I_s}{I_n\sqrt{2}} = \frac{2}{\varepsilon_s}\left[1 - \frac{1}{2}\varepsilon_s \frac{I_\mu}{I_n}\right] \quad \ldots\ldots \quad (39)$$

Wir haben in dieser Gleichung also den höchstmöglichen Stoßstrom nur in Abhängigkeit bekannter Maschinendaten ausgedrückt. Rechnet man für praktische Verhältnisse mit einem mittleren Wert der relativen Streuspannung von $\varepsilon_s = 20\,\%$ und einem Magnetisierungstrom von 40 %, so ergibt sich aus Gl. (39)

$$\frac{I_s}{I_n\sqrt{2}} = \frac{2}{0{,}2}\left[1 - \frac{0{,}2}{2} \cdot 0{,}4\right] = 9{,}6\,.$$

Beim plötzlichen dreipoligen Kurzschluß sind also im Ständer der Asynchronmaschine Stromstöße zu erwarten, die etwa den 10fachen Wert der Nennstromamplitude betragen.

9. Der zweipolige Kurzschluß der Asynchronmaschine.

Etwas schwieriger sind die Verhältnisse beim zweipoligen Kurzschluß nach Abb. 9 zu übersehen, weil in diesem Falle die Asynchronmaschine über die gesunde Phasenwicklung hinweg vom Generator weiterhin mit Strom versorgt wird, so daß das Feld auch beim stationären Kurzschluß nicht bis auf Null herabsinkt. Um hier einfache Verhältnisse zu erhalten, kann man annehmen, daß die speisenden Synchronmaschinen sehr groß im Verhältnis zur Asynchronmaschine sind, was wohl praktisch meist erfüllt ist. In diesem Falle kann man zunächst die Folgen des Kurzschlusses auf das speisende Spannungsystem leicht überblicken. Zwischen den vom Kurzschluß betroffenen Phasenleitern bricht die Spannung zusammen, wobei also nach Abb. 10 das ursprüngliche gleichseitige Dreieck der

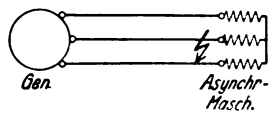


Abb. 9. Zweipoliger Kurzschluß einer Asynchronmaschine.

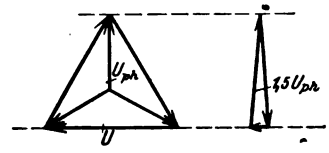


Abb. 10. Deformation des Spannungsdreiecks beim zweipoligen Kurzschluß.

verketteten Spannungen in ein gleichschenkliges Dreieck übergeht, dabei ist jetzt die Spannung zwischen dem gesunden Phasenleiter und den kurzgeschlossenen von dem ursprünglichen Wert auf das 1,5fache der Phasenspannung U_{ph} gesunken. Diese Deformation des Spannungsdreiecks stellt man gleichfalls zweckmäßig durch eine Überlagerungsmethode dar, wobei man von dem System der gesunden Phasenspannungen ausgehen kann; der Kurzschluß erscheint dann als plötzlicher Eingriff zweier zusätzlicher Phasenspannungen an den kranken Phasenleitern, welche nach Abb. 11 den $^1/_2\sqrt{3}$fachen Betrag der Phasenspannung U_{ph} besitzen und einander entgegengesetzt gerichtet sind. Der Phasenspannung des gesunden Leiters ist dagegen die Phasenspannung Null zu überlagern. Man hat folglich als überlagertes Spannungssystem die drei Vektoren nach Abb. 12, welche sich leicht in zwei gegenläufige Drehspannungsysteme nach Abb. 13 zerlegen lassen. Man erkennt Lage und Größe dieser Drehfeldkomponenten, deren Beträge sich zu je $^1/_2\,U_{ph}$ ergeben. Nunmehr kann man leicht, wenn von Sättigungserscheinungen innerhalb der Asynchronmaschine abgesehen wird, die Wirkung der beiden überlagerten rechts- und linksläufigen Drehspannungsysteme einzeln berechnen und zum Gesamtstromsystem zusammensetzen, wobei noch die stationären Ströme vor Eintritt des Kurzschlusses genau wie beim dreipoligen Kurzschluß zu berücksichtigen sind. Diese Rechnung verläuft im einzelnen wie bei der Synchronmaschine. Das Ergebnis möge in der folgenden Tafel veranschaulicht werden.

Tafel 1. Ermittlung des Stoßstrom-Höchstwertes bei zweipoligem Kurzschluß der Asynchronmaschine.

Spannungsysteme in der gesunden Phase 1			Höchstwerte der Stoßstromkomponenten bei Beginn des Kurzschlusses: Dauerstrom	Gleichstromanteil des Ausgleichstromes	Wechselstromanteil des Ausgleichstromes
stationäres Spannungssystem	$+U_{ph}$	rechtsläufig	$+I_\mu$	0	0
beim zweipoligen Kurzschluß überlagerte Spannungssysteme	$-\frac{1}{2}U_{ph}$	rechtsläufig	$-\frac{1}{2}I_\mu$	$+\frac{1}{2}\frac{I_\mu}{\sigma}$	$-\frac{1}{2}I_\mu\frac{1-\sigma}{\sigma}$
	$+\frac{1}{2}U_{ph}$	linksläufig	$-\frac{1}{2}\frac{I_\mu}{\sigma}$	$+\frac{1}{2}\frac{I_\mu}{\sigma}$	0
Spannungsysteme in der kranken Phase 2			**Höchstwerte der Stoßstromkomponenten bei Beginn des Kurzschlusses: Dauerstrom**	**Gleichstromanteil des Ausgleichstromes**	**Wechselstromanteil des Ausgleichstromes**
stationäres Spannungssystem	U_{ph}	rechtsläufig	I_μ	0	0
beim zweipoligen Kurzschluß überlagerte Spannungssysteme	$-\frac{1}{2}U_{ph}$	rechtsläufig	$-\frac{1}{2}I_\mu$	$+\frac{1}{2}\frac{I_\mu}{\sigma}$	$-\frac{1}{2}I_\mu\frac{1-\sigma}{\sigma}$
	$-\frac{1}{2}U_{ph}\times e^{j60°}$	linksläufig	$-\frac{1}{2}\frac{I_\mu}{\sigma}\times e^{j60°}$	$+\frac{1}{2}\frac{I_\mu}{\sigma}\times e^{j60°}$	0

[13] Vgl. R. Rüdenberg, wie Fußnote 1, S. 89.

Digitized by Google

In Phasenwicklung *3* verhalten sich die Ströme aus Symmetriegründen genau so wie in Phasenwicklung *2*. Man überzeugt sich an Hand der Tafel 1 leicht, daß im Moment des Kurzschlusses (zur Zeit $t = 0$) in sämtlichen Phasenleitern gerade der normale Magnetisierungstrom fließt; in der Tat können sich die Wicklungsströme nicht sprunghaft ändern. Der Verlauf des Kurzschlußstromes ist für normale Verhältnisse von Streuung und Dämpfung in Abb. 14 für die verschiedenen Phasenwicklungen gezeichnet. Man erkennt, daß der Strom von seinem Leerlaufwert aus unter stoßartigen Vorgängen sich einem Dauerwert nähert, welcher den Magnetisierungstrom bei weitem übertrifft. Dabei ergeben sich zahlenmäßig leicht übersehbare Verhältnisse für die gesunde Phasenwicklung, in welcher nämlich sämtliche Stromsysteme gleichphasig schwingen. Man findet für den Dauerkurzschlußstrom in der höchstbelasteten Phasenwicklung *1* die Beziehung

$$\frac{I_d}{I_n} = \frac{I_\mu}{I_n}\,\frac{1-\sigma}{2\sigma}. \qquad (40)$$

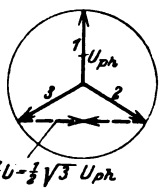


Abb. 11. Ersatz der Spannungen an den kranken Phasenleitern durch zusätzliche Phasenspannungen.

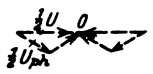


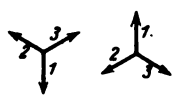
Abb. 12. Überlagertes Spannungssystem.

Dieser Strom ist, wie man sich leicht überzeugt, gleich dem halben Wert des gesamten ideellen Stillstandstromes[14], welchen die Maschine bei stillstehendem Läufer führen würde, falls dieser widerstandsfrei ist; er ist im allgemeinen, wie aus Gl. (40) hervorgeht, größer als der Nennstrom der Maschine. Beträgt z. B. der Magnetisierungsstrom 40 % des Nennstromes und die relative Streuspannung $\varepsilon_s = 20\,\%$, so folgt mit Gl. (38) und (40)

$$\frac{I_d}{I_n} = 0{,}4\,\frac{1-0{,}2\,.\,0{,}4}{2\,.\,0{,}2\,.\,0{,}4} = 2{,}3\text{ fach}.$$

Der zweipolige Dauerkurzschlußstrom beträgt also etwa das 2½fache des normalen Nennstromes. Für den Höchstwert des Stoßkurzschlußstromes in der größtbelasteten Phase *1* findet man ebenfalls an Hand der Tafel 1 unter Vernachlässigung der Dämpfung den Ausdruck

$$\frac{I_s}{I_\mu\sqrt{2}} = \frac{2-\sigma}{\sigma}. \qquad (41)$$



Phase	rechts laufend	links laufend	Ergebnis: Geometrische Summe
1	$\downarrow\frac{1}{2}U_{ph}$	$\uparrow\frac{1}{2}U_{ph}$	0
2	$\searrow\frac{1}{2}U_{ph}$	$\nearrow\frac{1}{2}U_{ph}$	$\leftarrow\frac{1}{2}U_{ph}\sqrt{3}$
3	$\nearrow\frac{1}{2}U_{ph}$	$\searrow\frac{1}{2}U_{ph}$	$\rightarrow\frac{1}{2}U_{ph}\sqrt{3}$

Abb. 13. Zerlegung des überlagerten Spannungssystems in zwei gegenläufige Drehfelder.

Diese Beziehung gleicht gemäß Gl. (37) genau dem Stoßstrom-Höchstwert bei dreipoligem Kurzschluß, für dessen Verhältnis zum Nennstrom wir nach Gl. (39) schreiben können:

$$\frac{I_s}{I_n\sqrt{2}} = \frac{2}{\varepsilon_s}\left[1-\frac{1}{2}\,\varepsilon_s\,\frac{I_\mu}{I_n}\right]. \qquad (39)$$

Die Dämpfung berücksichtigt man durch Erniedrigung des Stoßfaktors 2, an dessen Stelle man praktisch etwa 1,8 zu setzen hätte.

Im allgemeinen ist der Korrekturfaktor $\frac{1}{2}\,\varepsilon_s\,\frac{I_\mu}{I_n}$ klein, z. B. beträgt er für einen normalen Asynchronmotor mit $\varepsilon_s = 20\,\%$, $\frac{I_\mu}{I_n} = 40\,\%$, nur 4 %. Erfolgt daher der zweipolige Kurzschluß nahe an den Klemmen der Asynchronmaschine, so kann man mit ausreichender Genauigkeit den Stoßkurzschlußstrom nach denselben Formeln wie für eine gleichgebaute Synchronmaschine berechnen. Erst wenn zwischen den Klemmen der Asynchronmaschine und der Stelle des Kurzschlusses eine erhebliche zusätzliche Reaktanz liegt, tritt infolge der erhöhten Streuung das Korrekturglied in Erscheinung und verkleinert den Stoßkurzschlußstrom. Da es sich jedoch bei den Kurzschlußberechnungen für Asynchronmaschinen in der Regel nur um Korrekturgrößen der von den Synchrongeneratoren herrührenden Ströme handelt, ist im allgemeinen die Vernachlässigung dieses zusätzlichen Korrekturgliedes statthaft.

10. Zusammenfassung.

Die bekannten Gesetze des Stoßkurzschlusses bei Klemmenkurzschluß werden unter Berücksichtigung praktisch wichtiger Gesichtspunkte auf den Fall des induktiven Kurzschlusses im einfach gespeisten Netz erweitert. Es wird eine Formel für den Stoßstrom-Höchstwert von Synchronmaschinen entwickelt, welche außer den maßgeblichen Maschinenkonstanten lediglich die numerische Kurzschlußentfernung der Fehlerstelle enthält; es wird gezeigt, daß man mit Hilfe dieser Formeln außer dem Stoßstrom-Höchstwert selbst auch seine Komponenten leicht ermitteln kann, die für die Berechnung der Abschaltleistungen in Netzstellen von Bedeutung sind. Die Ergebnisse werden zahlenmäßig durch Kurven erläutert, welche für normale Verhältnisse neuzeitlicher Maschinen berechnet sind. Das zeitliche Abklinggesetz der Stoßströme wird durch die übliche Theorie nicht befriedigend wiedergegeben. Um hinreichend allgemeingültige Beziehungen zu finden, sind empirisch gewonnene mittlere Abklingkurven angegeben; sie befinden sich in Übereinstimmung mit den Aussagen einer verfeinerten Theorie. Für praktische Berechnungen geeignete Abklingkurven werden bei drei- und zweipoligem Kurzschluß und für die verschiedenen Maschinentypen in normaler und logarithmischer Darstellung angegeben. An Hand theoretischer Überlegungen wird eine Formel für die Wärmewirkung des Stoßkurzschlußstromes entwickelt, welche mittels oszillographischer Aufnahmen numerisch ausgewertet wird. Endlich wird der Stoßkurzschlußvorgang von Asynchronmaschinen untersucht; im dreipoligen Kurzschluß führen sie keinen Dauerstrom, dagegen beträgt der Stoßstrom etwa das gleiche wie bei einer Synchronmaschine gleicher Leistung. Beim zweipoligen Kurzschluß wird ein Dauerkurzschlußstrom vom speisenden Generator her über die gesunde Phasenwicklung unterhalten. Dieser Dauerkurzschlußstrom ist etwa halb so groß wie der stationäre Stillstandstrom. Der Stoßstrom der höchstbelasteten Phase besitzt dieselbe Größe wie beim dreipoligen Kurzschluß. Erfolgt der Kurzschluß an den Klemmen der Asynchronmaschine, so verkleinern sich die Stoßströme um Korrekturfaktoren, deren Größe in Abhängigkeit von den Daten der Maschine und der Kurzschlußbahn angegeben wird.

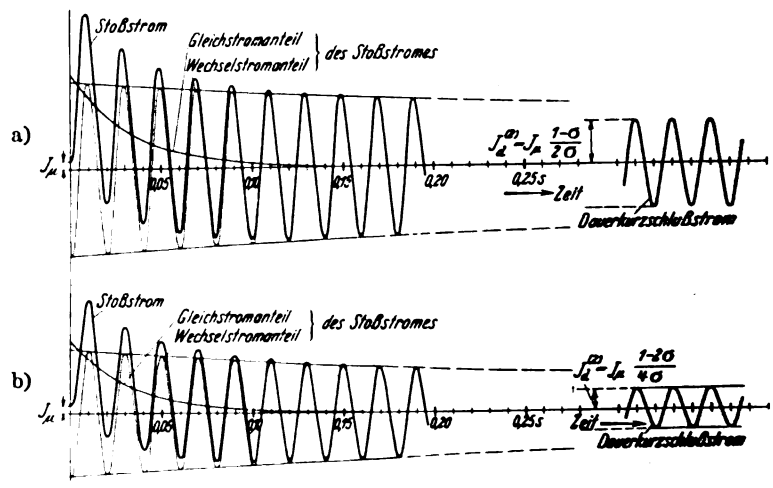


Abb. 14. Zeitlicher Verlauf des Stoßkurzschlußstromes beim zweipoligen Kurzschluß von Asynchronmaschinen a) im gesunden Phasenleiter, b) in den vom Kurzschluß betroffenen Phasenleitern, u. zw. für den ungünstigsten Schaltmoment.

(Die Aufsatzreihe wird durch eine Arbeit von M. Tunkel fortgesetzt werden.)

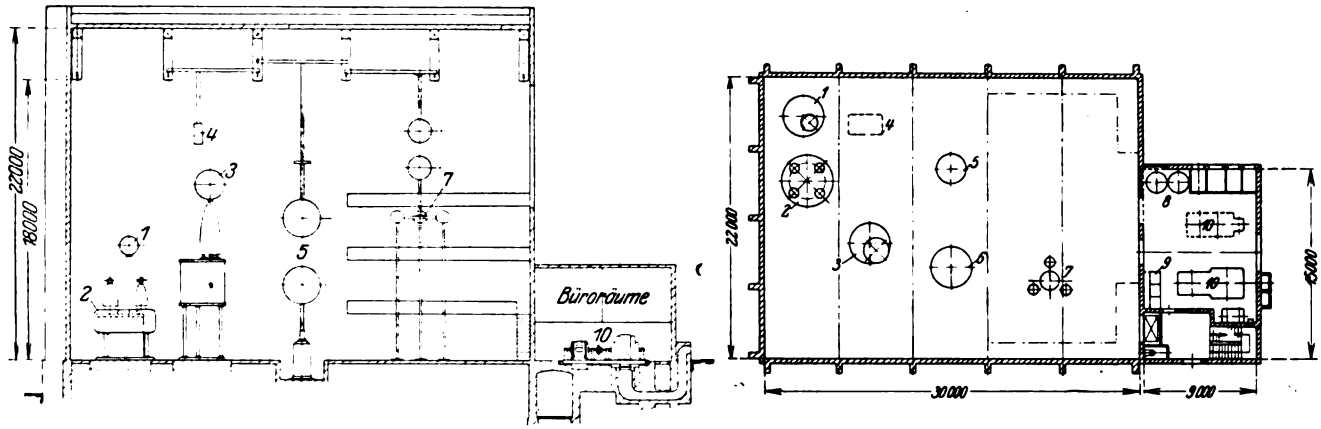
[14] Vgl. z. B. Thomälen, Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik, 10. Aufl., S. 271.

Digitized by Google

Das Rosenthal-Hochvolthaus für 2000 kV gegen Erde.

Von Dr.-Ing. **K. Draeger**, Selb i. Bayern.

Der bereits im Jahre 1928 begonnene Neubau des 2000 kV-Versuchsfeldes der Porzellanfabrik Rosenthal, Selb, wurde vor kurzem dem Betrieb übergeben. Durch Verwertung aller Neuerungen und technischen Fortschritte der letzten Jahre dürfte dieses Versuchsfeld das neuzeitlichste und besteingerichtete aller derartigen Versuchsfelder geworden sein. — Der große Prüfraum bedeckt eine Grundfläche von 30 × 22 m bei etwa 21 m Höhe (Abb. 1). Die Decke ist freitragend ohne jede stützende Säulenkonstruktion. Wegen der in der Hauptsache im Dunkeln stattfindenden Versuche ist das Gebäude völlig fensterlos, trotzdem macht es architektonisch einen guten Eindruck (Abb. 2). Auf Grund eingehender Kostenberechnungen wurde eine Kombination aus Eisenbeton- und Eisenkonstruktion gewählt, die für derartige weitspannende Gebäude mit hoher mechanischer Belastungsmöglichkeit sich bei weitem als die wirtschaftlichste erwies. Trotz des flachen Daches, das für Freiluftversuche vorgesehen und für 300 kg/m² Nutzlast berechnet ist, betragen die Baukosten für den umbauten Raum nur etwa 11 RM/m³, wobei die wegen des felsigen Bodens sehr hohen Kosten für die Fundamente und Maschinenhauskeller einbegriffen sind. Das Gerippe des Gebäudes bilden stark armierte Eisenbetonsäulen von 100 × 50 cm² Querschnitt. Die Zwischenwände sind mit Bimsbeton ausgegossen, der ebenfalls wegen des hohen Winddruckes mit Eisenstäben armiert ist. Sämtliche Armierungseisen sind leitend miteinander verbunden, so daß ein geschlossener Eisenkäfig entsteht, der Störungen durch hochfrequente Schwingungen nach außen verhindert. Auf den Betonsäulen lagern die Eisenbinder von 2 bzw. 2,5 m Höhe. Das Dach ist als Hohlsteindach ausgebildet. In dem vorderen Drittel des Versuchsraumes befinden sich vier Tribünen übereinander, u. zw. in 3,5, 7, 10 und 18 m Höhe (Abb. 3). Zur Ausführung des Spannungsdrahtes in das Freiluftversuchsfeld dienen zwei runde Öffnungen, u. zw. eine Öff-



1 1000 kV-Transform. *3* (2000 kV-Transform.)[1] *5* Kugelfunkenstrecke *7* Stoßanlage für 2200 kV *9* Schalttafel
2 (Zwischentransform.)[1] *4* Dämpfungswiderstand *6* Ölbottich *8* Drosselspulen *10* Maschinensatz

[1] Diese Apparate sind noch nicht montiert.

Abb. 1.

Abb. 2. Außenansicht des neuen Versuchsfeldgebäudes.

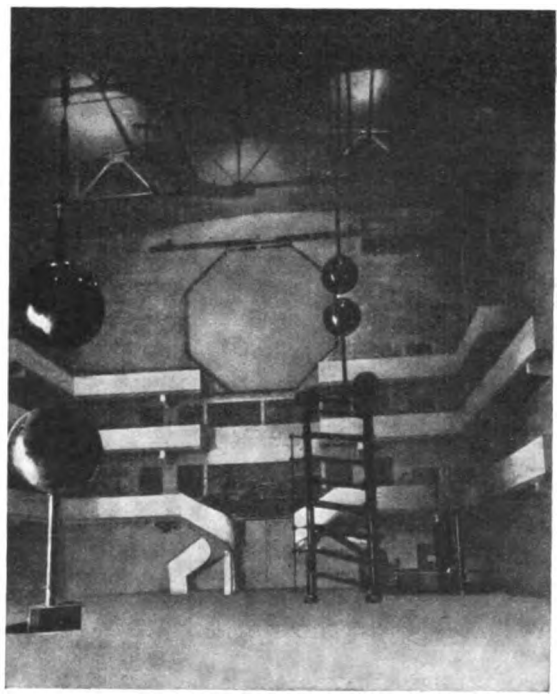


Abb. 3. Innenansicht des großen Versuchsraumes mit Tribünen, Gleichstromstoßanlage und großer Kugelfunkenstrecke.

Digitized by Google

nung im Dach von 5 m Dmr. für 1000 kV und eine zweite Öffnung von über 8 m Dmr. auf der einen Stirnseite für 2000 kV. An den Versuchsraum schließt sich das Maschinenhaus für Motorgenerator und Hochspannungszellen an (Abb. 4). Die oberen Räume sind Meßzimmer und Büros.

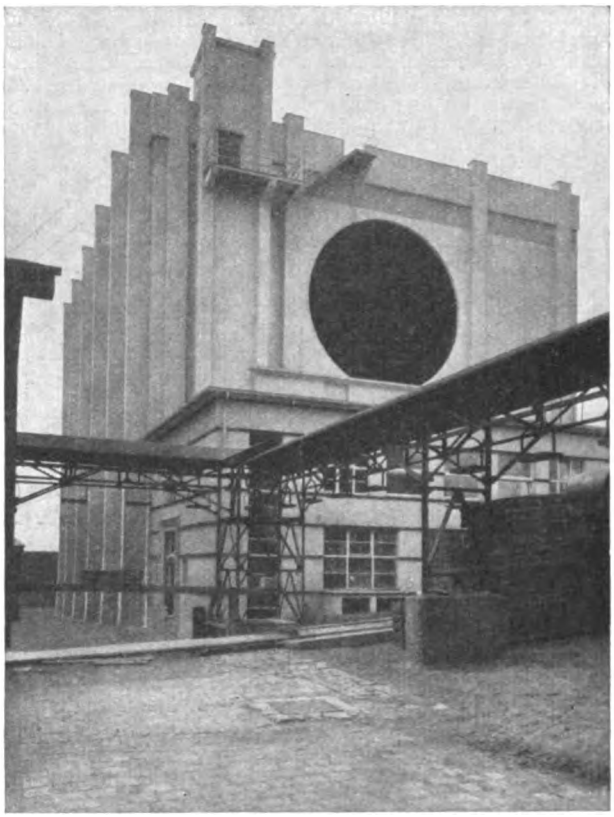


Abb. 4. Ansicht der Stirnseite mit Maschinenhaus, angebautem Fahrstuhlschacht und Öffnung von 8,2 m Dmr. zur Herausführung des Spannungsdrahtes bei 2000 kV.

Die Gebäudeabmessungen ergaben sich aus den Abmessungen der Maschinen und den zulässigen Mindestabständen. Da große Sorgfalt auf glatte Ausführung der Wände ohne jede Ecken und Kanten gelegt wurde, kann man mit 4 kV/cm Durchschlagfestigkeit der Luft rechnen. Die Mindestabstände betragen daher für 1000 kV 2,5 m und für 2000 kV 5,0 m. Gewählt wurden Abstände von etwa 3,5 und 6 m zwischen spannungführenden Teilen und Erde. Zur Montage der Apparateteile sowie zum Transport der Isolatorenketten ist eine Laufkatze vorgesehen, deren Kranträger unter dem Binder angeklemmt ist. Durch Bogen wird die Verbindung zwischen den einzelnen Bindern geschaffen. Auf diese Weise ist es möglich, den ganzen Prüfraum mit der Laufkatze zu befahren und trotzdem zwischen den Bindern senkrechte Ketten zur Aufhängung der zu isolierenden Apparate zu verwenden. — Die Beheizung des über 13 000 m³ großen Versuchsraumes geschieht durch Eindrücken der aus den fertig-

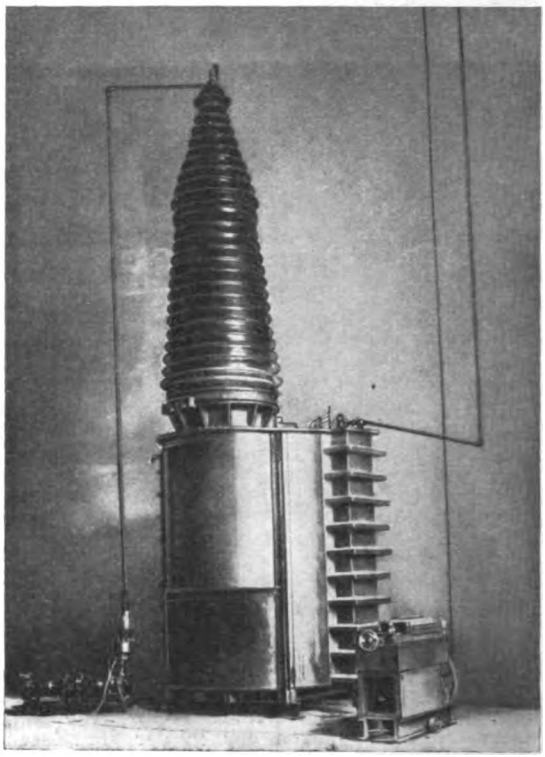
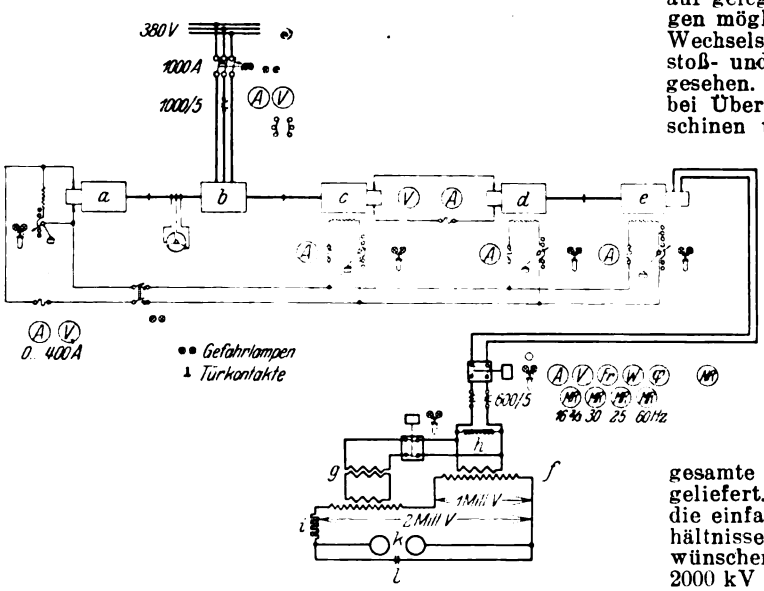


Abb. 6. Evakuierung des 1000 kV-Transformators.

gebrannten Porzellanöfen abgesaugten Heißluft. Abgesehen davon, daß die Betriebskosten dadurch fast Null werden, ist eine Erwärmung des Raumes in etwa einer halben Stunde möglich.

Abb. 1 zeigt die allgemeine Anordnung der Apparate im großen Versuchsraum. Der größte Wert wurde darauf gelegt, daß sämtliche Anordnungen der betriebsmäßigen möglichst nahekommen. Es wird also sowohl für die Wechselspannungsanlage als auch für die Gleichstromstoß- und Hochfrequenzanlage die einpolige Erdung vorgesehen. Der großen Bedeutung genügend hoher Leistung bei Überschlägen wird durch Sonderausbildung von Maschinen und Transformatoren Rechnung getragen. Die



a Erregermaschine
b Drehstrommotor
c (Gleichstromgenerator)[1]
d (Gleichstrommotor)[1]
e Einphasengenerator
f 1000 kV-Transformator
g (Zwischentransformator)[1]
h Drosselspule
i Dämpfungswiderstände
k Kugelfunkenstrecke
l Prüfstück

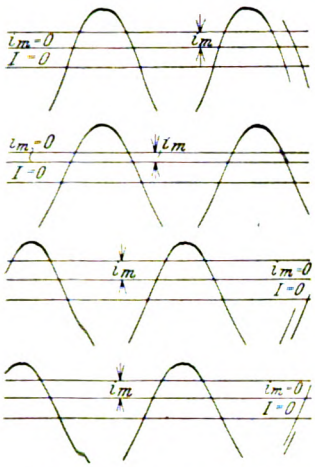
[1] Diese Apparate sind noch nicht montiert.

Abb. 5. Schaltbild der Wechselspannungsanlage.

gesamte Wechselspannungsanlage wurde von der AEG geliefert. Mit Rücksicht auf den geringen Raumbedarf, die einfache Regelung und übersichtlichen Spannungsverhältnisse ist die Verwendung möglichst großer Einheiten wünschenswert. Da es heute noch nicht möglich ist, 2000 kV gegen Erde in einer Einheit herzustellen, wurden zwei Transformatoren von je 1000 kV gegen Erde vorgesehen, deren Hochspannungswicklungen in Reihe und deren Niederspannungswicklungen parallel geschaltet sind (Abb. 5). Der zweite Transformator wird auf einen Isoliertisch gestellt, der für 1000 kV gegen Erde isoliert ist, wobei die Erregung über einen Zwischen-

Digitized by Google

transformator geschieht, der auf einem Isoliertisch für 500 kV gegen Erde untergebracht ist. Der Zwischentransformator besteht aus wenigen Windungen eines Spezialkabels für 550 kV Prüfspannung, dessen Kapazität die Spannungsteilung bewirkt. Der erste bereits in Betrieb befindliche 1000 kV-Transformator stellt eine Sonderausführung mit überraschend geringem Raumbedarf dar. Es ist zu bemerken, daß dieser Transformator außer einer



Osz. 1. Belastung des Generators induktiv auf Drosselspule bei 25 Hz. $E = 620$ V, $I = 250$ A, $i_m = 111{,}5$ A

Osz. 2. Belastung wie bei 1, jedoch bei 50 Hz. $E = 2100$ V, $I = 413$ A, $i_m = 188$ A

Osz. 3. Belastung kapazitiv durch Kondensatoren von 4,53 μF bei 25 Hz. $E = 2594$ V, $I = 195$ A, $i_m = 174{,}5$ A

Osz. 4. Belastung wie bei 3, jedoch bei 50 Hz. $E = 2350$ V, $I = 357$ A, $i_m = 146$ A

Abb. 7. Spannungsoszillogramme bei verschiedenen Belastungen.

in der Transformatorenfabrik der AEG befindlichen ähnlichen Type der einzige überhaupt bisher hergestellte Transformator ist, der 1000 kV gegen Erde in einer Einheit erzeugt. Die Leistung beträgt 1000 kVA, das Übersetzungsverhältnis $4 \cdot 2{,}1/1000$ kV. Er ist umschaltbar auf 500 und 250 kV. Die Kurzschlußspannung beträgt 7 %, die

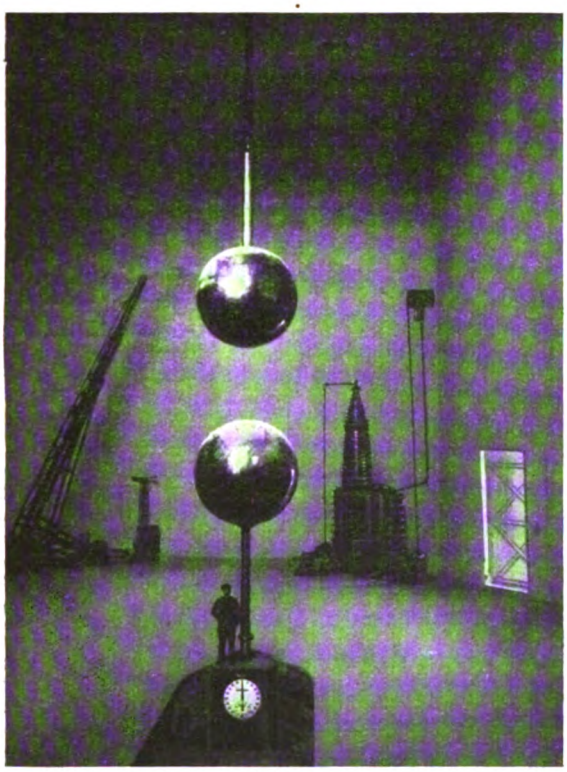


Abb. 8. Ferngesteuerte Kugelfunkenstrecke (2400 mm Kugeldurchmesser).

größte Spannungserhöhung bei Vollast ebenfalls 7 %. Bei der bei Isolatorenprüfungen unterhalb der Überschlagspannung üblichen Belastung von 0,1 A beträgt die Spannungserhöhung nur etwa 1 %.

Der außerordentlich geringe Raumbedarf wird dadurch erhalten, daß das Feld längs der Wicklung stetig zu- bzw. abnimmt. Der als Manteltyp ausgeführte Eisenkern hat eine Höhe von 2630 mm bei einer Weite von 2820 mm. Der Kastendurchmesser ist um die doppelte Außenschenkelweite verringert (Abb. 6). Für die Außenschenkel sind daher Aussparungen im Kasten vorgesehen, so daß eine beträchtliche Ersparnis an Öl eintritt. Die Durchführung besteht aus konzentrischen Hartpapierzylindern, deren Zwischenräume mit Öl ausgefüllt sind. Den Abschluß der Durchführung bildet eine Kugel von 1000 cm Dmr. Zur Verhütung von Strahlungserscheinungen oberhalb 800 kV sind messerscharfe Blechstreifen auf die Kugel aufgenietet, wodurch die Glimmspannung auf über 1000 kV heraufgesetzt wird. Das gesamte Gewicht des Transformators beträgt 31 t. Die Kupferverluste bei Vollast betragen 13 kW, die Eisenverluste bei Vollerregung 40 kW. Der Transformator wurde bei der Abnahme 3 min lang mit 1100 kV bei Selbsterregung geprüft. Zum Schutz des Transformators sind zwischen Transformator und Kugelfunkenstrecke Dämpfungswiderstände aus Schniewindt-Bändern von insgesamt 100 000 Ω zwischengeschaltet.

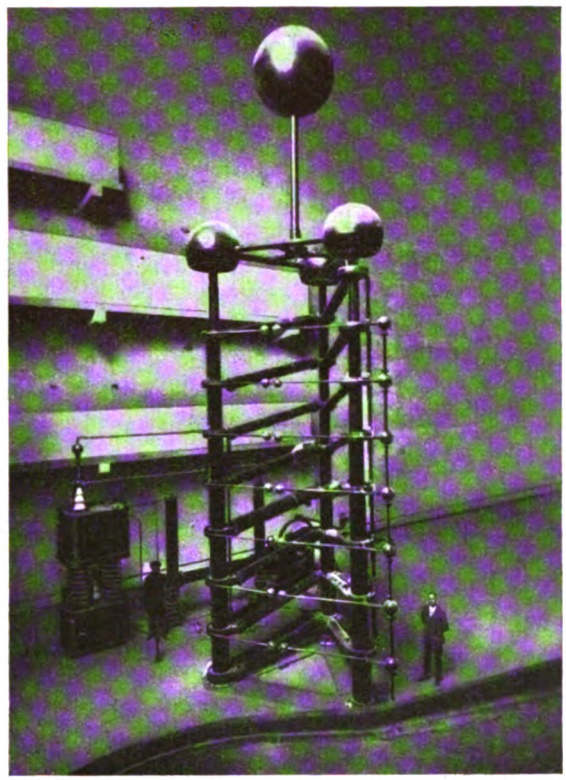


Abb. 9. Gleichstrom-Stoßanlage für 2200 kV gegen Erde mit aufgebauter Meßfunkenstrecke.

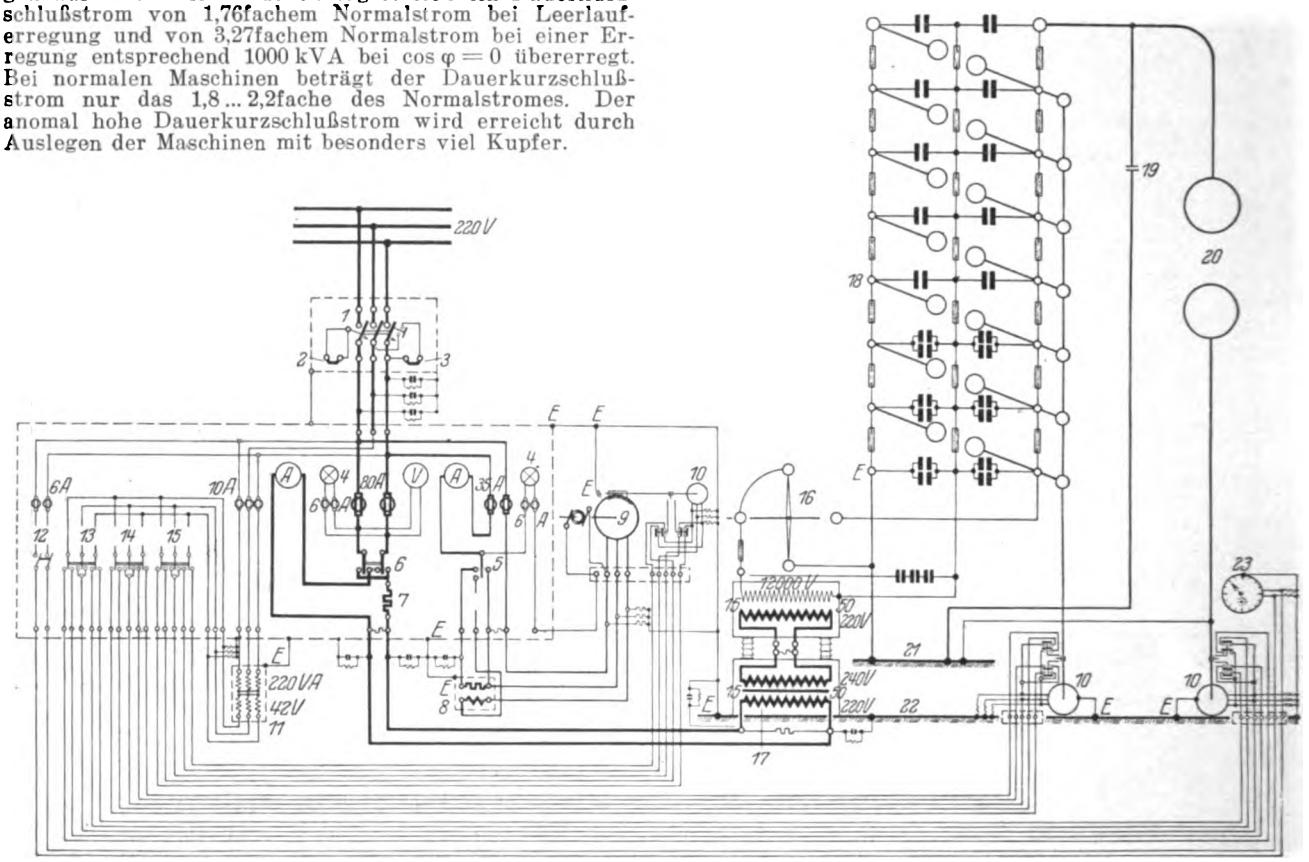
Zur Verfügung steht Drehstrom von 5 kV, so daß der Drehstrommotor des Motorgenerators direkt an das Hochspannungsnetz angeschlossen wird. Direkt gekuppelt mit dem Drehstrommotor ist der Einphasengenerator.

Von ausschlaggebender Bedeutung für die ganze Prüffeldanlage ist die richtige Bemessung der Leistung der Antriebsmaschinen. Die Gesamtverluste der Anlage betragen bei 2000 kV etwa 240 kW, so daß der Motor für 440 kW bei 50 Hz bemessen wurde, um bei Lichtbogenüberschlägen noch eine genügende Leistungsreserve zu haben. Auf ein Schwungrad konnte daher verzichtet werden. Der Motor ist polumschaltbar eingerichtet, um auch Frequenzen von 25 Hz zu erzeugen. Ferner kann durch Einschaltung von Widerständen in den Rotorkreis eine weitere Drehzahlherabsetzung um 33⅓ % bewirkt werden, so daß Frequenzen von 16⅔ bis 50 Hz zur Verfügung stehen. Bei dem späteren Ausbau ist Leonardantrieb vorgesehen, um eine verlustlose Regelung zu ermöglichen, u. zw. mit Rücksicht auf das Ausland bis zu Frequenzen von 60 Hz.

Der Generator wurde für eine möglichst hohe Kurzschlußstromstärke bemessen, so daß eine Sonderausführung notwendig wurde. Die beiden 1000 kV-Transformatoren verbrauchen eine kapazitive Leistung von je 500 kVA, da die hohe Kapazität die Induktivität und die Magnetisierungsleistung bei weitem übersteigt. Um aber einen kräftigen, langdauernden Lichtbogen zu erhalten, ist es notwendig, daß der Generator in übererregtem Zu-

Digitized by Google

stande arbeitet, also induktiv belastet ist. Nach Vorschlag von W. Petersen wurde daher parallel zu den Generatorklemmen eine Luftdrossel (Betonspule) gelegt, deren Leistung 1000 kVA bei 1000 kV und 2000 kVA bei 2000 kV beträgt. Der Generator wurde daher für eine maximale Leistung von 1000 kVA bemessen bei $\cos\varphi = 0$ unter- oder übererregt sowie bei $\cos\varphi = 1$. Der Generator ist also nach Einschaltung der Drosselspule bei 1000 kV mit etwa 450 kVA, bei 2000 kV mit etwa 750 kVA induktiv belastet. Die Selbsterregung tritt erst bei 1600 kVA ein. Die synchrone Reaktanz beträgt 2,5 Ω oder 56,8 %, bezogen auf 1000 kVA. Dadurch ergibt sich ein Dauerkurzschlußstrom von 1,76fachem Normalstrom bei Leerlauferregung und von 3,27fachem Normalstrom bei einer Erregung entsprechend 1000 kVA bei $\cos\varphi = 0$ übererregt. Bei normalen Maschinen beträgt der Dauerkurzschlußstrom nur das 1,8 ... 2,2fache des Normalstromes. Der anomal hohe Dauerkurzschlußstrom wird erreicht durch Auslegen der Maschinen mit besonders viel Kupfer.



1 Hauptschalter
2 Türkontakt, Gefahrtaster
3 Lampenkontakt
4 Signallampen
5 Motorschalter
6 Polwender
7 Begrenzungswiderstand
8 Anlaßdrossel u. -widerstand
9 Kommut.-Motor, 1 PS, 220 V, 1500 U/min
10 Motor, 42 V
11 Transform., 1500 VA, 50 Hz
12 Uhrbeleuchtung
13 Meßfunkenstrecke
14 Zündfunkenstrecke
15 Motorverstellung
16 Gleichrichter
17 Transform.-Satz
18 Kondensatoren-Aufstellung
19 Prüfobjekt
20 Meßfunkenstrecke
21 Prüfkreis-Erde
22 Schutzkreis-Erde
23 Uhr

Abb. 10. Schaltbild der Gleichstrom-Stoßanlage.

Die Abweichung der Spannungskurve von der Sinusform beträgt bei Leerlauf weniger als 4 % (Abb. 7). Ein wichtiges Hilfsmittel zur Erhaltung der Sinusform bei den Messungen ist die Herstellung von Resonanz zwischen der Spuleninduktivität und der Transformatorkapazität. Zur Unterdrückung der Oberwellen ist ferner der Generator mit einer starken Dämpferwicklung sowie mit Kurzschlußringen versehen. Der Luftspalt ist klein (etwa 13 mm), die Charakteristik sehr hart, um ein plötzliches Absinken der Spannung bei Überschlägen zu verhindern. Die Regelung der Spannung geschieht durch Widerstände im Nebenschlußkreis der Erregermaschine sowie durch einen 90stufigen ferngesteuerten Magnetregler.

Die Spannungsmessung erfolgt durch eine Kugelfunkenstrecke mit Kugeln von 2400 mm Dmr. (Abb. 8). Diese riesigen Abmessungen waren notwendig, um einwandfreie Messungen bei 2000 kV durchzuführen. Die Kugeln sind aus 2,5 mm starkem Kupferblech gedrückt und im Innern naturgemäß stark verstrebt. Das Gewicht jeder Kugel beträgt etwa 700 kg. Die Ablesung der Abstände geschieht an einer Meßuhr mit Zentimeter- und Millimetereinteilung. Da die Kugelfunkenstrecke eine lichte Höhe von über 20 m erfordert, mußte der Antrieb versenkt im Prüffeldboden untergebracht werden.

Durch die neueren Untersuchungen der atmosphärischen Überspannungen auf Leitungen und durch die Feststellung ihres stoßartigen Charakters sind Untersuchungen mit Gleichstrom-Stoßspannungen heute von größter Bedeutung; um auch 220 kV-Ketten mit Gleichstromstoß überschlagen zu können, wurde die Gleichstrom-Stoßanlage von vornherein für eine Spannung von 2200 kV gegen Erde bemessen. Die Anlage, bisher die einzige ihrer Art, wurde von Koch & Sterzel geliefert (Abb. 9). Die Erzeugung der Stoßspannung geschieht nach dem Vervielfältigungsprinzip von Marx. Größter Wert wurde wieder auf große Leistung bzw. Kapazität gelegt sowie auf betriebsmäßige einpolige Erdung. Die Frage der räumlichen Anordnung der 16 Kondensatorgruppen mit 22 Einzelkondensatoren ist durch senkrechte Staffelung sehr glücklich gelöst, so daß ein äußerst geringer Raumbedarf auf der Grundfläche erforderlich ist. Auch die Meßfunkenstrecke ist senkrecht auf dem die Isoliersäulen zusammenhaltenden Kreuz angebracht, so daß die Stoßanlage eine Gesamthöhe von 18 m bei einer Grundfläche von nur etwa 20 m² erreicht. Die Schaltung geht aus Abb. 10 hervor. Der die Nadel antreibende Synchronmotor besitzt einen beweglichen Ständer, so daß durch dessen Drehung die Spannung geregelt werden kann. Die Erzeugung der Hochspannung geschieht durch einen 15 kVA-Transformator, der isoliert auf einem 15 kVA-Isoliertransformator mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1 aufgesetzt ist. Die Zündfunkenstrecken bestehen aus Kupferhohlkugeln von 150 mm Dmr., deren Abstand gleichzeitig durch einen kleinen Motor geändert werden kann. Zur Erzielung besonders hoher Kapazität ist es möglich, sämtliche Kondensatoren parallel zu schalten. Das Vervielfältigungsverhältnis ist etwa 8. Die Spannungsmessung geschieht mit Hilfe von gedrückten Kupferkugeln von 1500 mm Dmr., deren Abstände wiederum an einer Meßuhr abgelesen werden.

Auf die Schaltanlage wurde größter Wert gelegt; ebenso wie alle übrigen Einrichtungen des Versuchsfeldes ist auch die Schaltanlage so ausgeführt, daß der Betrieb mit einem Minimum an Personal geführt werden kann. Dementsprechend sind von einer zentralen

Digitized by Google

Stelle aus — dem Schaltpult in der Mitte der untersten Tribüne — sämtliche Schaltungen vorzunehmen. Mit Ausnahme der Inbetriebsetzung des 440 kW-Antriebmotors sind sämtliche Schaltungen durch Fernsteuerung zu betätigen, auch Fahren sowie Heben und Senken der 3 t-Laufkatze. Um außerdem Versuche an anderen Stellen ausführen zu können, sind die Meßleitungen durch das ganze Gebäude, ferner auf das flache Dach und auf das Freiluftprüffeld geführt. Mit Hilfe eines kleinen tragbaren Schaltpultes kann dann von allen diesen Stellen aus die Schaltung vorgenommen und die Spannung geregelt und gemessen werden.

Sämtliche Niederspannungsleitungen sind entweder als Kabel oder in Panzerrohr verlegt, um den Übertritt von Induktionsspannungen in die Niederspannungsleitungen zu verhindern. Außerdem sind sämtliche Leitungsrohre durch angelötete Kupferlitzen miteinander verbunden. Selbstverständlich sind alle Sicherheitsmaßnahmen, wie Verriegelungsmagnete, Türkontakte usw., vorgesehen, um Unfälle zu vermeiden.

Große Schwierigkeiten bereitete die einwandfreie Erdung. Das Gebäude steht auf felsigem Boden; Grundwasser ist nicht vorhanden, die Erdung des Eisengerippes des Gebäudes genügt daher nicht. Außerdem aber ist es auch nicht möglich, die Betriebserde an das Gebäude zu legen, da sich herausstellte, daß insbesondere bei Gleichstrom-Stoßprüfungen sehr hohe Spannungen an einzelnen Eisenteilen entstanden, obwohl man annehmen sollte, daß alle Eisenteile gut miteinander in Verbindung stehen. Es wurde daher eine Trennung zwischen Schutzerde und Betriebserde vorgenommen. Sämtliche der Berührung zugänglichen nicht spannungführenden Eisenteile wurden miteinander sowie mit den Eisenarmierungen des Gebäudes verbunden und an die Wasser- bzw. Gasleitung gelegt. Dadurch entsteht eine verhältnismäßig gute Erdung. Vor allen Dingen wird verhindert, daß diese Teile unangenehm hohe Spannungen annehmen. Die Betriebserde der Wechselspannungsanlage, insbesondere auch die Blitzerde der Gleichstrom-Stoßanlage dagegen wurden gut von dem Gebäude isoliert und besonders herausgeführt. Zunächst wurde dafür gesorgt, daß zwischen den Transformatoren- bzw. Kondensatorklemmen ein guter Schluß bei Überschlägen am Prüfobjekt eintritt, wobei diese Verbindungsleitung ebenfalls isoliert vom Gebäude verlegt wurde. Die beiden Erdungskreise wurden dann an verschiedenen Stellen des Gebäudes herausgeführt und die Erdung in der Weise vorgenommen, daß sternförmig eine größere Anzahl von Kupferbändern im Erdboden verlegt wurde. Die Erdstelle wurde dann noch zum Teil mit Koks überdeckt, der von Zeit zu Zeit angefeuchtet wird. Auf diese Weise ist es möglich, eine genügende Erdung zu erzielen und gefährliche Aufladungen zu vermeiden.

Die amerikanische Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1929*.

Von **Arthur Hamm**, Breslau.

Der leichte Rückschlag, den die amerikanische Elektrizitätsindustrie seit dem Jahre 1927 zu verspüren hatte, als die bisher regelmäßige Zunahme der Erzeugung von ihrem Standardwerte von 10 % zurückging bis auf 8,6 %, scheint nunmehr überwunden zu sein. „Scheint" muß man wohl insofern sagen, als sich noch nicht klar übersehen läßt, wie sich der schwere Börsenkrach vom Oktober/November 1929 auswirken wird. Es ist freilich kaum anzunehmen, daß er die sehr gesund fundierte Elektrizitätsindustrie schwer treffen wird, zumal von allen Seiten die größten Anstrengungen gemacht werden, die durch den Rückschlag betroffenen sonstigen Industrien wieder anzukurbeln. Man hat den Krach sogar begrüßt, insofern als er unbegründete oder schlecht fundierte Verschmelzungen verhinderte, spekulative Finanzierungsmethoden unterband und die Aufmerksamkeit des Publikums von der Möglichkeit rascher Kapitalvermehrung ablenkte auf die geschäftliche Grundlage der Gesellschaften, deren Papiere es kaufte. Er hat gewissermaßen die Luft gereinigt, so daß es wieder möglich ist, Anleihen aufzulegen und berechtigte Fusionen vorzunehmen. Die Elektrizitätserzeugung im Jahre 1929 wurde jedenfalls dadurch nicht gehemmt. Sie erreichte vielmehr mit einer Steigerung von 11,2 % gegenüber dem Vorjahre einen bisher kaum verzeichneten Höchststand. Die größte Steigerung wies von den einzelnen Monaten der September mit 17 % auf. Ursache war nicht nur der Zugang neuer Abnehmer, der 5 % betrug, sondern auch die gesteigerte Abnahme des einzelnen. So stieg die durchschnittliche jährliche Abnahme der häuslichen Verbraucher in den Jahren 1925/1928 von durchschnittlich 447 kWh auf 507 kWh und erreichte 1929 sogar 513 kWh. Noch stärker stiegen Zahl und Abnahme der industriellen Anschlußnehmer, die heute 53 % der Gesamterzeugung an elektrischem Strom aufnehmen, gegen das Vorjahr ein Mehr von 28 %. Von insgesamt 40 Mill PS an Antriebsmaschinen sind in den Vereinigten Staaten jetzt nur noch 9 Mill nicht elektrisch. Auch die industrielle Anwendung von Elektrowärme erlangt mehr und mehr Bedeutung. 15 größere Elektrizitätswerke verkauften 10,4 % ihrer gesamten Erzeugung oder 922 Mill kWh zu Heizungszwecken. Bei einem dieser Werke stieg der Absatz für diesen Verbrauch auf 38,9 % der gesamten Erzeugung. Wie die Abb. 1 erkennen läßt, betrug die Gesamterzeugung im Jahre 1929 seitens der öffentlichen Elektrizitätswerke 92,737 Mrd kWh, wozu noch rd. 5 Mrd kommen, die in Eisenbahn- und Straßenbahn-Kraftwerken erzeugt werden, ferner 1,6 Mrd eingeführter Energie. Verbraucht wurden 77,537 Mrd, während 15,8 Mrd oder 16,75 % der Gesamterzeugung als Leitungsverlust zu buchen sind. Der Verlauf der Kurve zeigt einen verhältnismäßig starken Anstieg der Kraftstromerzeugung seit dem Jahre 1924. In diesem Jahre begann die Motorisierung der amerikanischen Industrie, die z. Z. 175 000 Fabriken umfaßt, einen neuen, bisher ungebrochenen Anstieg, der in drei Jahren zu einer Verdoppelung der Erzeugung von Kraftstrom geführt hat. Viel langsamer entwickelte sich die Lichtstromabgabe, für die das gleiche Jahr 1924 sogar

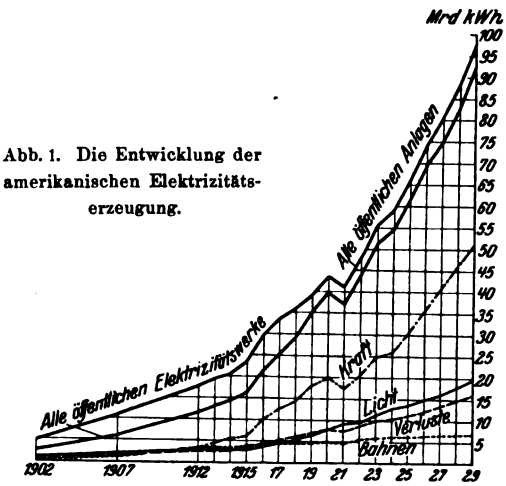


Abb. 1. Die Entwicklung der amerikanischen Elektrizitätserzeugung.

den Beginn einer Verlangsamung brachte, die bisher noch von keiner neuen Steigerung abgelöst worden ist. So konnte im gleichen Zeitraum, der eine Verdoppelung der Kraftabgabe brachte, die Lichtstromerzeugung nur um 50 % erhöht werden. Nun ist das freilich kein bedenkliches Zeichen. Es zeugt letztlich nur von dem hohen Stande, den die Versorgung der amerikanischen Bevölkerung mit elektrischem Lichte bereits erreicht hatte. Die Industrie zählte im Jahre 1925 schon 14,965 Mill häusliche Abnehmer, die 64,4 Mill Menschen umfaßten. Diese Zahl bedeutete damals 55,7 % der Gesamtbevölkerung der Vereinigten Staaten. Bis zum Jahre 1929 stieg die Zahl der häuslichen Anschlußnehmer auf rd. 19,721 Mill, die zugehörige Bevölkerung auf 85 Mill oder 70 % der Vereinigten Staaten. Wenn ihr Lichtstromverbrauch in der gleichen Zeit von rd. 14 auf rd. 20 Mrd kWh stieg, so bedeutet das, daß, auf den Kopf der Bevölkerung gerechnet, der Lichtstromverbrauch von 218

* Die mitgeteilten Zahlen beruhen auf Schätzungen, die nach 10monatlichen Statistiken alljährlich von der El. World aufgestellt werden. Im letzten Jahre sind sie infolge der im Oktober einsetzenden Depression von der wirklichen Erzeugung nicht ganz erreicht worden, wie die vorläufige Statistik des United States Institute of Geological Survey ausweist. Da aber die endgültige Statistik dieses Amtes noch nicht erschienen ist, wurde von der Berücksichtigung der Zahlenänderungen Abstand genommen, zumal diese nur ganz geringfügig sind.

Digitized by Google

auf 234 kWh jährlich gestiegen ist. Das ist natürlich für fünf Jahre keine bedeutende Steigerung. Sie zeigt, daß die ständig und mit großer Energie geführten Feldzüge der amerikanischen Elektrizitätsindustrie für bessere Beleuchtung keine übergroße Wirkung haben. Viel erfolgreicher sind die Bemühungen, den Kraftstromverbrauch im Haushalte zu fördern. Vornehmlich sind es Küchenherde und Heißwasserspeicher, die großen Energieverbrauch im Gefolge haben. Bei elektrischen Herden ist teilweise ein Jahresverbrauch von 3000 kWh festgestellt worden. Daneben kommen Staubsauger, Kühlschränke, Ölbrenner und die ganze Schar der kleinen Kraftverbraucher in Betracht, deren Verbrauch im einzelnen zwar gering ist, aber durch die Menge der Apparate ins Gewicht fällt.

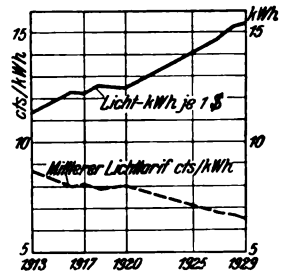


Abb. 2. Verbilligung des Lichtstroms.

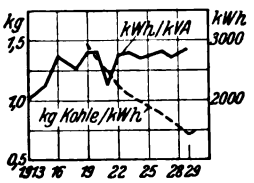


Abb. 3. Steigende Ausnutzung der Anlagen und sinkender Kohlenverbrauch je Kilowattstunde.

Durch ständige Senkung der Gebühren wird diese Bewegung kräftig unterstützt. Die Inducement Rate, der Anreiztarif, gehört zu den bevorzugten Gegenständen, die bei Versammlungen behandelt werden. Im allgemeinen hat er die Form des Grundgebührentarifs, wobei die Grundgebühr, ähnlich wie bei uns, in verschiedenartigster Weise festgesetzt wird. Jedenfalls hat diese Tarifform zur Folge, daß der Durchschnittspreis der Licht-kWh von 6,9 cts (29 Pf) im Jahre 1922 auf 5,9 cts (24,8 Pf) im Jahre 1929 gefallen ist (gewerblicher Lichtverbrauch eingerechnet). Die Preise für den häuslichen Lichtstrom sind nicht viel höher. Man rechnet jetzt mit 6,5 cts (27,3 Pf) gegen 6,75 cts (28,35 Pf) noch vor 2 Jahren. Da diese Senkung die Folge besserer Ausnutzung der Anlagen ist, kann man sie nur als berechtigt und gesund bezeichnen. Auch die angelegten Kapitalien sind gesunken. Im Jahre 1912 kam auf den einzelnen Abnehmer ein Anlagekapital von 587 $, das im Jahre 1929 auf 458 $ zurückgegangen ist. In Abb. 2 ist diese Bewegung der durchschnittlichen Lichttarife aufgezeichnet, während Abb. 3 die Benutzungstundenzahlen und außerdem den durchschnittlichen Kohlenverbrauch je Kilowattstunde enthält. Die Stundenzahlen sind nach amerikanischem Gebrauch auf die installierten kVA bezogen. Da amerikanische Maschinen normalerweise für $\cos\varphi = 0{,}8$ ausgelegt werden, ist diese Stundenzahl noch durch 0,8 zu dividieren. Es ergibt sich so im Mittel eine Benutzungsstundenzahl von 3500 je installiertes Kilowatt. Bei einer durchschnittlichen Reserve von 25 % des Maximums kann man also die Benutzungsdauer, bezogen auf das Maximum, zu 4660 h annehmen. Das ist ein für den Landesdurchschnitt ungemein hoher Wert.

Zur weiteren Steigerung des Stromverbrauchs wird vornehmlich der Kleinabnehmer umworben. Den höchsten Durchschnittsverbrauch erzielten die Abnehmer eines kalifornischen Werkes mit 1542 kWh. Als Ziel ist aber gesetzt worden, die Abnahme des häuslichen Anschlußnehmers bis auf 7800 kWh zu steigern. Zu dem Zwecke werden auch die Tarife mehr und mehr vereinfacht. Das Vorhandensein mehrerer Zähler gilt als psychologisches Hindernis der Steigerung. Sie verärgern und verwirren den Abnehmer. Mehr und mehr greifen daher einheitliche Tarife für Kraft- und Lichtstrom Platz, teils in Form der Staffel-, teils in Form der Grundgebührentarife. Der Zweck ist immer, den Abnehmer zu höherer Ausnutzung anzureizen, so daß er sich selbst den Strompreis verbilligt. Bei dem Grundgebührentarif findet man noch verhältnismäßig selten die Messung des Maximums durch einen besonderen Maximumzeiger am Zähler. Meist wird das Maximum durch Ersatzmittel, wie Zahl oder Größe der Zimmer, Anzahl der Brennstellen, Anschlußwert usw., festgestellt. Nicht selten wird auch eine Mindestsumme als sogenannte Kundengebühr erhoben und danach ein niedriger Preis je Kilowattstunde (4 ... 6 cts) berechnet. Dem gleichen werbenden Zwecke soll ein Vorschlag dienen, den El. World kürzlich machte. Der Einzelverkauf der Installation als solcher, der Beleuchtungskörper, der Haushaltsapparate usw. an den Abnehmer verursacht erhebliche Kosten und findet den Abnehmer nicht so willig, als wenn ihm alles zugleich angeboten würde. Es wird deshalb eine Zusammenarbeit der elektrotechnischen Industrie mit den Händlern und den Installateuren vorgeschlagen, so daß der Kunde nur einmal abzuschließen braucht. Damit ergab sich zugleich eine Möglichkeit, in wirkungsvoller Weise auf die Einführung einer möglichst vollständigen und zweckmäßigen Installation hinzuarbeiten Hierfür sind schon seit Jahren von der NELA Vorschläge gemacht worden, die in dem sogenannten Read-Seal-Plan enthalten sind. Der Name rührt daher, daß jedes Haus, das gemäß diesem Vorschlage installiert worden ist, außen durch ein rotes Siegel gekennzeichnet wird. Bis jetzt sind aber die Erfolge dieses Planes äußerst geringfügig; mit Ausnahme eines leichten Anstieges im Jahre 1923 werden Jahr für Jahr etwa 1 Mill Brennstellen nach dem Read-Seal-Plane hergestellt, während beim richtigen Zusammenarbeiten zwischen Installateur und Händler diese Zahl leicht auf 10 Mill gebracht werden könnte. Beim Zusammenarbeiten mit der Industrie wären sogar 50 Mill Brennstellen erreichbar. Dabei betrug die Gesamtzahl der eingerichteten Brennstellen im Jahre 1924 150 Mill und ging dann bis 1929 herunter auf 73 Mill.

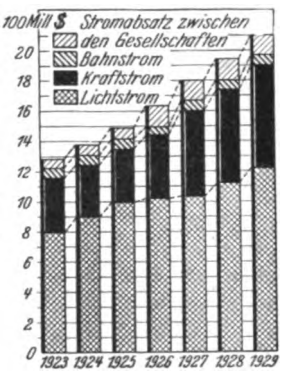


Abb. 4. Verteilung der erzeugten Strommengen.

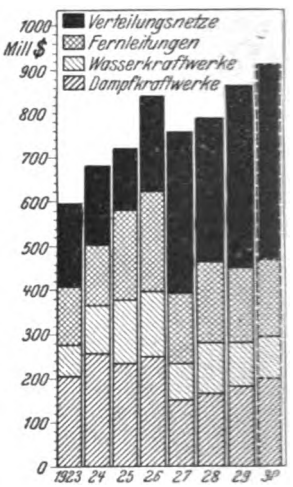


Abb. 6. Verwendung der jährlich neu angelegten Kapitalien.

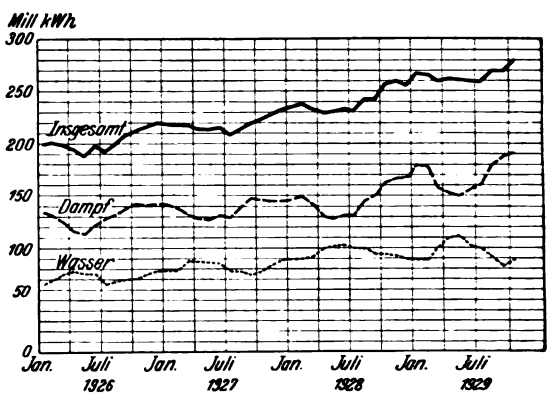


Abb. 5. Dampf- und Wasserstromerzeugung.

Die Einnahme für Beleuchtungstrom ist noch immer der größte Posten im Budget der Elektrizitätswerke, obwohl sie an Bedeutung etwas verloren hat. Die folgende kleine Zahlentafel gibt die Gesamteinnahmen der amerikanischen öffentlichen Elektrizitätswerke wieder und den auf Kraft- und Lichtstrom entfallenden Prozentsatz. Die Einnahmen sind in ihrer Entwicklung in Abb. 4 dargestellt.

Jahr	Gesamteinnahmen Mill $	für Lichtstrom Mill $	%	für Kraftstrom Mill $	%
1921	944,400	570,800	60,6	267,800	28.4
1922	1 072,120	657,120	62,1	303,200	28.2
1923	1 269,550	795,000	62,6	358,150	28,2
1924	1 354,520	902,670	66,6	321,000	25.6
1925	1 480,500	979,500	66,1	367,540	24.8
1926	1 632,300	1 018,200	61,5	461,000	28.2
1927	1 802,655	1 030,500	57,0	572,345	31.7
1928	1 941,955	1 116,401	57,4	622,315	32.0
1929	2 107,000	1 216,000	57,6	681,000	32.4

Digitized by Google

Man sieht daraus deutlich, wie die zunehmende Senkung der Lichttarife und die steigende Verwendung elektrischer Kraft im Hause sowie in der Industrie die Bedeutung der Einnahme aus Lichtstrom ständig drückt (abgesehen von einer leichten Steigerung in den beiden letzten Jahren) und die der Einnahme aus Kraftstromverbrauch heraufsetzt.

War das Jahr 1928 ein Jahr der Wasserkraftwerke, weil durch die starken Regenfälle ihre Stromabgabe besonders groß wurde, so mußten sie im Jahre 1929 wegen der vorherrschend trockenen Witterung zurücktreten. Trotz stark gesteigerten Ausbaus — im Jahre 1928 kamen einige der größten Wasserkraftanlagen in den Vereinigten Staaten in Betrieb — war ihre Gesamterzeugung nur um 105 Mill kWh höher als im Vorjahre. Die Abb. 5 läßt die Verteilung der erzeugten Energie auf Wasser und Dampf erkennen. Die Steigerung um 9,9 Mrd gegenüber 1928 fällt ganz und gar den Dampfkraftwerken zu. Ein Zeichen der Zeit war es, daß die Stadt Takoma im wasserkraftreichen Staate Washington infolge der Trockenheit das Flugzeugmutterschiff Lexington zu Hilfe rufen mußte, das im Puget Sound Anker warf und das Lichtnetz der Stadt mit seinen Maschinen speiste. Auch der Ausbau der Wasserkräfte schritt 1929 nur noch in langsamem Tempo fort. Schuld daran ist natürlich in erster Linie, daß die Boulder Dam-Werk, dessen Leistung mindestens 750 000 kW betragen wird, hat die Ingenieurkommission Baukosten von 228 $/kW errechnet, was noch als verhältnismäßig günstig angesehen wird. Unter diesen Hemmnissen litt natürlich auch der Ausbau des Tennessee, die Seeschlange des amerikanischen Kongresses; die Muscle-Shoals-Vorlage tauchte wohl ein paarmal auf, aber es kam nicht einmal zu einer Resolution. Auch der Ausbau des St. Lorenz-Stromes kam um keinen Schritt vorwärts. Hier liegen politische Schwierigkeiten vor, weil der St. Lorenz teilweise Grenzstrom zwischen den Vereinigten Staaten und Kanada, teilweise rein kanadischer Strom ist, so daß die politische Disposition des Ausbaus und die Verteilung der erzeugten elektrischen Arbeit durch Staatsvertrag geregelt werden muß. Da aber Kanada sowieso einen Stromüberschuß besitzt und z. Z. jährlich 1,6 Mrd kWh nach den Vereinigten Staaten ausführt, dürfte schließlich auch der kanadische Anteil in die Union fließen. Im amerikanischen Grenzstaate New York besteht stärkster Stromhunger, und die zu gewinnende Energiemenge würde 50 % der jetzt dort erzeugten ausmachen. Von bemerkenswerten Wasserkraftanlagen, die im Jahre 1929 in Betrieb kamen, ist vor allen Dingen das erste amerikanische Pumpspeicherwerk am Rocky River im Staate Connecticut zu erwähnen.

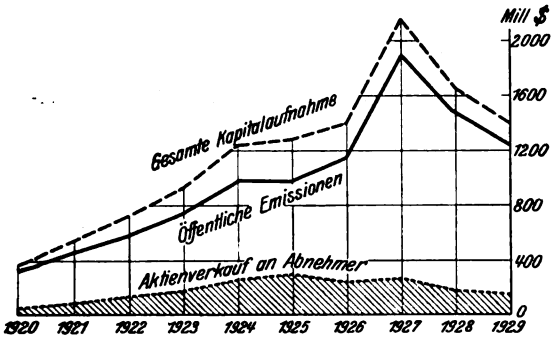


Abb. 7. Inanspruchnahme des Kapitalmarktes durch die Elektrizitätslieferungsindustrie.

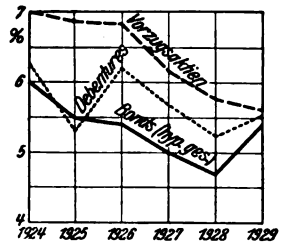


Abb. 8. Entwicklung der Zinssätze für Wertpapiere.

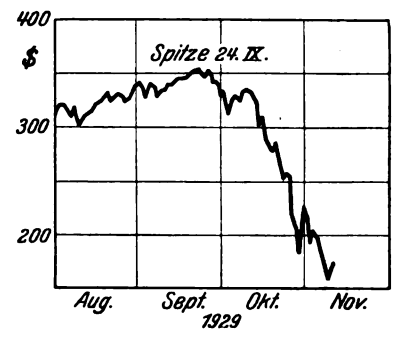


Abb. 9. Die Aktienkurse (Durchschnittswerte) der Elektrizitätslieferungsindustrie vor und nach dem Börsenkrach.

besten und billigsten Wasserkräfte bereits ausgebaut sind. Was noch übrig ist, kann nur mit verhältnismäßig hohen Kosten erschlossen werden. Zudem liegen diese Wasserkräfte häufig weit entfernt vom Verbrauch, so daß sehr lange Leitungen erforderlich werden, um sie nutzbar zu machen. Das erschwert ihre Wettbewerbsfähigkeit noch weiter. Ein Beispiel für diese Schwierigkeiten ist das große Wasserkraftwerk Boulder Dam am Colorado, das von der Bundesregierung erbaut werden soll. Nachdem im Dezember 1928 der Präsident auf Grund des Berichtes einer Ingenieurkommission die Entscheidung zugunsten des viel umstrittenen Baues getroffen hatte, ist dieser im vergangenen Jahre um keinen Schritt vorwärts gekommen, weil zwischen den Uferstaaten Streit über die Verteilung der Wassermengen zu Bewässerungszwecken herrscht. Erst im März dieses Jahres ist eine Einigung zustandegekommen, so daß der gerichtliche Einspruch zurückgezogen wurde. In dem ausgesprochensten Wasserkraftstaate der Union, in Kalifornien, ging der Anteil des Wasserkraftstromes am Gesamtverbrauch, der 1927 noch 90 % betrug, auf 75 % zurück. Wenn sich das neue kalifornische Gesetz über die Schonung des Erdgases als wirksam erweist, wird er unvermeidlich noch mehr sinken. Die tatsächlichen Aufwendungen für den Ausbau von Wasserkräften gingen bisher auch immer weiter zurück. Wurden noch 1926 dafür 145 Mill $ ausgegeben, so 1928 nur noch 113,841 und 1929 98,912 Mill $. Die projektierten Baukosten für 1930 machen nur 95,213 Mill $ aus. Allerdings hat jetzt der Umfang der Projekte wieder stark zugenommen. Die im vergangenen Jahre in Angriff genommenen oder zur Lizenzierung bei der Federal Power Commission eingereichten Projekte umfassen 2 Mill kW. Ihre Fertigstellung erstreckt sich natürlich über eine ganze Reihe von Jahren. Bisher ist nicht nur der Kapitalaufwand, sondern auch die installierte Leistung sehr zurückgegangen, denn einer Installation von 1,597 Mill kW im Jahre 1928 folgten nur noch 275 200 kW im Jahre 1929. Wenn die oben angeführten, der El. World entnommenen, für den Ausbau von Wasserkräften aufgewendeten Kosten richtig sind, so hätte das installierte Kilowatt im Jahre 1928 nur 71,3 $ gekostet, 1929 dagegen 359,2 $. Der erste Wert ist unwahrscheinlich niedrig, so daß entweder die Zahl der installierten Kilowatt viel zu hoch oder die Kosten viel zu niedrig angegeben sind. Bei dem Ausbau der Wasserkraftwerke stockte, machte der der Dampfkraftwerke lebhafte Fortschritte. Es wurden neu in Betrieb genommen 2 168 770 kW; die Bauausgaben hierfür betrugen 182,548 Mill $. Demnach kostet das installierte Kilowatt durchschnittlich 84,2 $. Dieser für amerikanische Verhältnisse sehr niedrige Satz läßt ohne weiteres erkennen, warum die Dampfkraftwerke bevorzugt werden. Ihre verhältnismäßig niedrigen Anlagekosten und die starke Senkung der Betriebskosten machen die Wasserkraftwerke allmählich wettbewerbsunfähig. Seit 1921 hat die Erzeugung der Dampfkraftwerke um 97 % zugenommen, ihr gesamter Kohlenverbrauch aber nur um 30 %. Der durchshnittliche Kohlenverbrauch je erzeugte Kilowattstunde über das ganze Land beträgt jetzt nur noch 0,753 kg, während er 1929 noch 1,225 kg betrug.

Aber auch der Dampfkraftwerksbau ist etwas zurückgegangen. Die Abb. 6 zeigt, daß die Jahre 1924 bis 1926 die der großen Ausdehnung der Kraftwerke waren, denen dann 1927 ein scharfer Rückschlag folgte. Die für den Kraftwerksbau im ganzen ausgeworfene Summe fiel von rd. 400 Mill $ plötzlich auf 240 Mill $. Dafür stiegen die zum Leitungsbau aufgewendeten Kosten um so mehr. Das Bild zeigt, wie namentlich die für Verteilungsnetze aufgewendeten Kosten stark gewachsen sind, wobei alle Leitungen von 2300 V abwärts erfaßt sind. Die Kosten für den Bau von Fernleitungen dagegen haben sich nur wenig geändert. Es handelte sich also nicht so sehr darum, neue Gebiete zu erschließen, wenigstens nicht in besonderem Umfange, als vielmehr die schon erschlossenen Gebiete besser zu versorgen. Das hängt zusammen mit der starken Bewegung, die seit einigen Jahren in der amerikanischen Elektrizitätsindustrie zu beobachten ist und auf eine bessere Versorgung der Landwirtschaft abzielt. Man ist sich dessen bewußt geworden, wie weit man auf diesem Gebiete in Rückstand gekommen ist, und sucht das Versäumte selbst unter Opfern nachzuholen. Bei der dünnen Besiedlung, die auch in den östlichen Staaten vorhanden ist, fällt das nicht leicht. In den Staaten des mittleren Westens, den hauptsächlich Landwirtschaft treibenden, rechnet man mit einem Anschlußwert von 1,5 kVA (hochspannungseitig) je Meile Leitung (1,6 km), so daß der Verbrauch mit verhältnismäßig hohen festen Kosten belastet ist. Auch bei stärkster Ausnutzung der Anlage, die durch

Digitized by Google

die Neigung des amerikanischen Farmers, sich Neuerungen zuzuwenden, sehr begünstigt wird, ist dann keine Rentabilität zu erwarten.

Trotzdem haben natürlich im großen ganzen die Neuinstallationen steigende Tendenz. Im Jahre 1929 wurden in Erweiterungen und Neuanlagen 866 Mill $ investiert. 1930 werden es nach Voranschlag 914 Mill $ sein. Diese Anlageziffern liegen um etwa 25 % höher als die der Eisenbahnen. Dagegen bewegt sich die Beanspruchung des Kapitalmarktes in umgekehrter Richtung. Seit 1927 ist die Kapitalaufnahme von 2150 auf 1400 Mill $ jährlich gesunken, wie Abb. 7 zeigt. Teilweise liegt das freilich daran, daß von 1926 ... 1928 in großem Umfange ältere, hochverzinsliche Anleihen zurückgezahlt und durch neue mit niedrigerem Zinsfuß ersetzt wurden. Diese Umschuldungsvorgänge sind jetzt großenteils erledigt. Von den 1928 aufgenommenen Kapitalien waren 40 % für diesen Zweck bestimmt, von den 1929 aufgenommenen nur noch 30 %, die aber meist in die erste Hälfte des Jahres fielen. Der Durchschnittsatz in der zweiten Hälfte des Jahres war kaum 10 %, so daß wohl anzunehmen ist, daß diese Transaktionen abgewickelt sind. Die Zinssätze haben sich auch seither konsolidiert. Die früher recht erheblichen Zinsunterschiede zwischen den verschiedenen Gattungen der Wertpapiere sind nahezu verschwunden. Der Zinssatz der Bonds ist infolgedessen erheblich gestiegen, während Debentures und Vorzugsaktien nachgegeben haben. Wie Abb. 8 erkennen läßt, bestehen nur noch Unterschiede im durchschnittlichen Zinssatz von 0,1 ... 0,2 %. Der Mittelwert ist 5,5 %. Infolgedessen hat sich auch der Charakter der ausgegebenen Wertpapiere geändert. Herrschten früher die Bonds vor — 1926 60 % des gesamten Kapitalbedarfs —, während Stammaktien gar nicht ausgegeben wurden, so ist der Anteil der Bonds 1929 auf 15,3 % gesunken, während Common Stock in erheblichem Umfange auf den Markt kamen. In der steigenden Kurve der Aktienemission spiegelt sich deutlich die Haussebewegung an den amerikanischen Börsen wieder. Mitte 1926 schwankten die Kurse der Elektrizitätswerksaktien um nicht mehr als 90 ... 102, Mitte 1927 lagen sie zwischen 100 und 120. Dann begann der steile Aufstieg. Mitte 1928 lagen die Kurse zwischen 130 und 195, um im September mit 160 ... 350 den Gipfel zu erreichen. Nun kam der Sturz, dessen Verlauf die Abb. 9 zeigt. Während der Hausse trat die traditionelle Vorliebe der Amerikaner für Bonds, die fest verzinslichen, hypothekarisch gesicherten Obligationen, mehr und mehr zugunsten der Stammaktien zurück, die eine rasche Kapitalsvermehrung versprachen. So sahen sich die die Elektrizitätswerke beherrschenden großen Holdinggesellschaften genötigt, die lange Zeit sorgfältig gehüteten Stammaktien auf den Markt zu bringen, statt des früheren bequemen Verfahrens der Ausgabe von Obligationen ohne Einschränkung, das ihnen ermöglichte, mit sehr geringen eigenen Kapitalien ausgedehnte Konzerne zu beherrschen. Auch die seit langem von der Elektrizitätsindustrie gepflegte Customer-Ownership-Bewegung, der Verkauf von Vorzugsaktien an die eigenen Konsumenten, litt unter diesen Verhältnissen. Abb. 10 stellt die Entwicklung dieses Ausgabeverfahrens dar, wobei die wichtigste Kurve, die ausgezogene Linie, den auf diese Weise ins Publikum gebrachten Gesamtwert darstellt. Wurde in dem Jahre 1925, in dem die Bewegung ihren Höhepunkt erreichte, der Vorzugsaktienverkauf absichtlich eingedämmt, weil deren Verzinsung zu hoch war (vgl. Abb. 8), so förderte die starke Steigerung der Stammaktienkurse seither die Zuwendung des Publikums zu diesem ihm früher nicht sympathischen Papier. Nach dem Rückschlag in der Haussebewegung im Herbst 1929 trat eine Wendung ein, und es wurden wieder Bondsemissionen in größerem Ausmaße und zu verhältnismäßig günstigen Bedingungen möglich. Ein Zeichen der Abwendung vom festverzinslichen Papier ist auch die starke Ausgabe von Convertible Bonds im letzten Jahre. Nahezu die Hälfte aller Obligationenausgaben war entweder in Aktien umwandelbar oder mit Bezugsrechten auf Aktien versehen. Auch das dürfte nur als vorübergehende Erscheinung zu werten sein.

Die Zusammenfassungen und Verschmelzungen, eine wichtige Erscheinung in der amerikanischen Elektrizitätsindustrie, haben 1929 einen weiteren Rückgang erfahren. Die großen Objekte sind aus dem Markte, die Zusammenfassung der kleineren hat nicht mehr die Bedeutung, die früher der Verschmelzung großer benachbarter Unternehmungen zukam. Stark war noch der Ausdehnungsdrang der zum Insull-Konzern gehörigen Middle West Utilities Co. Auch die International Paper Co. erwarb in den Neu-England-Staaten noch eine Reihe von Wasserkraftwerken. Einige Bedeutung hat auch die Verschmelzung der kleineren Stromversorgungsunternehmungen im nördlichen Teile des Staates New York unter Aufnahme durch die Associated Gas and Electric Co. Im großen ganzen aber haben sich die Verhältnisse konsolidiert. Es hat sich eine Anzahl großer Holdinggesellschaften gebildet (41), die den größten Teil der Stromerzeugung beherrschen. Diese 41 Gesellschaften zerfallen wiederum in 6 Gruppen; davon umfaßt der Konzern General Electric Co. 8, Samuel Insull 7, I. P. Morgan & Co. 4, A. W. Mellon 2, Henry L. Doherty und H. Byllesby & Co. je 1. Weitere 12 Gesellschaften werden von diesen Gruppen gemeinsam kontrolliert. Nur 6 hat man bisher nicht einreihen können. Diese sind Associated Gas and Electric Co. in Buffalo, die Niagara-Hudson-Power-Corp., ebenda, die North American Co., Southern California Edison Co., General Gas and Electric Corp. und die Utilities Power and Light Corp. Von ihnen ist inzwischen die North American Co. mit der Middle West Utilities Corp. in Fusionsverhandlungen getreten, womit sie unter den Einfluß des Insull-Konzerns gerät. Die 6 genannten Gruppen beherrschen damit über 70 % der gesamten Stromerzeugung in den Vereinigten Staaten.

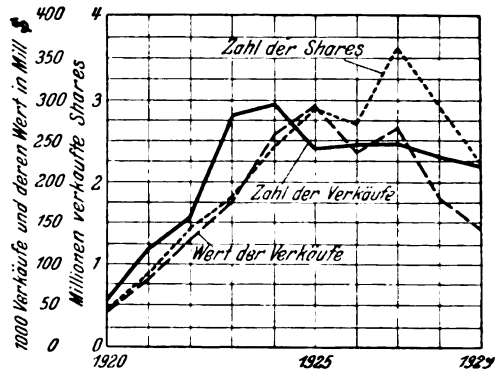


Abb. 10. Entwicklung der Aktienausgabe nach dem Customer-Ownership-Plan.

Elektro-Porzellan, Herstellungsgang und Konstruktionsbeispiele für Niederspannungs-Preßteile.

Um diejenige Industrie, welche mit der Konstruktion und Verwendung von keramischen Erzeugnissen, insbesondere von Niederspannungs-Preßteilen zu tun hat, hierbei zu unterstützen und nachträgliche Konstruktionsänderungen nach Möglichkeit zu vermeiden, hat der Verband Deutscher Elektrotechnischer Porzellanfabriken gemeinsam mit der Geschäftstelle des „Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen" kürzlich von Obering. W. Demuth bearbeitete Konstruktions-Richtlinien herausgegeben[1]. In diesen wird der Herstellungsgang von Porzellanisolierteilen an Hand einer klaren schematischen Darstellungsweise geschildert und sodann an einer großen Zahl von Konstruktionsbeispielen für gepreßte keramische Werkstoffe (Porzellan, Steatit, Calit u. a.) auf die für den Konstrukteur wichtigsten Gesichtspunkte hingewiesen. Die gewählte Darstellungsweise, bei der jeweils der betreffende keramische Preßteil links in falsch, rechts in richtig durchgebildeter Form dargestellt ist, gibt einen vorzüglichen Überblick über die häufigsten Fehler und ihre meist leicht mögliche Vermeidung. Um den Gebrauch der Übersichtsblätter in Konstruktionsbüros und Schulen zu erleichtern, sind sie auch in Tafelform vom Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen im DIN-Format A 0 (Preis für den vollständigen Satz von 5 Tafeln 40 RM, Preis der Druckschrift selbst 0,50 RM) hergestellt worden.

Die geschickt ausgewählten Konstruktionsbeispiele werden zweifellos dazu beitragen, das Interesse an konstruktiven keramischen Fragen anzuregen. Jedenfalls ist die kleine Druckschrift, die im Anhang kurz auch auf wirtschaftliche Fragen der elektrotechnischen Porzellanindustrie eingeht, die die Bedeutung dieser Industrie u. a. auch für die Ausfuhr zahlenmäßig behandelt, ganz vorzüglich geeignet, dem Konstrukteur elektrotechnischer Waren die Eigenart der keramischen Presserei zu kennzeichnen und ihm ein möglichst werkstoffgerechtes Arbeiten zu gewährleisten. *W. W.*

[1] W. Demuth, Druckschrift „Elektro-Porzellan" des Dt. Aussch. f. Techn. Schulwesen, 1930.

Digitized by Google

RUNDSCHAU.

Bahnen und Fahrzeuge.

Betriebsbeobachtungen am Einzelachsantrieb. — K. Pflanz, Wien, hat Messungen an einer B_0-B_0-Lokomotive der Reihe 1170 der Österreichischen Bundesbahnen vorgenommen, um über die Vertikalbewegungen der Drehgestellenden gegenüber dem Hauptrahmen Aufschluß zu geben. Die Lokomotive hat Einzelachsantrieb Bauart Sécheron-Westinghouse[1]. Der Lokomotivkasten ruht mit einem Halbkugelzapfen und zwei seitlichen Stützfedern auf dem Drehgestell. Durch die am Zughaken wirkende Zugkraft wird auf das Drehgestell ein Moment ausgeübt, welches eine erhöhte Belastung der hinteren Achse und eine verminderte Belastung der vorderen Achse bewirkt. Wenn mit Z die Zugkraft einer Achse, mit h die Zughakenhöhe über S.O. und mit e der Drehgestellachsstand bezeichnet wird, so kann man folgende Beziehung für die Achsdruckänderung C anschreiben:

$$C = \frac{2Zh}{e}.$$

Diese Achsdruckänderung wird dadurch erreicht, daß sich der Drehgestellrahmen um seine Abstützung gegen den Oberkasten dreht, derart, daß die hinteren Tragfedern dadurch zusammengedrückt und daher zusätzlich belastet werden, während die vorderen entlastet werden. Bei Festlegung der Gesamtfederung des Radsatzes gegenüber dem Drehgestellrahmen ist darauf zu achten, daß die Tragfedern und Antriebsfedern parallel liegen. Die Federkonstante der Gesamtfederung der für den Versuch verwendeten Lokomotive 1170.05 betrug 3,1 mm/t.

Mit Hilfe einer Schreibvorrichtung wurde nun während der Meßfahrt die Vertikalbewegung eines über der Tragfeder liegenden Punktes des Drehgestellrahmens gegen den Oberrahmen aufgezeichnet und mit den aus obiger Gleichung unter Berücksichtigung der angegebenen Federkonstante berechneten Werten verglichen, um Rückschlüsse über die Bewegung der Hohlwelle gegenüber dem Radsatz zu ziehen. Die Achsentlastung durch die Zugkraftwirkung bedingt die Grenzzugkraft. Diese hat, wenn f die Reibungsziffer und G den Achsdruck bei ruhender Belastung darstellen, folgende Größe:

$$Z = f(G - C).$$

Unter Berücksichtigung der ersten Gleichung ergibt sich

$$Z = \frac{G}{\frac{2h}{e} + \frac{1}{f}}.$$

Wird $h = 0$ oder $e = \infty$, dann wird die Achsdruckänderung Null und die erreichbare Zugkraft am größten. (K. Pflanz, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 665.) *Kir.*

Sechswagenzug der Straßenbahn Zürich—Oerlikon—Seebach. — Die Straßenbahn Zürich—Oerlikon—Seebach hat 4 neue zweiachsige Triebwagen und 4 Anhängewagen dem Betrieb übergeben, die gegenüber ihren älteren Wagen eine Reihe grundsätzlicher Neuerungen aufweisen. Die Trieb- und Anhängewagen haben je 20 Sitz- und 4 Stehplätze im Wageninnern, die Triebwagen außerdem 21 Stehplätze und die Anhängewagen 28 Stehplätze insgesamt auf den beiden Plattformen. Wagenlänge einschließlich Puffer 9,7 m, Breite 2,2 m, Gewicht des Triebwagens 13,46 t, des Anhängers 7,3 t. Die Radsätze haben Innenbackenbremse. Als Wagenkupplung dient die selbsttätige Kupplung System Fischer. Die Raddurchmesser betragen 610 mm gegenüber 800 und 900 mm bei den bisherigen Wagen; die Stufe zwischen Plattform und Wageninnern ist dadurch fortgefallen. Die Antriebsmotoren sind schnellaufend und selbstlüftend mit 80 PS Stunden- bzw. 58 PS Dauerleistung. Die Ankerwellen liegen senkrecht zu den Triebachsen (Abb. 1). Das Getriebe hat doppelte Übersetzung 1 : 8,55 und läuft im Ölbad. Der Getriebekasten ruht auf der Triebachse und ist mit dem Motor verschraubt, so daß Motor und Kasten getrennt ausgebaut werden können. Die Lager sind Rollenlager. Die elektrische Steuerung der Triebwagen ist für Einfach- und Doppelantrieb mittels unmittelbaren Schalterantriebs (ohne Hüpfersteuerung) eingerichtet. Der Strom wird der Fahrleitung allein durch den Stromabnehmer des führenden Triebwagens entnommen. Beim Wechsel von Einfach- auf Doppelantrieb wird sowohl auf dem vorn als auch auf dem am Schluß des Zuges laufenden Triebwagen eine in die Fahrschalter eingebaute Hilfswalze umgestellt, die die Schaltverbindungen für Doppelantrieb herstellt. Bei Einfach- und Doppelantrieb kann elektrische Kurzschlußbremsung angewandt werden. Die Anhängewagen werden mit Solenoidbremsen gebremst. Als Steuerkupplung dient eine zweipolige Hauptstromkupplung, eine dritte Leitung für den Bremsstromkreis ist im Pufferkopf der selbsttätigen Zugkupplung eingebaut. Trieb- und Anhängewagen haben elektrische Schienenbremsen, die zum Anhalten auf den Haltestellen und als Notbremse dienen. Bei Zugtrennung kann der abgerissene Zugteil durch die Schienenbremsen angehalten werden, da der Stromabnehmer des am Schluß fahrenden Triebwagens am Fahrdraht anliegt und den Erregerstrom für die Schienenbremsen abnehmen kann. Zur Verständigung des Fahrpersonals dient ein optisches Signalsystem. (Bull. Oerlikon 1929, Nr. 98, S. 451, u. Schweiz. Bauzg. Bd. 94, S. 69.) *Wchm.*

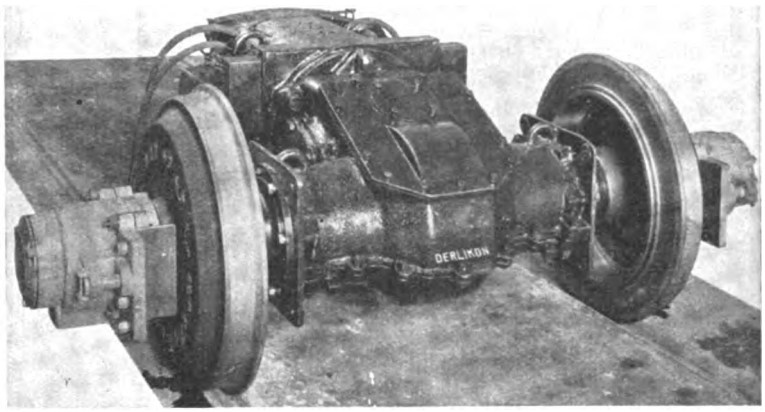


Abb. 1. Radsatz mit Motor und Getriebe.

Störungen beim Betrieb von 1500 V-Bahn-Spannungsumformern. — Die Grand-River-Bahn verwendet Spannungsumformer, deren Anker in der bekannten Weise mit 2 Wicklungen und 2 Kommutatoren ausgerüstet sind. Beide Wicklungen liegen in Reihe und zwischen diese ist die Feldwicklung geschaltet. Die Mitte der Feldwicklung ist angezapft, da von hier aus Beleuchtungsstromkreise mit 750 V gespeist werden. Von der zweiten Ankerwicklung fließt der Strom über eine Akkumulatorenbatterie, die dabei geladen wird, zur Erde. Die Welle des Umformers treibt gleichzeitig noch Lüfterräder.

Als Überstromschutz war eine Sicherung vorgesehen, die zwischen dem 1500 V-Anschluß und der ersten Ankerwicklung lag. Sie mußte reichlich bemessen werden, weil der Anlaufstrom 15 A, der normale Arbeitstrom dagegen nur 2,5 A betrug. Nun traten oft Überschläge am zweiten Kommutator auf, u. zw. von der Bürste höheren Potentials nach Erde. Dann war die zugehörige Ankerwicklung über Batterie und Erde kurzgeschlossen und arbeitete unter starker Stromerhöhung weiter, da die vor dem ersten Anker liegende Sicherung nicht ansprach. Die Folge war jedesmal eine umfangreiche Zerstörung.

Um Abhilfe zu schaffen, gab man auch dem zweiten Anker einen Überstromschutz durch eine zwischen ihm und der Batterie liegende Sicherung. Ferner begrenzte man den Hochspannungstrom durch einen Widerstand von 50 Ω, der zwischen den 1500 V-Anschluß und den ersten

[1] Vgl. auch DRGM. 850 785 vom 16. VII. 1923 der Bergmann Elektricitäts-Werke, Berlin.

Digitized by Google

Anker gelegt wurde. Schließlich verbesserte man auch die Isolation der Bürstenhalter des zweiten Kommutators. Dieser Umbau erwies sich als so wirksam, daß die Lebensdauer der Wicklungen, die vorher nur 4 Wochen betrug, nunmehr 2 Jahre erreicht. (W. A. Ernst, El. Traction Bd. 25, S. 76.) *Tf.*

Elektromaschinenbau.

Regelungsprinzip für Kaskadenschaltungen von Drehstrom-Asynchronmotoren mit Kommutatormaschinen. — Die Regelung von Drehstrom-Asynchronmotoren beruht auf der Änderung der den Schleifringen aufgedrückten Spannung. Die Theorie der Kaskadenschaltungen lehrt, daß diese Spannung im allgemeinen vier Komponenten besitzen muß, nämlich je eine Komponente für die Einstellung der Leerlaufdrehzahl und des Leerlaufstromes sowie je eine Komponente für die Einstellung des Drehzahlabfalles und des Leistungsfaktors bei Belastung. Die beiden letzten Spannungen bezeichnet man als „Serienspannungen", weil sie dem Arbeitstrom proportional sind. Die beiden anderen Komponenten sind auf jeder Drehzahlstufe konstant und können zum Unterschied von den Serienspannungen als „Shuntspannungen" bezeichnet werden. Diese Aufteilung der Sekundärspannung in vier Komponenten, deren jede eine besondere Betriebseigenschaft erzeugt, ist physikalisch wohl begründet, aber sie

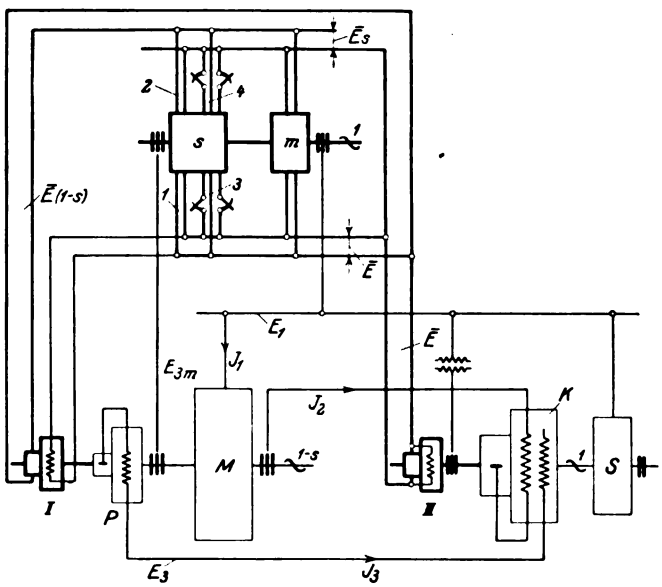


Abb. 2. Kaskadenschaltung für konstante Leistung.

verleitet zu einer einseitigen Auffassung des Regelproblems. Nach dem neuen Regelungsprinzip wird die Gleichung der sekundären Summenspannung als eine mathematische Vorschrift aufgefaßt, die im ganzen und nicht im einzelnen erfüllt werden muß. Ist es zur Erzeugung dieser Spannung nötig, sie in Komponenten zu zerlegen, so wird eine solche Aufteilung nicht nach Betriebseigenschaften, sondern nach reinen Zweckmäßigkeitsrücksichten vorgenommen, d. h. die Glieder der Spannungsgleichung werden so umgeformt und geordnet, daß besonders einfach zu erzeugende Teilspannungen entstehen. Ein prinzipieller Unterschied zwischen Shunt- und Serienspannungen wird dabei nicht anerkannt; denn auch die Ströme können durch die Primärspannung ausgedrückt und also auch Serienspannungen durch Shuntspannungen oder umgekehrt Shuntspannungen durch Serienspannungen erzeugt werden. Statt dessen ergibt sich als wichtigster Einteilungsgrund die Abhängigkeit der einzelnen Spannungskomponenten von der Schlüpfung oder einem aus der Schlüpfung abgeleiteten Parameter, z. B. dem Drehzahlabfall.

Zwei Beispiele dieses vorwiegend mathematischen Regelprinzips werden ausführlich behandelt, nämlich:

1. eine Kaskadenschaltung für konstante Blindleistung (ohne Rücksicht auf die Belastung) und Kompound-Charakteristik auf allen Drehzahlstufen,

2. eine Kaskadenschaltung für konstante Wirk- und Blindleistung ohne Rücksicht auf die Drehzahl (Ilgner-Umformer, Netzkupplungssätze).

Im letzten Falle muß dem Sekundärkreis des Hauptmotors folgende Spannung aufgedrückt werden:

$$\dot{E}_2 = \dot{I}_2 r_2 - j(\dot{I}_2 x_2 + \dot{I}_1 x_2) s.$$

Dabei bezeichnen

$\dot{I}_1, \dot{I}_2$ Primär- und Sekundärstrom,
r_2, x_2 Widerstand und Reaktanz des Sekundärkreises,
x_{12} Wechselreaktanz zwischen Primär- und Sekundärkreis,
s Schlüpfung.

Da für konstante Wirk- und Blindleistung die Ströme $\dot{I}_1$ und $\dot{I}_2$ konstant sein müssen, muß die Sekundärspannung $\dot{E}_2$ eine konstante Komponente $\dot{I}_2 r_2$ und eine der Schlüpfung proportionale Komponente $-j(\dot{I}_2 x_2 + \dot{I}_1 x_{12}) s$ erhalten. Abb. 2 zeigt, wie diese erzeugt werden können. Hier bedeutet M den Hauptmotor, K die mit der Synchronmaschine S gekuppelte Scherbius-Maschine, P einen mit dem Hauptmotor gekuppelten Periodenumformer, dessen Kommutator- und Statorwicklung so abgestimmt sind, daß eine konstante Schleifringspannung E_{3m} bei allen Drehzahlen des Hauptmotors denselben Erregerstrom I_3 erzeugt. Da auch die Rotationsspannung E_2 der Scherbius-Maschine proportional I_3 ist, muß E_{3m} eine genaue Kopie der zu erzeugenden Sekundärspannung E_2 sein. Auch E_{3m} muß also eine Konstante und eine der Schlüpfung s proportionale Komponente besitzen. In der Schaltung nach Abb. 1 werden diese beiden Komponenten in dem ungesättigten Synchrongenerator s erzeugt, dessen Feldwicklungen mit Hilfe zweier Gleichstrommaschinen I und II mit der konstanten Spannung E bzw. der veränderlichen Spannung Es erzeugt werden. (L. Dreyfus, Arch. El. Bd. 23, H. 1, S. 66.)

Beleuchtung.

Über den Einfluß der Gase im Glas auf lichttechnische Fragen[1]. — An das zu elektrischen Glühlampen verarbeitete Kolbenglas sind Gasreste gebunden, welche sich sowohl im Innern der Glasmasse selbst befinden können und Reste gasförmiger Reaktionsprodukte beim Schmelzprozeß darstellen als auch durch Adsorption an der Oberfläche gebunden sein können, u. zw. besonders Wasserdampf in der Quellschicht des Glases. Bei einer elektrischen Glühlampe können diese Gase in das Innere der Lampe gelangen, u. zw. spontan durch den geringen Dampfdruck im Lampeninnern und durch Erwärmung während des Brennens, ferner beim Abschmelzen der Lampe vom Pumpröhrchen durch eine zwar örtlich begrenzte aber sehr intensive Erhitzung, wodurch das im Innern der Glasmasse selbst gebundene Gas befreit werden kann. Diese Gase sind für das lichttechnische Verhalten der Lampe in mehrfacher Weise schädlich, da sie (der Wasserdampf) das Drahtmaterial abbauen und damit die Lebensdauer der Lampe verkürzen; durch den Niederschlag des abgebauten Wolframmetalls auf der Glaswandung wird die Absorption vergrößert und damit die Lichtausbeute (Lm/W) verkleinert, ebenso wie durch Verschlechterung des Vakuums bei Vakuumlampen durch die mit der Gasabgabe verbundene größere Wärmeleitung die Lichtausbeute verringert wird.

Aus diesen Gründen soll das zu Glühlampen verwendete Glas möglichst gasfrei gemacht werden. Dies kann erreicht werden durch Erhitzen des Glases, durch elektrolytische Gasvertreibung oder durch Elektronen- bzw. Ionenbombardement. Durch die erste Methode läßt sich keine völlige Entgasung erreichen. Nach den Untersuchungen von Sherwood erreicht bei einer Erwärmung des Glases die Gasabgabe ein sehr starkes Maximum zwischen 150 und 300 °, wobei die Hauptmenge der abgegebenen Gase in dem für die elektrische Glühlampe so schädlichen Wasserdampf besteht. Ein zweiter sehr viel stärkerer Anstieg der Gasabgabe tritt dann bei der Erweichung des Glases ein. Da die Glühlampen beim Pumpprozeß aber nicht so hoch erhitzt werden können, so können diese Gasreste nach dieser Methode nicht entfernt werden und können später die Lampe schädigen. Die Entgasungsmethoden durch elektrolytische Verdrängung (Pirani u. Lax) und Elektronen- oder Ionenbombardement (Pirani) unter gleichzeitiger Erwärmung des Glases und unter Glühen des Glühfadens lassen sich fabrikatorisch nur schwer durchführen. Eine weitere Methode wird von M. A. Schirmann vorgeschlagen, die Methode des Quecksilber-Ionenbombardements. Hierbei liefert im Innern der Lampe ionisierter Hg-Dampf die Elektrizitätsträger und das Bombardement der Ionen und Elektronen

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1646.

Digitized by Google

wird durch ein hochfrequentes, hochgespanntes Wechselfeld besorgt, das auch durch Außenelektroden angelegt werden kann. Diese Methode arbeitet ohne Mitwirkung des Wolframglühdrahtes und ohne weitere Erhitzung des Kolbens und soll nur wenige Minuten benötigen. (M. Anna Schirmann, El. u. Maschinenb., Beilage „Die Lichttechnik", Bd. 6, S. 133.) *Schb.*

Apparate.

Elektrischer Kesselregler[1]. — Der Kesselregler der Firma Elektroflo, Berlin, benutzt, wie F. Engel und A. G. S. Sandison berichten, zur Auslösung der Regeltriebkräfte ein Mengenmeßgerät und ein zusätzliches Druckmeßgerät. Die von diesen Meßgeräten erzeugten Triebkräfte werden elektrisch weitergeleitet. Bei der normalen Ausführung des Kesselreglers wird das Dampf-Luft-Gleichgewicht selbsttätig hergestellt, während die Brennstoffzufuhr nach einem besonders ausgebildeten Anzeigegerät von Hand einstellbar ist. Dieses Gerät hat den Vorteil, daß dem Einfluß wechselnden Brennstoffes sowohl durch Veränderung der Rostgeschwindigkeit als auch durch verschiedene Einstellung der Schichthöhe begegnet werden kann, wodurch die Feuerführung außerordentlich anpassungsfähig wird. Ein Übergang zur Vollautomatik ist an sich möglich, jedoch unter Verwendung zusätzlicher Regelelemente.

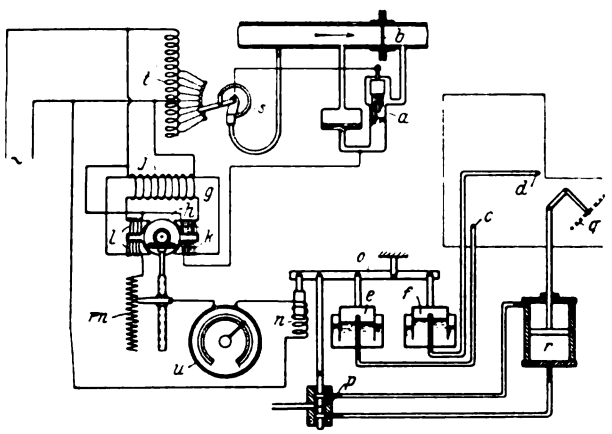


Abb. 3. Schema des Elektroflo-Kesselreglers.

In Abb. 3 ist schematisch der Elektroflo-Regler für einen Einzelkessel dargestellt. Die Regelung baut sich auf der Bestimmung der Dampfentnahme auf. Der in die Dampfleitung eingebaute Staurand *b* erzeugt einen Druckunterschied, der auf ein Differentialmanometer *a* einwirkt und durch die Veränderung der Höhenlage eines der Quecksilberspiegel eine der Dampfentnahme proportionale Widerstandsänderung hervorruft[2]. In demselben Stromkreis, dem sogenannten Meßstromkreis, befindet sich ein regelbarer Spartransformator *t*, der dazu dient, stärkere Druckschwankungen in der Dampfleitung zu berücksichtigen. Der Spartransformator wird unter Zwischenschaltung eines Drucköl-Hilfsmotors von der Bourdonröhre *s* gesteuert. Der Meßstrom, der die Spulen *k* durchfließt, wirkt auf den sogenannten Stromabgleicher ein, der eine Art Induktionsmotor ist. Dieser Stromabgleicher hat zwei Aufgaben:

1. in einem zweiten Stromkreis, dem Kontrollstromkreis, einen dem Meßstrom proportionalen Strom einzuregeln und
2. eine Zeitverzögerung in den Regelvorgang hineinzubringen.

Der Läufer *h* verstellt über ein Getriebe den Widerstand *m* so lange, bis die Ströme in den Spulen *k* und *l* einander proportional sind. Der Kontrollstrom durchfließt die Spule *n* eines Solenoids und übt auf den am beweglichen Hebelarm *o* befindlichen Eisenkern eine Kraft aus, die proportional dem Quadrat der Dampfentnahme ist. Diese Kraft wird bei gleichem Dampf-Luft-Verhältnis gegen die auf die Tauchglocken *e* und *f* einwirkenden Verstellkräfte des Differenzzuges, die proportional dem Quadrat der Rauchgasmenge sind, ausgewogen. Ist das Dampf-Luft-Gleichgewicht gestört, so wird das Steuerventil *p* betätigt und die Rauchgasklappe *q* so lange verstellt, bis die Rückführung den Regeltriebkräften wieder das Gleichgewicht hält. Der Brennstoffanzeiger *u*, der die jeweils erforderliche Geschwindigkeitstufe des Antriebmotors für eine bestimmte Schichthöhe angibt, befindet sich in dem Kontrollstromkreis.

Zum Schluß wird ein Regler für eine Kesselgruppe dargestellt, der die oben beschriebenen Regelelemente benutzt und in einfachster Weise gestattet, die Lastverteilung der einzelnen Kessel zu beeinflussen und gegebenenfalls Kessel ganz aus dem Betrieb herauszunehmen, wobei die anderen Kessel selbsttätig den Lastanteil übernehmen.

Die gesamte Regelanlage ist im Aufbau außerordentlich einfach. (F. Engel u. A. G. S. Sandison, Die Wärme Bd. 52, S. 533.) *fv.*

[1] Über mechanische Kesselregler siehe auch: Th. Stein, Regelung und Ausgleich in Dampfanlagen; Verlag von Julius Springer, Berlin 1926.

[2] Vgl. ETZ 1928, S. 748.

Bergbau und Hütte.

Die Schlagwettersicherheit der elektrischen Lokomotivförderung. — Die Beseitigung der Schlagwettergefahr bei der Fahrdraht-Lokomotivförderung ist ebenso sehr Aufgabe des Bergmanns wie des Elektrotechnikers und C. Truhel kommt zu dem Ergebnis, daß sich die Schlagwettergefahr der Fahrdrahtlokomotiven wenn auch nicht völlig beseitigen, so doch stark vermindern läßt. Die Verbindung der Schienenstöße sei, wenn irgend möglich, durch Schweißung herzustellen. Versagen aber alle Mittel infolge zu hohen Gebirgsdruckes oder weil sie in ihrer Entwicklung noch nicht weit genug gediehen sind, so habe man in der Akkumulatorenlokomotive einen brauchbaren Ersatz. Der Verfasser weist darauf hin, daß man bisher bei der Gegenüberstellung von Fahrdraht- und Druckluftlokomotiven einerseits und Akkumulatorenlokomotiven anderseits immer den Fehler gemacht habe, schwächere Akkumulatorenlokomotiven mit Fahrdrahtlokomotiven von höherer Leistung zu vergleichen. Auch habe man bisher die Kosten für den Ersatz der Akkumulatorenplatten meist doppelt in Rechnung gestellt, u. zw. unter Abschreibungs- und Instandsetzungskosten; die Tilgung erübrige sich aber, weil die Batterie stets in brauchbarem Zustand erhalten bleibe. Ferner werde bei der Verzinsung des Anlagekapitals nicht berücksichtigt, daß sich das letztere von Jahr zu Jahr um den Betrag der Abschreibung verringere. Auch wird geltend gemacht, daß neuerdings an der Akkumulatorenlokomotive zahlreiche Verbesserungen vorgenommen wurden; dahin gehören vor allem die Einführung der Bleibatterie mit Panzerplatten, ferner die Anwendung der Edison-Batterie. Endgültige Angaben über die Kosten eines Nutz-tkm könne man allerdings heute noch nicht machen, weil die Akkumulatoren-Streckenförderung noch zu neu sei. Nach den bisher vorliegenden Zahlen dürfte man in der Hauptstreckenförderung auf etwa 10 ... 12 Pf und im Abbau auf 18 ... 20 Pf für 1 Nutz-tkm kommen, während für Fahrdrahtlokomotiven 8 ... 10 Pf und für Druckluftlokomotiven einschließlich Kompressoren für Hauptstreckenförderung 15 ... 18 Pf, für den Abbau 20 bis 25 Pf in Ansatz zu bringen sind.

In der folgenden Zahlentafel sind einige Vergleichszahlen über Gewicht, Raumbedarf und Kosten der verschiedenen Batteriearten für 1 kWh und 5 h Betriebsdauer aufgezählt.

Batterieart	Gewicht kg	Raumbedarf l	Bruttokosten RM
Großoberflächenplatten-Elemente . .	100	33	220
Panzerplatten-Elemente	60	20	200
Gitterplatten-Elemente	40	14	120
Edison-Zellen mit Nickel-Kadmium-Platten	40	15	480

Gegenüber der schweren Großoberflächen-Platte hat die Panzerplatte der Akkumulatorenfabrik Hagen den Vorteil eines geringen Gewichts, geringeren Raumbedarfs und niedrigeren Preises. Die Platte setzt sich aus einer Anzahl bleistiftdicker, mit Schlitzen versehener Hartgummiröhrchen zusammen, in denen die Bleimasse um einen dünnen Bleistab als Achse eingebettet ist. Der Edison-Akkumulator zeigt nun nach dem Laden noch längere Zeit ein andauerndes Nachgasen, so daß sich innerhalb der Batterie bei geschlossenem Deckel Knallgas bildet; eine Knallgasexplosion kann aber die Entzündung außerhalb befindlicher Schlagwetter zur Folge haben, da der an der Batterie vorhandene Plattenschutz die mit großer Geschwindigkeit strömenden brennenden Gase der Knallgasexplosion nicht genügend abkühlt. Um das zu ver-

Digitized by Google

hindern, wird die negative Eisenoxydplatte aller Batterien (auch der bereits im Betrieb befindlichen) von der Akkumulatorenfabrik Hagen durch eine Kadmiumoxydplatte ersetzt. Die Nickel-Kadmium-Batterie zeigt das Nachgasen nur unmittelbar nach dem Laden, ist also in dieser Beziehung völlig schlagwettersicher. Es wird ein Batteriekasten beschrieben, dessen Deckel ohne Dichtungszwischenlage aufliegt, weil das Dichtungsmittel bei einer im Kasten entstehenden Schlagwetterexplosion doch nur herausgeschleudert und die heißen Gase frei austreten würden. Sowohl im Deckel als auch im Boden des Batteriebehälters sind zwei rechteckige Löcher ausgeschnitten und mit vorschriftsmäßigem Schlagwetter-Plattenschutz abgedeckt. Die Verbindung zwischen je einem oberen und unteren Loch stellt ein durch Fortlassung einer Batteriezelle entstandener Luftschacht her, der der Batterie das Atmen ermöglichen soll. Die Verbindungsleitung mit Fahrschalter und Motor muß leicht und in spannungsfreiem Zustand lösbar sein. Diesem Zweck dient die Elma-Steckvorrichtung der Akkumulatorenfabrik Berlin (Abb. 4). Wird der durch das Anschlußkabel *e* mit dem Fahrschalter verbundene Stecker in die Steckdose eingeführt, so gleitet das Führungstück *f* in die Nut *g*; dreht man den Stecker um 90°, so schaltet man den Schalter *a* ein und setzt damit den Kontaktstift *c* unter Spannung. Bei dieser Drehung wird die Hülse *b* mitgedreht und das Führungstück *f* schiebt sich hinter den Bund der Steckdose, so daß ein Herausziehen des Steckers unter Spannung nicht möglich ist; erst wenn man ihn um 90° zurückdreht, also bei ausgeschaltetem Schalter, kann er gezogen werden. Ebenso kann die Sicherung nur ausgewechselt werden, wenn der Stecker gezogen ist. Es entstehen also beim Schalten nur in dem drucksicher gekapselten und gegen unbefugtes Öffnen geschützten Schalterinnern Funken, die eine Entzündung außerhalb befindlicher Schlagwetter nicht herbeiführen können. Abb. 5 zeigt die Ladestelle mit den Ladetischen und der Schaltungsanlage auf der Zeche Werne. Es empfiehlt sich, die Ladekammer so breit zu machen, daß die Lokomotive zwischen die in zwei Reihen aufgestellten Ladetische fahren und dabei auf der einen Seite die verbrauchte Batterie abrollen, von der anderen Seite aber eine frisch aufgeladene Batterie aufnehmen kann, wodurch man die Zeit des Umsetzens der Lokomotive spart. Die im Abbau umgewechselte Batterie wird auf einem besonderen Wagen zur entfernt liegenden Ladestelle gebracht. Auf diese Weise erreicht man, daß die Lokomotive nicht aus dem Betrieb gezogen zu werden braucht. (C. Truhel, Glückauf Bd. 65, S. 881.) *Ka.*

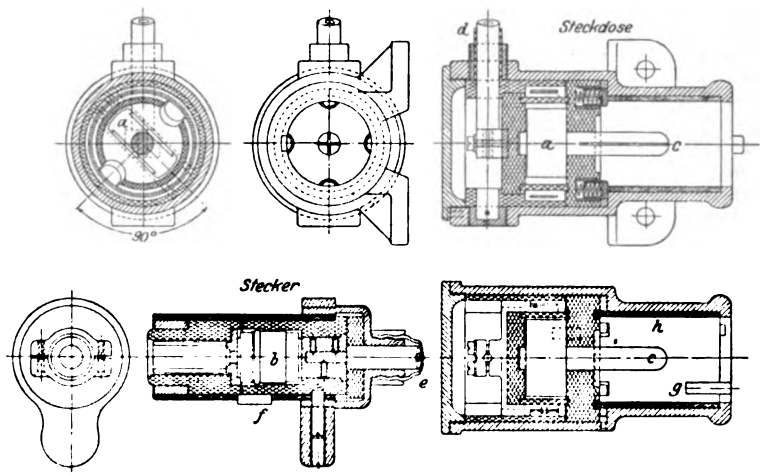
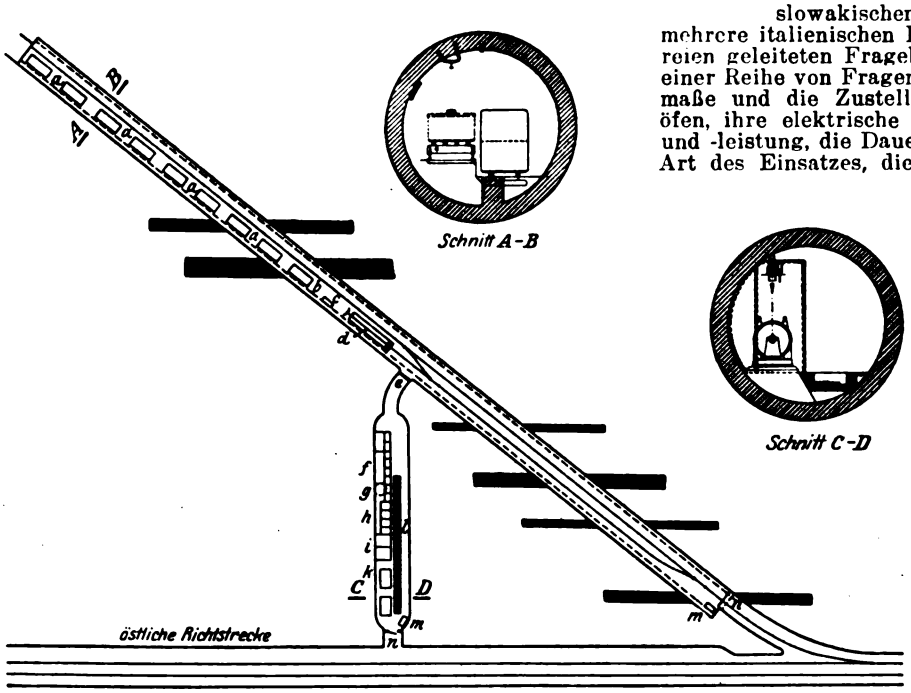


Abb. 4. Elma-Steckvorrichtung.

Maße und Leistungen der Elektrolichtbogenöfen. — Die Rundfrage des Vereins Deutscher Gießereifachleute, Berlin, in Gestalt eines an alle deutschen, österreichischen, tschechoslowakischen, ungarischen, schweizerischen und mehrere italienischen Elektrostahlwerke und -stahlgießereien geleiteten Fragebogens bezweckte die Klarstellung einer Reihe von Fragen, die sich auf die allgemeinen Ausmaße und die Zustellung der elektrischen Lichtbogenöfen, ihre elektrische Einrichtung, die Einschmelzzeiten und -leistung, die Dauer des Feinens und Schmelzens, die Art des Einsatzes, die durchschnittlichen Arbeitszeiten, die Ausführung des Deckels und seine Haltbarkeit, der Herdwand, des Herdbodens, den Verbrauch an feuerfesten Steinen, die Ausmaße der Elektroden usw. bezogen. Die Ergebnisse dieser Rundfrage liegen nunmehr in einer Sonderdruckschrift vor.



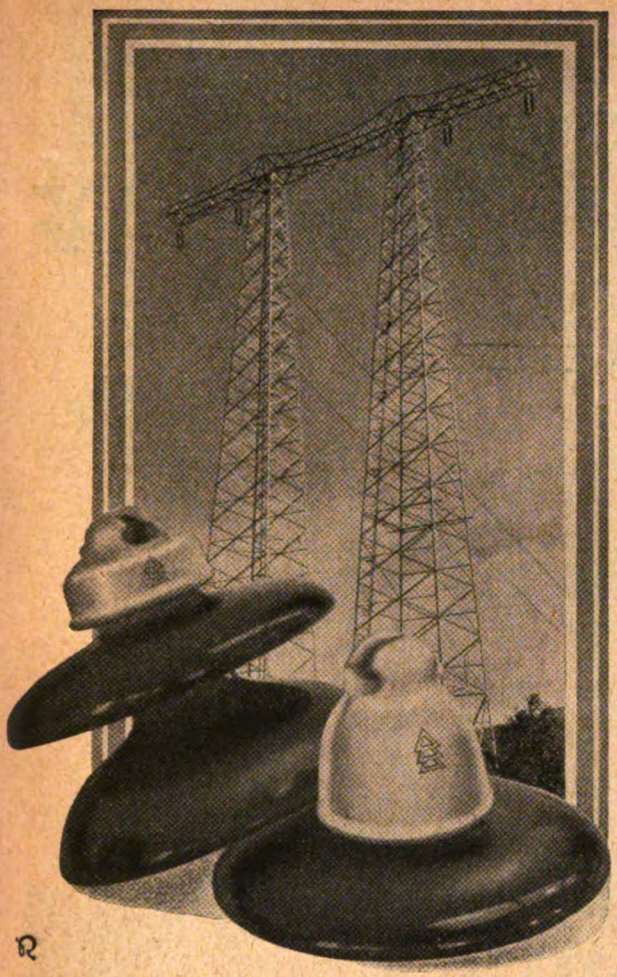
a Ladetisch
b Reparaturtisch
c Schraubstock
d Reparaturgrube
e Gittertür
f Niederspannungs-Schaltanlage
g Ölgrube
h Hochspannungs-Schaltanlage
i Transformatoren
k Umformer
l Kabelkanal
m Tauchgefäß für Filter
n Tür mit Filter

Abb. 5. Ladestelle und Schaltanlage auf Zeche Werne.

Unterteilt man die Öfen nach ihrem Einsatzgewicht in die Gruppe 1 (Einsatzgewicht 1 t), Gruppe 2 (2 ... 3 t), Gruppe 3 (4 ... 5 t), Gruppe 4 (5,1 ... 6,3 t), Gruppe 5 (7 bis 8 t), Gruppe 6 (10 t), Gruppe 7 12,8 ... 15 t), so ergibt sich zunächst aus den Grenzwerten für die Badoberfläche, daß dieser Wert bis zu 4 t Einsatzgewicht ansteigt und dann wieder abnimmt. Bei der Badtiefe ist mit steigendem Einsatzgewicht ein Ansteigen des Wertes für die Badtiefe festzustellen. Die größte Badtiefe war 400 mm bei Gruppe 1, 510 mm bei Gruppe 7. Der untere Grenzwert der Höhe des Gewölbescheitels über der Badoberfläche steigt mit dem Einsatzgewicht an, der obere Grenzwert ist für die Öfen von 2 ... 8 t Einsatz nahezu gleich. Die Höhe des Gewölbescheitels über Bad und der mittlere Durchmesser des Herdraumes weisen bei den Öfen der Gruppen 2, 4 und 5 verhältnismäßig starke Unterschiede auf; dementsprechend liegt auch der Wert für den freien Herdraum auf 1 t Einsatz bei diesen Ofengruppen in verhältnismäßig weiten Grenzen. Die Mindestgesamtstärke der Herdwand am Bad ist bei den Öfen mit 2 ... 8 t Einsatz fast gleich (350 ... 370 mm). Bei den meisten untersuchten Öfen bis zu 8 t Einsatz sind die eigentlichen Gewölbesteine 250 mm stark. Bei einzelnen Öfen ist das Gewölbe in der Elektrodendurchgangszone um 50 ... 65 mm stärker gehalten.

Bei den Öfen, die erst in den letzten Jahren zur Aufstellung gelangt sind, werden auch bei niedrigem Ein-

Digitized by Google



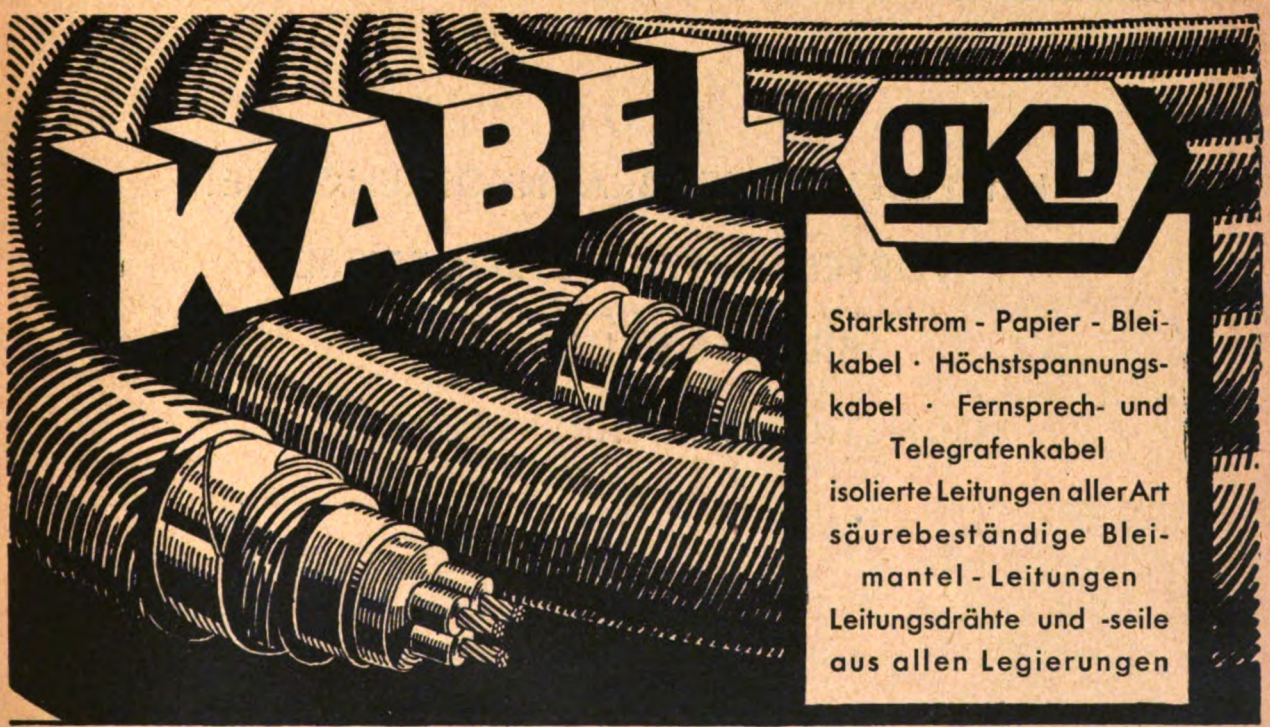
Warum Hescho-Isolatoren?

Die ISOLATOREN bestimmen die Betriebsicherheit bei allen Hochspannungsanlagen.

Die HESCHO hat allein an kittlosen Kettenisolatoren mehr als 3½ Millionen Stück geliefert.

Die Summe der gesammelten Erfahrungen kommt Ihnen zugute.

HESCHO HERMSDORF THÜR
IM KAHLA KONZERN



Starkstrom - Papier - Bleikabel · Höchstspannungskabel · Fernsprech- und Telegrafenkabel
isolierte Leitungen aller Art
säurebeständige Bleimantel - Leitungen
Leitungsdrähte und -seile aus allen Legierungen

OSNABRÜCKER KUPFER-U.DRAHTWERK

Digitized by Google

ANSIEDLUNGSORTE FÜR FABRIKANLAGEN MIT STROMBEDARF

IN DER NÄHE DER

LAGE:

MITTELDEUTSCHES BRAUNKOHLENGEBIET

VORTEILHAFTESTE STROMPREISE

BILLIGES BAUGELÄNDE

GÜNSTIGE VERKEHRSVERBINDUNG

AUSKUNFT DURCH:

ELEKTROWERKE A.G. BERLIN W62

KURFÜRSTENSTRASSE 112

Digitized by Google

Kessel

Großwasserraumkessel / Wasserrohrkessel / Steilrohrkessel / für höchste Drücke / Dampfüberhitzer / Abhitzekessel / Rohrleitungen.

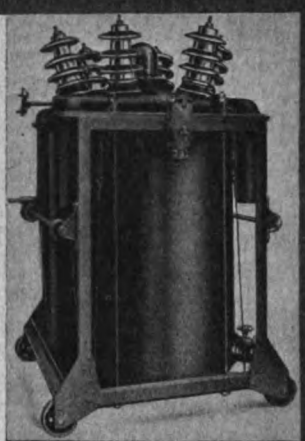
STORCH

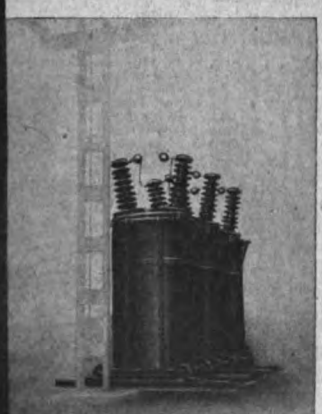
DINGLER

DINGLERSCHE MASCHINENFABRIK A.-G. ZWEIBRÜCKEN-PFALZ

EMAG ELEKTRIZITÄTS-A.G. FRANKFURT a.Main

Spezialfabrik elektrischer Starkstrom-apparate u. Schaltanlagen.



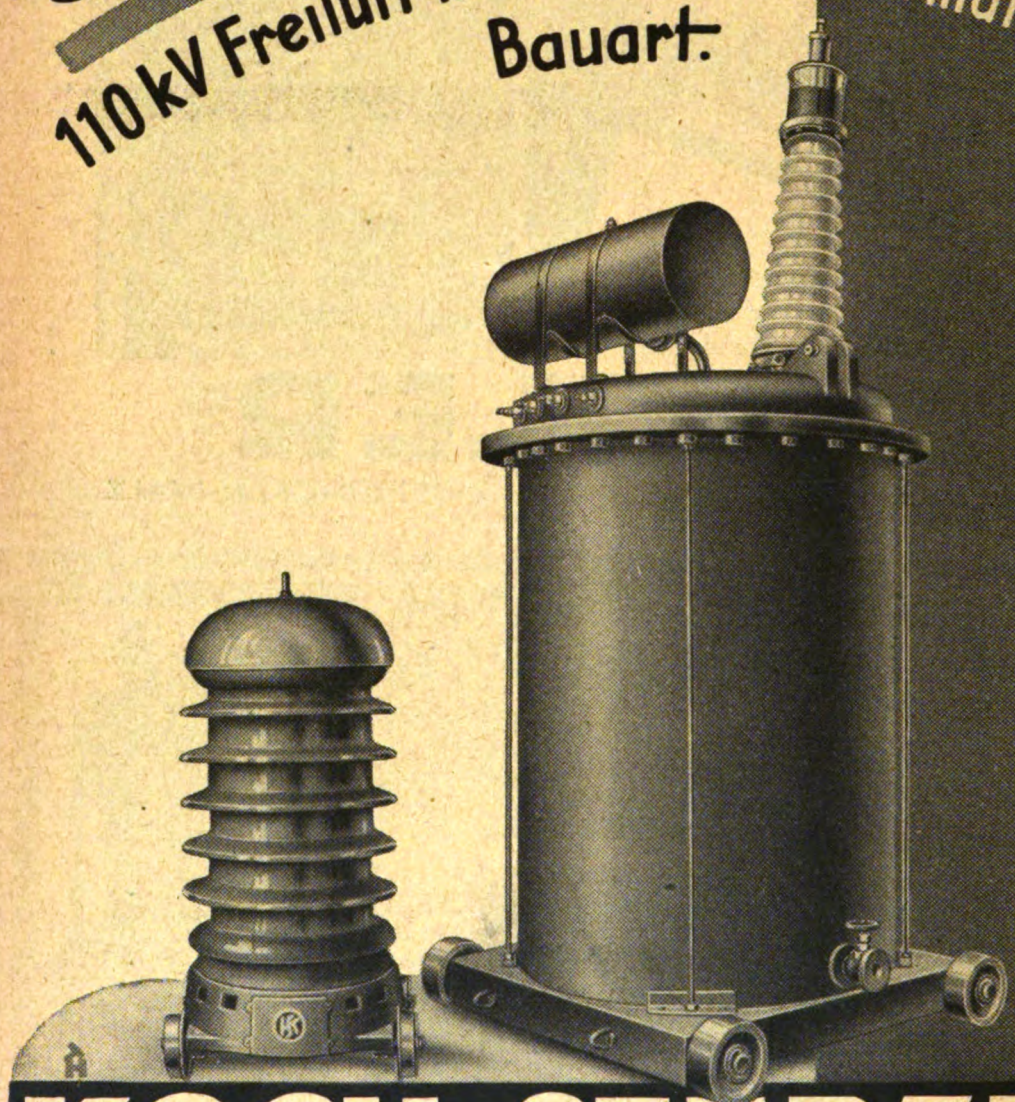


Hochleistungs-Schaltapparate
Überspannungs-Schutzapparate

Digitized by Google

KASKADEN-SPANNUNGSWANDLER

110 kV Freiluft im Vergleich zur normalen Bauart



A2-531

KOCH & STERZEL

AKTIENGESELLSCHAFT

DRESDEN,

Digitized by Google

satzgewicht Graphitelektroden verwendet. Eine Normung der Länge der Elektroden gleicher Stärke und gleicher Art ist nicht zu erkennen. Der Durchmesser des Elektrodenteilkreises liegt für die meisten Ofengruppen innerhalb weiter Grenzen; dementsprechend ist auch sein Verhältnis zum Baddurchmesser stark schwankend. Das gleiche gilt auch für den Elektrodenabstand von der Herdwand, der im allgemeinen mit zunehmendem Einsatzgewicht ansteigt.

Die meisten von den untersuchten elektrischen Öfen werden mit Drehstrom betrieben. Mit Ausnahme einiger Öfen sind alle Öfen mit Transformatoren von einer solchen Stärke ausgestattet, daß sie als Hochleistungsöfen betrieben werden könnten (Stromzuführung auf 1 t Einsatz über 170 kW). Daraus ergibt sich, daß die meisten Betriebe sich die Erkenntnis, daß eine hohe Stromzufuhr während des Einschmelzens einen günstigen Einfluß auf die Leistungsfähigkeit der elektrischen Öfen ausübt, bereits zunutze gemacht haben. Bei einzelnen Ofenanlagen nimmt die durchschnittliche Stromzufuhr während des Einschmelzens fast die Volleistung des Transformators in Anspruch. Gleiche Spannungen beim Schmelzen und Feinen sind nur noch bei den älteren Öfen in Verwendung. Bei den neueren Öfen wird während des Schmelzens mit einer höheren Spannung gearbeitet als während des Feinens. Bei den Öfen jüngerer Bauart wird beim Einschmelzen mit Spannungen von 150 ... 200 V, beim Feinen mit solchen von 115 ... 120 V gearbeitet. Die Stromzufuhren während des Schmelzens und Feinens liegen insbesondere bei den Öfen mit niedrigem Einsatzgewicht in weiten Grenzen (117 ... 370 kW beim Schmelzen und 65 ... 218 kW beim Feinen). Sowohl die untere als auch die obere Grenze nimmt mit steigendem Einsatzgewicht ab. Von 24 Öfen waren 15 mit Drosselspulen ausgestattet, die bei einzelnen Öfen dauernd, bei anderen nur während des Einschmelzens oder nur bis zum Entstehen eines Sumpfes beim Einschmelzen eingeschaltet sind. Die Erfahrungen der Betriebe mit der Drosselspule werden als gut bezeichnet.

Durch die Verstärkung der Stromzufuhr wird auch der Wirkungsgrad des Ofens beeinflußt. Da die Verluste während der stromlosen Zeit und während der Einschmelzzeit für jeden Ofen infolge der verschiedenen Ausführung und der verschiedenen Betriebsführung andere Werte haben, so kann durch einen Vergleich der genannten Werte niemals ihre gegenseitige Beziehung festgestellt werden. Er ermöglicht aber, daß gezeigt werden kann, innerhalb welcher Grenzen sich die Stromzufuhren praktisch bewegen, innerhalb welcher Grenzen der Wirkungsgrad der Öfen bei den verschiedenen Stromzufuhren praktisch liegt und welche Veränderung die Einschmelzzeit und die Einschmelzleistung durch die Veränderung des Wirkungsgrades erfahren. Die Einschmelzzeit aller Öfen nimmt bis zu den höchsten Stromzufuhren ab und ist bei gleichem Wirkungsgrad für die verschiedenen Öfen gleich. Ein Vergleich der Einschmelzzeit der Öfen mit gleichen Stromzufuhren und verschiedenen Wirkungsgraden läßt deutlich seinen Einfluß erkennen. Durch die Erhöhung der Stromzufuhren läßt sich für jeden Fall die Ofenschmelzleistung innerhalb weiter Grenzen verändern. Bei kleinen Öfen werden durchschnittlich niedrigere Wirkungsgrade erreicht als bei den größeren Öfen. Alle Öfen, die neben den Kühlringen noch einen besonderen Elektrodenschutz besitzen, weisen einen günstigeren Wirkungsgrad auf.

Besonders hohe Stromzufuhren während des Schmelzens werden bei den kleinen Öfen verwendet, die zur Herstellung von kleinem Stahlguß dienen. Eine stärkere durchschnittliche Stromzufuhr hat nicht nur eine Verkürzung der Dauer des Feinens, sondern auch eine Verminderung des Stromverbrauches für das Feinen auf 1 t Einsatz zur Folge. Bei dem Arbeiten mit flüssigem Einsatz ist die Feindauer und damit der Stromverbrauch etwas größer als bei dem Arbeiten mit festem Einsatz. Dies wird teilweise seine Ursache darin haben, daß beim Arbeiten mit flüssigem Einsatz die Dauer des Feinens absichtlich verlängert wird, damit der Ofen nach dem Abgießen nicht so lange leer steht.

Bei den Ofengruppen über 4 t Einsatz machen die Einsatzzeiten 6 ... 10 min aus, während sie bei den kleineren Öfen größer sind, nämlich 14 ... 18 min. Das Ausbringen an flüssigem Stahl bewegt sich innerhalb der Grenzen von 92 ... 98 %. Die Höhe des Ausbringens hängt in erster Linie von der Reinheit des Einsatzes in bezug auf Rost, Schmutz und Phosphor ab. Für die Deckel werden bei allen Öfen Formsteine verwendet, die in dem Teil, der die Elektrodenlöcher enthält, um 50 ... 65 mm stärker gehalten sind. Als ausschließlicher Werkstoff für die Deckel dienen Silikasteine. Die Haltbarkeit der Deckel schwankt innerhalb weiter Grenzen. Wird der Ofen als Hochleistungsofen betrieben, so verringert sich die Zahl der Schmelzstunden für einen Deckel. Die stromlose Zeit zwischen zwei Schmelzen beeinflußt die Haltbarkeit nicht, allgemein hängt diese von der Güte der Ausführung und der Güte der feuerfesten Stoffe ab.

Bei den meisten Öfen ist zwischen dem Mauerwerk der Wand und dem Ofengefäß eine 20 mm starke Einschüttung von Schamottemörtel, Kieselgur oder Magnesitstaub zwischengeschaltet, die einerseits als Wärmeschutz dient, anderseits die ungestörte Ausdehnung des Mauerwerks ermöglicht. Die Haltbarkeit der Herdwand schwankt bei den verschiedenen Öfen in weiten Grenzen. Ein Einfluß der Vermauerungsart auf die Haltbarkeit ist nicht zu erkennen, ebenso kann nicht festgestellt werden, ob die ganze basische oder teilweise basische Ausführung vorteilhafter ist. Auch der Abstand der Elektroden von der Herdwand scheint in den bei den einzelnen Öfen dafür verwendeten Ausmaßen ohne Einfluß auf ihre Haltbarkeit zu sein.

Bei einer Reihe von Öfen war der Teil des Herdbodens, der nur zum Wärmeschutz dient, aus Silika- oder Schamottesteinen ausgeführt. Seine Stärke wechselt und sie nimmt mit steigendem Einsatzgewicht verhältnismäßig ab. Bei den anderen Öfen, die ohne Bodenelektroden arbeiten, wird auf dem Boden des Ofengefäßes loser Magnesitstaub in einer Stärke von 20 ... 25 mm ausgebreitet, auf dem dann sofort das basische Mauerwerk aufgebaut wird. Der basische Teil des Herdbodens wird entweder ganz gemauert oder teilweise gemauert und gestampft ausgeführt. Die Lebensdauer der gemauerten Herdböden ist größer als die der teilweise gemauerten und gestampften. Ein Vergleich der Strombelastung während des Einschmelzens und insbesondere während des Feinens und der Dauer des letzeren mit der Haltbarkeit läßt einen besonderen Schluß auf den Einfluß dieser Faktoren auf die Haltbarkeit nicht zu.

Die Elektroden werden nur in einigen wenigen Fällen vor der Einführung in den Ofen vorgewärmt, in der überwiegenden Zahl der Betriebe werden sie nur trocken gelagert und vor der Inbetriebnahme in die Nähe des Ofens gebracht. Der Elektrodenverbrauch liegt bei Kohlenelektroden zwischen 7,2 ... 22,0 kg, bei Graphitelektroden zwischen 2,74 ... 7,14 kg auf 1 t Ausbringen. Dieser Verbrauch hängt ab von der Zahl der Arbeitstunden je Schmelze, der Größe der Oberfläche des Elektrodenteiles, der der Ofentemperatur ausgesetzt ist, der Güte der Elektroden und der Stärke des Wechsels der Ofenatmosphäre. Der Elektrodenabbrand auf 1 m² Oberfläche und Arbeitstunde liegt bei den Kohlenelektroden innerhalb der Grenzen von 2,1 ... 4,59 kg, bei den Graphitelektroden innerhalb der Grenzen von 0,9 ... 2,58 kg/t. Die Stromdichte schwankt bei den Kohlenelektroden zwischen 2,4 und 10,7 bei den Graphitelektroden zwischen 4,8 und 24,5 A/cm². Es wird danach manchmal bei beiden Arten der Elektroden mit verhältnismäßig großen Stromdichten gearbeitet, trotzdem ist in diesen Fällen kein ungünstiger Einfluß auf den Elektrodenverbrauch zu erkennen. (E. Kothny, Bericht über das Ergebnis der Rundfrage des Elektroofen-Ausschusses des Vereins Deutscher Gießereifachleute, Berlin, 1929.) *Kp.*

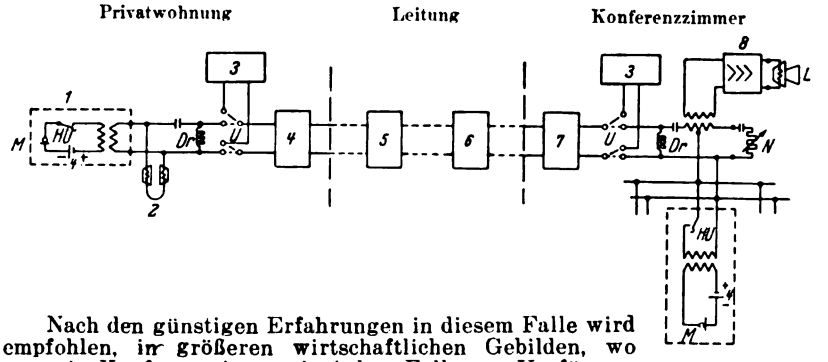
Fernmeldetechnik.

Beratungs-Sprechverkehr (Konferenztelephonie) in Krankheitsfällen. — A. Ebeling berichtet über eine Schalteinrichtung, die es ihm ermöglichte, während einer Erkrankung vom Krankenbett aus seine Geschäfte weiter zu leiten und auch nach Bedarf Beratungen und Besprechungen mit einem größeren Personenkreis abzuhalten. In der Wohnung wurde ein Schalter in die Teilnehmerleitung eingebaut, durch den diese entweder mit dem normalen Teilnehmerapparat verbunden werden konnte oder mit einer neuen Apparatur, die aus einer Gleichstrombrücke, einem Kondensator, einem Kopfhörer, einem Mikrophonübertrager und einem Kohlemikrophon bestand (Abb. 6). Diese neue Apparatur war rasch zusammengestellt und in einfachster Weise zu bedienen. Im Konferenzzimmer der Siemens-Kabelgemeinschaft wurde ebenfalls ein Schalter in die Teilnehmerleitung eingebaut, mit dem dieselbe Umschaltung wie vorerwähnt ausgeführt werden konnte; hier wurde jedoch ein Lautsprecher eingeschaltet, damit alle im Konferenzzimmer befindlichen Herren die Sprachübertragung des Erkrankten hören konnten; die Apparatur bestand hier aus einer Gleichstrombrücke, einem Kondensator, einem Ausgleichübertrager mit Leitungsnachbildung, einem kleinen Verstärker mit den entsprechenden Verstärkerröhren, einer Ano-

Digitized by Google

denbatterie von 250 V, zwei Lautsprechern und vier parallel geschalteten hochwertigen Kohlemikrophonen, die in normale Tischapparaturen eingebaut waren und durch die Apparatgabel ein- und ausgeschaltet werden konnten. Die Herstellung der Verbindung erfolgte wie üblich über die Hauszentrale des Werks und das Fernsprechamt.

So konnten Besprechungen, an denen mehrere teilnehmen sollten und für die sich der Erkrankte interessierte, stattfinden, ohne daß die übrigen Beteiligten das Werk verlassen mußten. Die Verständigung war stets ausgezeichnet. Da es sich um kurze Linien handelte, waren irgendwelche Schwierigkeiten wegen Sprachverzerrungen, Echodämpfungen u. dgl. nicht zu befürchten. Im Konferenzzimmer war wegen der Kürze der Zeit die Einrichtung so getroffen, daß jeder Sprechende sich eines der vier Apparate wie beim gewöhnlichen telephonischen Sprechen bediente; bei fest eingebauten Anlagen stellt man Mikrophone und Verstärker auf, damit die Konferenzteilnehmer an ihren Plätzen bleiben können, ohne die Apparate in die Hand nehmen zu müssen.



1 Tischstation mit hochwertigem Kohlemikrophon
2 Kopfhörer
3 normale Tischstation
4 Klappenschrank
5 Amt Westend
6 Amt Wilhelm
7 Zentrale
8 Verstärker

Abb. 6. Schaltung für Beratungs-Sprechverkehr.

Nach den günstigen Erfahrungen in diesem Falle wird empfohlen, in größeren wirtschaftlichen Gebilden, wo man ein Konferenzzimmer in jedem Falle zur Verfügung hat, entsprechende Einrichtungen zu beschaffen und dauernd bestehen zu lassen, damit sie jederzeit benutzt werden können. Diese feste Einrichtung könnte dann in allen Fällen ausgenutzt werden, in denen jemand aus irgendeinem Grunde bei einer Besprechung nicht anwesend sein kann und von dritter Stelle aus daran teilzunehmen wünscht. In dem Fall, daß zwei Konferenzzimmer in verschiedenen Gebäuden derartige Einrichtungen besitzen, könnte eine gemeinsame Konferenz abgehalten werden, ohne daß die betreffenden Interessenten ihr Werk zu verlassen brauchen. (A. Ebeling, Europ. Fernspr. 1929, S. 261.) *Bkm.*

Versuche mit einem neuen Pupinisierungssystem mit erhöhter Grenzfrequenz und mit Phasenausgleich. — Der 3. Berichterausschuß des CCI hat während seiner Tagung in Köln beschlossen, dem CCI ein neues Pupinisierungssystem[1] als für den internationalen Sprechverkehr geeignet zu empfehlen, nachdem die bisher vom CCI empfohlenen beiden Pupinisierungsysteme als verbesserungsbedürftig erkannt worden sind. Der Beschluß des Berichterausschusses bezieht sich auf ein von der DRP für künftige Fernkabel angenommenes Pupinisierungsystem, das im wesentlichen einem Vorschlag von Lüschen und Küpfmüller entspricht und das erstmalig in dem neuen Fernkabel Hannover—Wiedenbrück erprobt worden ist; den Versuchen hat der Berichterausschuß beigewohnt. — Die bisher vom CCI empfohlenen beiden Pupinisierungsverfahren sehen eine mittelstarke Pupinisierung für Sprechverkehr bis höchstens 1000 km und eine schwache Pupinisierung für Sprechverkehr auf größere Entfernungen vor; die mittelstarke Pupinisierung soll die Übertragung eines Frequenzbandes von 300 ... 2000 Hz über Zweidraht- und Vierdrahtleitungen (bei einer bestimmten Beschränkung der Einschwingvorgänge) gewährleisten, während die schwache Pupinisierung ein Frequenzband von 300 ... 2500 Hz über Vierdrahtleitungen mit geringer Phasenverzerrung zu übertragen bestimmt ist. Demgegenüber empfiehlt der deutsche Vorschlag eine einheitliche mittelstarke Pupinisierung zur Übertragung des vollständig ausreichenden Frequenzbands von 300 ... 2400 Hz; infolge Erweiterung des zu übertragenden Frequenzbands gegenüber der bisherigen mittelstarken Pupinisierung ist auch die Grenzfrequenz von dem bisherigen Werte 2800 Hz auf 3400 Hz heraufzusetzen. Außerdem soll durch Einführung des Phasenausgleichs die Übertragung in den mittelstark pupinisierten Leitungen so verbessert werden, daß diese Leitungen in Vierdrahtschaltung dasselbe wie die schwach pupinisierten Vierdrahtleitungen leisten. Die schwache Pupinisierung wird damit entbehrlich und ebenso werden bei Beschränkung des Zweidrahtbetriebs auf die 1,4 mm starken Fernkabeladern auch die Verstärkernebenämter entbehrlich.

Das 166paarige Versuchskabel Hannover—Wiedenbrück entspricht in seinen elektrischen Eigenschaften den Anforderungen des CCI; es enthält mittelstark belastete Leitungen nach dem Vorschlag von Lüschen und Küpfmüller (Spulenabstand 1,7 km, Spuleninduktivität in den Stammleitungen mit 0,9 und 1,4 mm Dmr. 140 mH, in der Viererleitung 56 mH, Grenzfrequenz in Stammleitungen mit 0,9 mm Dmr. 3500 Hz, in den Stammleitungen mit 1.4 mm Dmr. 3410 Hz) und schwach belastete Leitungen (Grenzfrequenz in Stammleitungen 7470 Hz). — In diesem Kabel hat man nun mehrere lange Versuchsleitungen in Zweidraht- und Vierdrahtschaltung durch Hin- und Herverbindungen gebildet und darin Sprechversuche angestellt, deren Ergebnisse zu dem oben erwähnten Beschluß des Berichterausschusses geführt haben. Die erste dieser Versuchsleitungen war eine 1500 km lange Zweidrahtleitung mit zehn Zweidrahtverstärkern, gebildet aus 11 je 136 km langen Zweidrahtstrecken Hannover—Wiedenbrück, über die eine den Anforderungen des Fernverkehrs vollständig genügende Verständigung erzielt werden konnte (Silbenverständlichkeit etwa 66 %); durch nachträglichen Einbau von Phasenentzerrungsketten (aus überbrückten T-Gliedern 2. Ordnung) konnte die Verständigung noch wesentlich verbessert werden, ja es gelang sogar, nach Verdoppelung der Leitungslänge über 3000 km und 20 Zwischenverstärker eine brauchbare Verständigung zu erzielen. Dabei entsprach die Restdämpfung der 1500 km langen Versuchsleitung etwa der Betriebsdämpfung eines Verstärkerfeldes und die Pfeifsicherheit der Verstärker lag beträchtlich über der vom CCI verlangten. Das überaus günstige Ergebnis ist im wesentlichen auf die Erhöhung der Grenzfrequenz zurückzuführen. — Die zweite Versuchsleitung war eine Vierdrahtleitung aus mittelstark pupinisierten 0,9 mm starken Adern von insgesamt 2720 km Länge, zusammengeschaltet aus 20 vierdrähtigen Leitungsabschnitten Wiedenbrück—Hannover mit 21 Vierdrahtverstärkern und ausgerüstet mit Phasenentzerrungsketten und Echosperren; beide Zweige dieser Leitung konnten zu einer nur in einer Richtung übertragungsfähigen Leitung von 5500 km Länge hintereinander geschaltet werden, u. zw. mit und ohne Phasenausgleich. Zum Vergleich mit dieser Leitung diente eine dritte Versuchsleitung von ebenfalls 2720 km Länge, diesmal aber aus schwach pupinisierten Vierdrahtabschnitten bestehend mit 41 Vierdrahtverstärkern, deren beide Zweige ebenfalls zu einer 5500 km langen Leitung verbunden werden konnten. Die Messung der Silbenverständlichkeit an diesen Versuchsleitungen zeigt zunächst die wesentliche Verbesserung der Verständigung durch den Phasenausgleich: in der 5500 km langen mittelstark pupinisierten Leitung wird die Silbenverständlichkeit durch den Phasenausgleich von rd. 49 auf 60 % gesteigert, in der 2720 km langen Vierdrahtleitung mit mittelstarker Pupinisierung von rd. 61 auf 68 %. Vor allem aber zeigen die Messungen der Silbenverständlichkeit, daß der Unterschied zwischen der mittelstark pupinisierten, phasenentzerrten Vierdrahtleitung und der schwach pupinisierten, nicht phasenentzerrten Vierdrahtleitung nur gering ist: die schwach pupinisierte Leitung hat bei 2720 km Länge eine Silbenverständlichkeit von etwa 69 % und damit nur 1 ... 2 % mehr als die mittelstark pupinisierte Leitung. Da das neue Pupinisierungsystem für mittelstarke Belastung nur halb so viele Verstärker wie die schwache Pupinisierung braucht, ist seine wirtschaftliche Überlegenheit augenscheinlich. (K. Höpfner, Tel.- u. Fernspr.-Techn. Bd. 18, S. 148.) *Bur.*

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1242.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1729.

Digitized by Google

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Zerlegung eines unsymmetrischen Dreiphasensystems in zwei symmetrische. — H. Nützelberger gibt drei neue Verfahren der Zerlegung eines unsymmetrischen Mehrphasensystems in zwei symmetrische an. Eines dieser Verfahren ist wegen seiner Einfachheit den beiden anderen sowie dem bisher bekannten Verfahren[1] überlegen und daher besonders zu empfehlen. Aus dem Aufsatz sei die Beschreibung des einfachsten Verfahrens hier herausgegriffen und kurz wiedergegeben. In Abb. 7 stellt das Dreieck KLM das gegebene unsymmetrische Mehrphasensystem mit den Vektoren $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{C}$ dar. Ziehen wir von den Eckpunkten Strahlen unter 30° Neigung gegen die Geraden KM und KL, so erhalten wir die Punkte N_3, P_3, Q_3 und R_3. Die Verbindungslinie $N_3P_3 = \mathfrak{x}$ stellt nun die Amplitude des dem gegebenen unsymmetrischen Mehrphasensystem gleichläufigen symmetrischen, die Verbindungslinie $Q_3R_3 = \mathfrak{y}$ die Amplitude des gegenläufigen Systems dar. (H. Nützelberger, Arch. El. Bd. 23, H. 1, S. 119.)

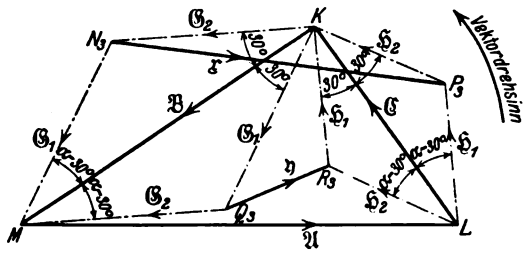


Abb. 7.

Theorie des Nordlichtes und der magnetischen Stürme. — Über 450 km Höhe, wo der freie Weg der Moleküle sehr groß ist, wird ein Teil des absorbierten ultravioletten Lichtes der Sonne durch Atomzertrümmerung und Ionenwiedervereinigung in kinetische Energie umgewandelt und erzeugt 10^6 Atome · $[cm^{-2} s^{-1}]$, die von der Erde mit einer Geschwindigkeit von 10 km/s oder mehr wegfliegen. Sie erreichen Höhen von 30 000 bis 50 000 km in etwa 3 h und werden alsdann von dem ultravioletten Sonnenlicht ionisiert. Die so gebildeten Ionen kreisen spiralig um erdmagnetische Kraftlinien und gelangen z. T. in die Polarbreiten. In einer Zone von 25° um den magnetischen Pol sind sie die Ursache des Nordlichtes. Die Laufzeit der Ionen vom Äquator bis zum Pol beträgt etwa 9 h; deshalb treten die Nordlichter öfter in den frühen Nachtstunden als in den späteren Stunden auf. Die Tatsache, daß kurze drahtlose Wellen die Polarzone durchdringen können, unterstützt die Ansicht, daß die Ionisation einem Ionenstrom aus niederen Breiten zuzuschreiben ist, weil das Sonnenlicht zur Ionisierung zu schwach ist. Es ist weiter anzunehmen, daß die aktive Sonne plötzlich ultraviolette Lichtströme aussendet. Diese ultraviolette Energie wird in der höheren Atmosphäre vollständig absorbiert und treibt aus diesen Schichten Ionen aus, die bis zu 40 000 km Höhe aufsteigen. Diese Ionen erzeugen infolge der Schwerkraft und des erdmagnetischen Feldes plötzlich auftretende starke Ströme in Ebenen parallel zum Äquator, die magnetische Felder von 10^{-3} Gauß auf der ganzen Erde erzeugen, wie sie in den ersten Phasen magnetischer Stürme beobachtet werden. Eine größere Zahl von Ionen gelangt zu den Breiten von 25° und zum magnetischen Pol, bildet diamagnetische Konzentration beträchtlicher Intensität und ist damit die Ursache des Nordlichtes. Nimmt man an, daß die ultravioletten Lichtströme nicht plötzlich abbrechen, sondern mit abnehmender Intensität einige Tage andauern, so müssen die diamagnetischen Konzentrationen am Tage anwachsen und in der Nacht geringer werden. Die Änderungen des erdmagnetischen Feldes, die durch diesen Diamagnetismus hervorgerufen werden, stimmen beinahe in allen Einzelheiten mit den beobachteten täglichen magnetischen Stürmen und den Veränderungen der magnetischen Feldkomponenten in allen Breiten überein. (H. B. Maris u. E. O. Hulburt, Phys. Rev. Bd. 33 [2. Serie], S. 412.) *Blr.*

Hochspannungstechnik.

Transformatorensatz für 1 Mill V gegen Erde. — Für das allrussische experimentelle elektrotechnische Institut in Moskau wurden von der Siemens & Halske AG. umfangreiche Lieferungen getätigt. Bemerkenswert ist für das Hochspannungsinstitut der im Transformatorenwerk Nürnberg der Siemens-Schuckertwerke AG. erbaute Transformatorensatz für 1 Mill V gegen Erde (Abb. 8). Um bei den Prüfungen eine den Betriebsverhältnissen möglichst nahekommende Beanspruchung zu erhalten, wurde Wert auf große Leistung und Kurzschlußfestigkeit gelegt. Die Spannung von 1 Mill V gegen Erde wird in zwei Stufen von je 500 kV erzeugt. Der zweite Transformator ist für 500 kV isoliert aufgestellt. Die Dauerleistung bei 1000 kV beträgt 1000 kVA und die Kurzschlußspannung 14 %.

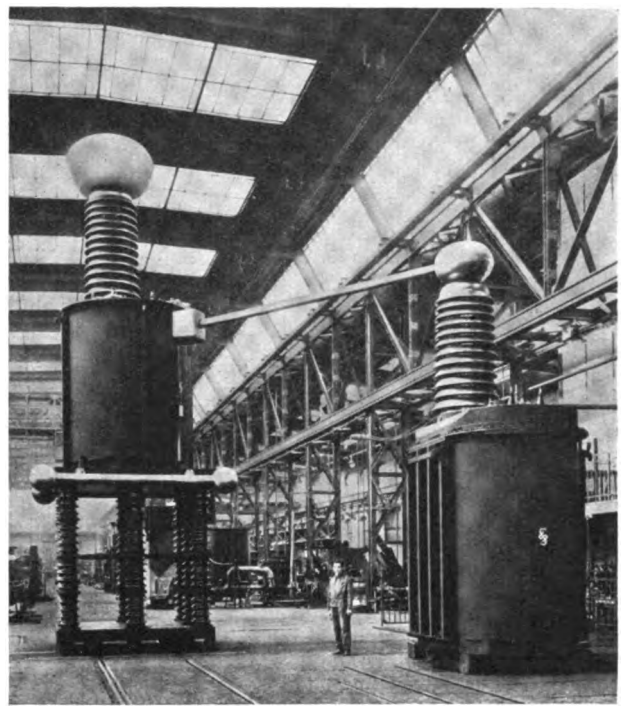


Abb. 8. Transformatorensatz für 1 Mill V.

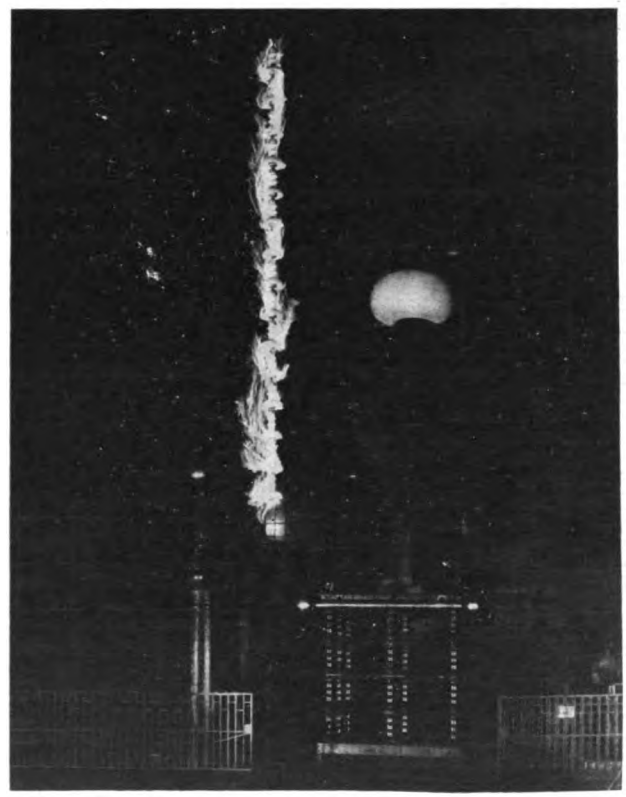


Abb. 9. Überschlag einer Hängekette bei 1 Mill V.

[1] Fraenkel, Theorie der Wechselströme, 2. Aufl., S. 120/122. Ferner ETZ 1922, S. 358.

Digitized by Google

Abb. 9 zeigt den Überschlag an einer 4,5 m langen Isolatorenkette bei etwa 1 Mill V. Die Prüfung erfolgte ohne die den Prüfobjekten zum Schutze der Transformatoren sonst vorgeschalteten Schutzwiderstände. Es wurde also ein Kurzschluß unmittelbar bei 1000 kV über die Kette hergestellt. Die Speisung der Transformatoren erfolgte dabei durch einen Generator von 5000 kVA Nennleistung. Durch Verwendung eines zweiten Transformatorsatzes können Spannungen von 2 Mill V zwischen den Klemmen erzeugt werden, was technisch keinerlei Schwierigkeiten bietet.

of.

Spulen, Wanderwellen und Kathodenoszillograph. — Zur Weiterführung von Versuchen Rogowskis wurden die Spannungsverhältnisse bei Auftreffen steiler Sprungwellen und Wanderwellen in der Hauptsache auf einlagige Zylinderspulen untersucht. Abb. 10 zeigt die

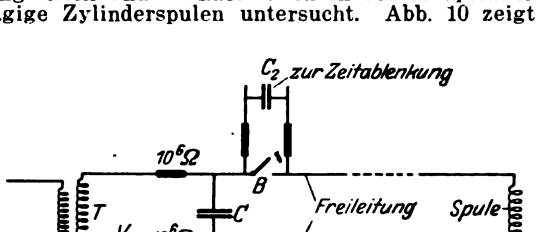
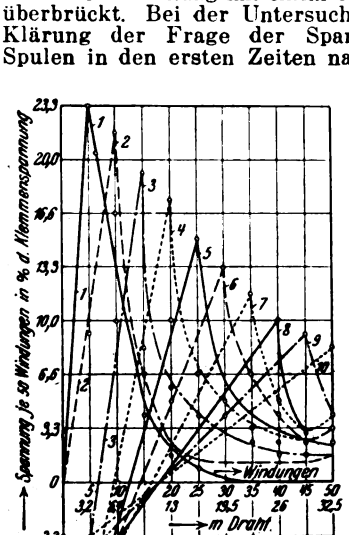


Abb. 10. Grundsätzliche Schaltanordnung.

Schaltung. Zur Erzeugung der Sprungwellen wurde das Ende der Freileitung mit einem ohmschen Widerstand $R = Z$ überbrückt. Bei der Untersuchung wurde Wert auf die Klärung der Frage der Spannungsverteilung an den Spulen in den ersten Zeiten nach Eintreffen der Wellen



Spule 500 Windungen, 207 mm Dmr.

1	nach	$1{,}07 \cdot 10^{-8}$ s
2	„	$2{,}1 \cdot 10^{-8}$ s
3	„	$3{,}15 \cdot 10^{-8}$ s
4	„	$4{,}2 \cdot 10^{-8}$ s
5	„	$5{,}25 \cdot 10^{-8}$ s
6	„	$6{,}3 \cdot 10^{-8}$ s
7	„	$7{,}35 \cdot 10^{-8}$ s
8	„	$8{,}4 \cdot 10^{-8}$ s
9	„	$9{,}45 \cdot 10^{-8}$ s
10	„	$10{,}7 \cdot 10^{-8}$ s

Abb. 11. Spannungsverteilung, abhängig von der Zeit, über die ersten 50 Windungen einer Spule beim Auftreffen einer Sprungwelle.

gelegt. Abb. 11 zeigt das Ergebnis der Oszillogrammauswertungen einer Untersuchung der Eingangswindungen bei Auftreffen einer Sprungwelle. Die außerordentlich hohe Beanspruchung der Eingangswindungen ist klar ersichtlich. Bei weiteren Messungen wurde z. B. an den ersten 5 Windungen einer Spule gleich 5 % der Gesamtwindungen bis zu 40 % der Sprungwellenspannung gemessen. Nach Durchlaufen einer Reihe von Windungen wird die steile Front merklich abgeflacht. Die inneren Windungen sind gering beansprucht. Untersuchungen an Transformatoren-Scheibenspulen ließen besonders dann hohe Beanspruchungen der Eingangswindungen erkennen, wenn in die Spulen ein geerdetes Blech eingeführt wurde.

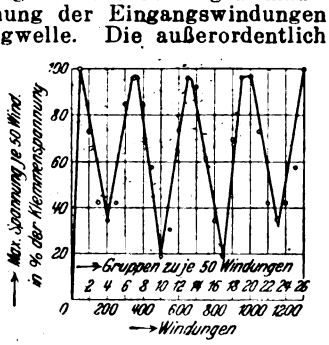


Abb. 12. Maximale Spannung bei Rechteckschwingung. Spule mit 1300 Windungen, 845 m Draht.

Bei Auftreffen eines gedämpften Wellenzuges auf eine Spule werden im Resonanzfalle die Schwingungen im Schwingungskreise zuerst anschwellen und dann nach Erreichung eines Maximums abfallen. Ist nun eine gewisse Verstimmung zwischen anregender und Eigenfrequenz vorhanden, so treten Schwebungen auf, die zuerst an- und dann abschwellen. Bei großer Verstimmung kann man eine allgemeine Aussage schwer machen. Trifft nun eine Rechteckwelle auf eine Spule, so werden die Verhältnisse noch unübersichtlicher, da die Rechteckwelle kein einfach gedämpfter Wellenzug ist. An Hand einer Reihe von Oszillogrammen finden sich diese Angaben bestätigt. Kurvenmäßig werden Oszillogrammauswertungen wiedergegeben, die, wie z. B. Abb. 12, das Aufschaukeln der Spannung im Innern der Spule im Resonanzfalle erkennen lassen, wobei die Spannungen die Höhe der Klemmenspannung erreichen. Allgemein läßt sich sagen: Steile, auf eine Spule auftreffende Spannungswellen rufen in den Eingangswindungen hohe Überspannungen hervor, im Innern der Spule nur im Resonanzfalle. (H. Jacobs, Arch. El. Bd. 22, H. 3, S. 257.)

Verschiedenes.

Installateur-Fortbildungskursus. — Das Städt. Betriebsamt Bielefeld veranstaltet gemeinsam mit den Elektroinstallateuren der Ortsgruppe Bielefeld einen Fortbildungskursus im „Haus der Technik". Die Vortragsfolge umfaßt Elektrotechnik unter besonderer Berücksichtigung der Installations- und Lichttechnik sowie die Technik der Werbung; neben theoretischen und praktischen Übungen sind auch Besichtigungen von Werken und Vorführung von Filmen vorgesehen. Der Lehrgang ist für Elektroinstallateure, Verkaufspersonal und Elektromonteure sowie Angehörige anderer technischer Berufe bestimmt; die Vorträge finden abends statt. Der Kursus hat am 12. VI. begonnen und dauert bis zum 11. VII. Im ganzen sind 26 Vorträge vorgesehen. Auskunft erteilt das Städt. Betriebsamt Bielefeld.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Das Großkraftwerk Württemberg AG., Heilbronn a. N., hat 1929 in der eigenen Dampfzentrale Heilbronn 16.4 Mill kWh (13.4 i. V.) und in dem von der Neckar-AG. gepachteten Wasserkraftwerk Kochendorf 15,9 Mill kWh (12,8 i. V.) erzeugt, u. zw. bei vollständiger Ausnutzung des überschüssigen Nachtstroms. Ferner wurde noch rd. 1 Mill kWh von anderen württembergischen Unternehmungen bezogen, so daß sich insgesamt ein Ausbringen von 33,3 Mill kWh ergibt (26,7 i. V.). Nach einem Vertrag mit der Neckar-AG. nimmt die Berichterstatterin auch den Abfallstrom auf, der in dem vom Elektrizitätswerk Heilbronn gepachteten neuen Wasserkraftwerk Horkheim anfällt, um ihn an die 220 kV-Leitung Vorarlberg-Rheinland weiterzugeben. Verkauft wurden insgesamt an das Kraftwerk Altwürttemberg, den Gemeindeverband Überlandwerk Hohenlohe-Öhringen, die Württ. Sammelschienen AG. und an die Neckar-AG. 31,15 Mill kWh (25,4 i. V.); außerdem erhielt letztere noch rd. 0,45 Mill kWh letztmalig kostenlos. Der Ausnutzungsfaktor des Wasserkraftwerks betrug 93 % (61 % i. V.). Überschuß: 335 849 RM (450 416 i. V.), Reingewinn: 9039 RM (7848 i. V.), er wird auf neue Rechnung vorgetragen.

Das Ergebnis des Ostpreußenwerks AG., Königsberg Pr., war 1929 ungünstiger als im Vorjahr, hauptsächlich infolge weiterer Steigerung der allgemeinen Betriebskosten und des Ausfalls an Eigenerzeugung in den Wasserkraftwerken. Nach Abzug des Eigenverbrauchs wurden in der Zentrale Elbing, den Wasserkraftwerken Friedland und Gr. Wohnsdorf sowie in den kleinen Kraftwerken zusammen 59.680 Mill kWh gewonnen (39.267 i. V.). Die Produktion der Wasserkraftwerke war wegen ungünstiger Wasserführung um fast 9 Mill kWh geringer als 1928. Der Fremdbezug betrug 6,195 Mill kWh (18.337 i. V.) und der Bedarf des eigenen Netzes 65,874 Mill kWh (57.605 i. V.). Geliefert hat das Unternehmen 53.499 Mill kWh (46,020 i. V.). In den Leitungen und Transformatoren sind 18,8 % der bereitgestellten Arbeit verloren worden (20,1 % i. V.), u. zw. 11,1 % im Hochspannungs- und 7,7 % (9,1 % i. V.) im Mittelspannungsnetz. Bei 22 220 kW höchster Spitzenleistung stellte sich deren Benutzungsdauer wieder auf etwa 3000 h. Die Zahl der angeschlossenen Morgen Land ist im Berichtsjahr von 1,787 auf 1,861 Mill gewachsen. Anfangs 1930 konnte die regelmäßige Lieferung über die

[1] Vgl. ETZ 1930, S. 751.

Digitized by Google

60 kV-Leitung Danzig—Elbing aufgenommen werden. Das Westpreußische Überlandwerk Marienwerder deckt seit der Stillsetzung des Kraftwerks seinen gesamten Strombedarf beim Ostpreußenwerk. Wegen der starken Steigerung der allgemeinen Betriebskosten hat dieses Anfang 1930 den Tarif für die Landwirtschaft um durchschnittlich etwa 10% erhöhen müssen. Die von ihm im Berichtsjahr mit 20 000 RM gegründete Elektro-Vertrieb Ostpreußen G. m. b. H. soll in Zusammenarbeit mit der elektrotechnischen Industrie und dem Elektrogewerbe bzw. -einzelhandel den Absatz elektrotechnischer Artikel und damit den Stromverbrauch im Versorgungsgebiet des Ostpreußenwerks fördern. Überschüsse: 3 758 201 RM (2 928 699 i. V.), Reingewinn: 780 878 RM (950 451 i.V.), Dividende: 3 % auf 24 Mill RM Aktienkapital (4 % i. V.).

Das Ansteigen des Stromabsatzes im Versorgungsgebiet des Kraftwerks Altwürttemberg AG., Beihingen, hat auch 1929 angehalten, obgleich große Gelegenheitsabnehmer fortgefallen sind. Wegen der außerordentlichen Trockenheit konnten im Kraftwerk Pleidelsheim nur 11.34 Mill kWh erzeugt werden (12.6 i. V.), von denen vertragsmäßig 4 Mill kWh an die Stadt Stuttgart gingen (4.5 i. V.). Da das Großkraftwerk Württemberg AG. 13,86 Mill kWh (11,2 i. V.) lieferte, stellten sich Produktion und Bezug zusammen auf rd. 25,2 Mill kWh (23,8 i. V.). Die Gesamtabgabe betrug 22.8 Mill kWh (21 i. V.). Die gemeinschaftlich mit der Württ. Sammelschienen AG. von Heilbronn bis zur Zentrale Pleidelsheim erbaute 60 kV-Leitung sowie die neue 60 kV-Freiluftstation in Pleidelsheim und die Erweiterung des 60 kV-Umspannwerks in Maubach kamen in Betrieb. Größtes Augenmerk richtete die Gesellschaft darauf, die in den mittleren und kleinen Kraftanlagen noch arbeitenden Rohölmotoren durch Elektromotoren zu ersetzen, deren Überlegenheit die Kraftverbraucher dank der Preispolitik der Berichterstatterin immer mehr anerkennen. Überschuß aus Betrieb und Installation: 2 007 814 RM (1 841 519 i. V.), Reingewinn: 618 720 RM (626 060 i. V.), Dividende wieder 7 % auf 8,4 Mill RM Aktienkapital.

Das Elektricitätswerk Südwest AG., Berlin-Schöneberg, hat 1929 (30. Betriebsjahr) von der BEWAG 30,173 Mill kWh bezogen und ausschließlich des Selbstverbrauchs 87,887 Mill kWh nutzbar abgegeben (78,523 i. V.), also nahezu 12 % mehr als 1928. Hiervon entfielen an Gleichstrom 27,542 Mill kWh auf Bahnbetrieb, 56.013 Mill kWh auf Beleuchtung und Kraft; an hochgespanntem Drehstrom wurden 4,332 Mill kWh geliefert. Die Zunahme betrug hier rd. 62 %, bei Beleuchtung und Kraft rd. 17 %; die Abgabe für Bahnbetrieb ist um 1,8 % zurückgegangen (im Juli 1929 hörte die Belieferung der Vollbahnstrecke nach Groß-Lichterfelde-Ost auf). Am Jahresschluß repräsentierten die Betriebsmittel ohne die Akkumulatorenbatterien eine Leistung von 150 390 kW (147 890 i. V.). Nach einer Änderung der Verträge mit der Stadt Berlin laufen die Konzessionen für Südwest nunmehr bis Ende 1960. Betriebsgewinn: 9 911 821 RM (9 733 083 i. V.), Überschuß: 3 348 703 RM (3 318 386 i. V.), Dividende: wieder 7.5 % auf 40 Mill RM Aktienkapital, das die G.V. um 10 Mill RM erhöht hat.

Der Geschäftsbericht der Allgemeinen Lokalbahn- und Kraftwerke-AG., Berlin, für 1929 weist auf eine erfreuliche Steigerung des Absatzes bei den stromliefernden Unternehmungen hin, zugleich aber auch darauf, daß die erzielten Mehreinnahmen wiederum zum großen Teil durch das starke Anwachsen der Betriebskosten aufgezehrt worden seien.

In dem ausgesprochen trockenen Jahr 1929 hat zudem der heftige Eisgang den Betrieb der Kraftübertragungswerke Rheinfelden beeinträchtigt. Die Zentrale Wyhlen konnte ihn durchhalten, Rheinfelden wurde aber zum Stillstand gezwungen. Hilfskraft vom Badenwerk half aus, verursachte aber brträchtliche Kosten. Die Erzeugung der eigenen Kraftwerke war infolge der geringen Wasserführung des Rheins schwächer als 1928, und da auch der Beschäftigungsgrad der Industrie nachgelassen hatte, ist der Stromverkauf an die alte Kundschaft merklich zurückgegangen; einen Ausgleich brachte im wesentlichen der Anschluß neuer Industrien und die Erweiterung bestehender Betriebe. Im Bezirk der Berichterstatterin werden allein 850 Heißwasserspeicher benutzt, die nur Nachtstrom beziehen, so daß die Nachtbelastung sich um rd. 1000 kW steigern ließ. Obwohl im Verbrauchsgebiet schon etwa 100 % aller Haushaltungen angeschlossen sind, ist der Zuwachs an neuen Abnehmern noch nicht zum Stillstand gekommen; denn im Berichtsjahr wurden etwa 1500 Zähler bzw. Meßgeräte neu eingebaut. Das für die Übernahme des Stroms aus dem Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt bestimmte Umspannwerk wurde in seinem 44 kV-Teil fertig. Der Anschluß des Kraftwerks soll mit halber Leistung im Herbst erfolgen. Die Bauten der Schluchseewerk AG. verlaufen planmäßig. Betriebsüberschuß: 4 448 898 RM (4 232 942 i. V.), verschiedene Einnahmen: 618 591 RM (308 834 i. V.), Reingewinn: 1 789 466 RM (1 456 642 i. V.) Dividende: wieder 10 % auf jetzt 15 Mill RM Aktienkapital.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke war im März 1930 um 119 Mill kWh (9 %) größer als im Parallelmonat von 1929 und übertraf arbeitstäglich dessen Produktion um 2.568 Mill kWh (5 %). Für das erste Vierteljahr ergibt sich im Vergleich mit derselben Periode des Vorjahres eine Zunahme um 8 %, während diese Steigerung 1929 und 1927 je 14 %, 1928 sogar 19 % betragen hatte. Der Anschlußwert der von 103 Werken unmittelbar belieferten gewerblichen Abnehmer ist im Februar gegen denselben Monat von 1929 um 0,275 Mill kW (6 %) gewachsen und ihr Verbrauch um 12,7 Mill kWh (2,5 %). Arbeitstäglich stellte sich der Konsum um 0.531 Mill kWh (2,5 %) höher als im Februar 1929. Das Statistische Reichsamt bemerkt, daß die Stromabgabe je 1 kW Anschlußwert in den beiden ersten Monaten des Jahres um rd. 5 % niedriger war als in der gleichen Zeit von 1929. Seit 1927 sei in den entsprechenden Monaten der Vorjahre stets eine Zunahme des Verbrauchs zu verzeichnen gewesen, die sich allerdings jährlich verringerte, denn sie betrug 1929 7 %, 1928 10 %, 1927 17 %.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929	1930	1929
I.	26	26	1555,7	1443,6	59,8	55,5	4,6	4,3	544,7	540,0	20,9	20,8	4,6	4,8
II.	24	24	1392,5	1282,0	58,0	53,4	4,6	4,3	512,0	499,3	21,3	20,8	4,7	4,8
III.	26	25	1425,9	1306,9	54,8	52,3	.	4,3	.	510,2	.	20,4	.	4,7

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 909; 1930, S. 724.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Mitgliedsbeitrag.

Die Mitglieder, die den Beitrag für das 2. Halbjahr 1930 noch nicht entrichtet haben, werden im eigenen Interesse gebeten, den Beitrag (15 RM) auf das Postscheckkonto des Elektrotechnischen Vereins, Berlin 133 02, baldigst zu überweisen, damit in dem Bezug der ETZ ab 1. Juli eine Unterbrechung nicht eintritt.

Bei allen Zahlungen und sonstigen Zuschriften an den Verein ist der Name des Absenders recht deutlich anzugeben. Wiederholt konnten Zahlungen wegen des nicht zu entziffernden Absenders zunächst nicht untergebracht und erst nach einer Reklamation der ETZ richtig verbucht werden.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Bekanntmachung.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Nachdem sich Unklarheiten darüber herausgestellt haben, wie bei Netzanschluß-Empfängern die Umschaltung

Digitized by Google

auf die bei dem Benutzer zur Verfügung stehende Netzspannung vorgenommen werden soll, hat die für diese Geräte zuständige Unterkommission 2 „Innenanlagen" die nachstehend wiedergegebene Erweiterung von § 7 der

„Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanlagen (-netzen) in Verbindung stehen"

ausgearbeitet.

Die Unterkommission 2 „Innenanlagen" ist hierbei von der Erwägung ausgegangen, daß man eine derart bedeutungsvolle Maßnahme, wie das Umschalten von einer Betriebspannung auf eine andere, der Allgemeinheit nicht erleichtern, sondern daß man durch bestimmte Forderungen diese Maßnahme ausschließlich Fachleuten vorbehalten soll. Besonders kommt zu dieser Erwägung noch hinzu, daß bei der Umschaltung mit Hilfe eines von außen zugänglichen Schaltgriffes die Gefahrenmöglichkeit erhöht würde.

Einsprüche gegen den nachstehenden Entwurf der obengenannten Erweiterung sind in doppelter Ausfertigung bis zum 31. August 1930 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Entwurf 1.

Erweiterung der „Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanlagen(-netzen) in Verbindung stehen".

§ 7.

Netzspannung führende Teile.

Dem bisherigen Wortlaut dieses Paragraphen wird folgende neue Vorschrift c) angefügt:

„c) Bei Geräten, die auf mehrere Spannungen umschaltbar sind, dürfen die Umschaltungen nicht durch einen Handgriff, sondern nur mit Hilfe von Werkzeugen ausführbar sein."

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Dresdner Elektrotechnischer Verein. 26. VI. 1930, abends 7½ h, gr. Hörsaal des Elektrot. Inst. der T. H.: Vortrag Prof. Dr. Knoops, „Elektrowärmewirtschaft in der Schweiz". Anschl. Vorführ. d. Films „Der Bau der bayer. Zugspitzbahn" mit Begleitvortrag von Reg.-Bmstr. Baschwitz.

Lichttechn. Gesellschaft Karlsruhe. 27. ... 29. VI. 1930: 9. Jahresversammlung in Karlsruhe. Festvortrag v. Prof. Dr.-Ing. Kögel sowie 5 Vortr. zum Thema „Licht u. Beleuchtung in Photographie u. Kinematographie".

Reichsbund Deutscher Technik, Berlin. 27. ... 29. VI. 1930, vorm. 9½ h, 15. Bundesversammlung im Haus der Technik, Berlin, Friedrichstr. 110/12 mit folg. Vorträgen:

1. Dipl.-Ing. zur Nedden, „Maschinenkraft und Mensch". 2. Gen.-Dir. Dr.-Ing. Schmidt, „Arbeitsgemeinschaft zwischen Arbeitgebern u. Arbeitnehmern". 3. Prof. Dr.-Ing. W. Müller, „Rationelle Menschenführung als Grundlage einer erfolgreichen Personalpolitik". Aussprache.

Auskunft erteilt die Geschäftstelle: Berlin W 35, Lützowstraße 27.

Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft, Berlin. 28. VI. 1930, vorm. 9½ h, Saal des Langenbeck-Virchow-Hauses, Berlin, Luisenstr. 58—59: Jährl. Mitgliederversammlung mit folg. Vorträgen: 1. Prof. Dr. Münzinger und Prof. Dr. Roemer, „Möglichkeiten der Mechanisierung in bäuerlichen Betrieben". 2. Prof. Dr. Ries, „Die Mechanisierung des Getreidebaues". 3. Besichtigungen.

PERSÖNLICHES.

K. Kurda †.

Nach langer, schwerer Krankheit, jedoch für den größeren Kreis seiner Freunde völlig unerwartet, verschied am 7. VI. 1930 der Generalbevollmächtigte der Siemens-Schuckertwerke AG. und Direktor des Transformatorenwerkes Herr Dr.-Ing. E. h. Karl Kurda. Die Elektrotechnik verliert mit ihm einen reich veranlagten, bedeutenden und angesehenen Fachmann, der sich mit allen auf dem Gebiete der Hochspannungstechnik, der elektrischen Kraftübertragung und des Transformatorenbaues auftauchenden Problemen mit seltener Gründlichkeit beschäftigte.

Die Konstruktion des Drehstrom-Manteltransformators, die Einführung des Ölkonservators beim Öltransformator sind mit seinem Namen eng verbunden, ebenso in den letzten Jahrzehnten die Entwicklung des Großtransformators.

Karl Kurda, geboren am 18. II. 1873 zu New York, wurde 1894 nach Besuch des Realgymnasiums in Guben und des Technikums in Hildburghausen in das Laboratorium der Elektrizitäts-AG. vormals Schuckert & Co. aufgenommen. Hier wurde er schon frühzeitig auf sein Spezialgebiet, den Transformatorenbau, gelenkt. Er fand auch nach der Gründung der Siemens-Schuckertwerke im Transformatorenbau sein Arbeitsgebiet und leitete seit 1922 das Transformatorenwerk der Siemens-Schuckertwerke in Nürnberg.

Karl Kurda gehörte der Maschinen-Kommission des VDE seit ihrem Bestehen an, ebenso der Unterkommission für Transformatoren, dem Ausschuß für Schutztransformatoren in Kleinspannungsanlagen sowie dem Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad.

Für seine Verdienste um die Entwicklung des Großtransformators verlieh ihm die Technische Hochschule München im Jahre 1922 den Titel eines Dr.-Ing. E. h.

Seine letzte intensive Arbeit galt der Schaffung der großen Transformatoren für die erste 220 000 V-Kraftübertragung Deutschlands. Er durfte es noch erleben, daß diese Riesentransformatoren, der Schlußstein seiner Lebensarbeit, die Erprobung in der Praxis ehrenvoll bestanden.

Bald darauf, im Herbst vorigen Jahres, zwang ihn eine schwere Erkrankung, von seiner langjährigen Arbeitstätte, der seine ganze Liebe und seine ungewöhnliche Arbeitskraft gewidmet waren, Abschied zu nehmen. Allzufrüh, im Alter von 57 Jahren, setzte der Tod seinem schaffensfreudigen Leben ein Ziel.

K. Kurda †.

Jubiläum. Am 7. VI. feierte der kaufmännische Direktor der AEG-Transformatorenfabrik in Berlin-Oberschöneweide, Herr Gustav Jeratsch, das Jubiläum einer vierzigjährigen Tätigkeit bei der AEG. Herr Jeratsch hat auf Grund seiner großen Erfahrungen, die er sich im Laufe seiner vielseitigen Tätigkeit in führenden Stellungen der verschiedensten Konzernfabriken des In- und Auslandes erworben hat, großen Anteil an dem Aufstieg der AEG. Er bekleidete maßgebende Posten in der Apparate- und Maschinenfabrik und in den Fabrikorganisationen Mailand, Riga, Frankfurt a. M. Seit 9 Jahren ist Herr Jeratsch der kaufmännische Leiter der Transformatorenfabrik der AEG, die sich während dieser Zeit bedeutend vergrößert hat.

Digitized by Google

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrobetrieb in der Textilindustrie. Lehrb. d. Energieversorg. u. d. elektr. Antriebs v. Textilfabriken. Von Dr.-Ing. W. Stiel. (Elektrizität in industr. Betrieben Bd. 8. Herausg. v. Prof. Dr.-Ing. E. h. W. Philippi.) Mit 650 Abb. i. Text u. auf 6 Taf., XIV u. 652 S. in gr. 8°. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1930. Preis geb. 33 RM.

Der Verfasser ist durch seine reichen Kenntnisse auf dem Gebiete des allgemeinen Maschinenbaues und der Elektrotechnik einerseits und der Textiltechnologie anderseits und durch die ihm unterstehende Textilabteilung eines großen Elektrowerks in der Lage, die bisher im Schrifttum fehlenden Verbindungsbrücken zwischen den einzelnen Gebieten zu schaffen. Zwar wird dem Abschnitt „Textilelektrotechnik" der größte Raum gewidmet, aber daneben werden auch die wichtigsten Verbindungsglieder zwischen Textiltechnik und Maschinenbau behandelt (mechanische Kraftmaschinen; Wärmeerzeugung; mechanische Kraftverteilung). Das Buch wird seinem Titel weitgehend gerecht. Hervorzuheben sind die neuartigen Schaubilder, die den Werdegang der Baumwolle, des Flachses, der Jute, der gekämmten Wolle, der gestrichenen Wolle, der Kunstseide dem Leser sozusagen auf einen Blick vergegenwärtigen. Die Darstellung ist durchaus sachlich, auch da, wo es sich um das vielleicht etwas zu weit herangezogene eigene Lager handelt, und von einer temperamentvollen Frische, die einem auch das Lesen der theoretischen Stellen zur Freude macht. Dem Buch ist zu wünschen, daß es nicht nur bei den „Textilspezialisten" der Elektrotechnik, sondern vor allem bei den Spinnern und Webern Eingang finde. Diesen hat es mit Rücksicht auf den heutigen Wirtschaftskampf Wertvolles zu sagen.

Dr. Schlink.

Handbuch der Physik. Herausg. v. H. Geiger u. K. Scheel. Bd. 21: Licht und Materie. Redig. v. H. Konen. Mit 386 Abb., XIII u. 968 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 93 RM, geb. 96 RM.

Mit dem vorliegenden Bande ist der letzte des großzügig angelegten 24bändigen Handbuches der Physik erschienen. Das große Werk ist beendet und — das können wir ohne jede Einschränkung hinzufügen — es ist gelungen! Was viele beim Erscheinen der ersten Bände im Jahre 1926 kaum für möglich gehalten hätten, ist Wirklichkeit geworden: Im Zeitraum von knapp vier Jahren sind sämtliche 24 Bände erschienen. Denn darin lag ja wohl die größte Gefahr für das ganze Werk, daß es nicht gelingen würde, die 24 Bände in einer Zeitspanne herauszubringen, die kurz genug war, um zu verhindern, daß bei dem rapiden Fortschritt der wissenschaftlichen Forschung der zuerst erschienene Band als veraltet bezeichnet werden mußte, wenn der letzte erschien. Daß diese gefährliche Klippe glücklich umschifft wurde, ist wohl in erster Linie das Verdienst der beiden Hauptredakteure, der Herren H. Geiger und K. Scheel, die mit außerordentlichem redaktionsstrategischen Geschick und in mustergültiger Zusammenarbeit mit ihrem redaktionellen Stabe, den Herren R. Grammel, F. Henning, H. Konen, H. Thirring, F. Trendelenburg und W. Westphal, die Armee der 166 Mitarbeiter auf alle Teile der weiten physikalischen Front so geschickt verteilt haben, daß die Schlacht in kurzer Zeit gewonnen werden konnte. Unzweifelhaft gebührt ein hohes Lob aber auch dem Verlage Springer, der, um im obigen Bilde zu bleiben, sozusagen die Rüstungsindustrie für dies große Unternehmen darstellt, die kämpfenden Truppen verlagstechnisch aufs beste versorgt und das Werk in mustergültiger Form herausgebracht hat. Nun stehen die 24 blauen Bände in den Regalen der wissenschaftlichen und technischen Bibliotheken der ganzen Welt als ein wuchtiges Dokument deutscher Arbeit; denn die überwiegende Mehrzahl der Mitarbeiter sind deutsche Physiker und das ganze Werk ist restlos in deutscher Sprache verfaßt. Wir können hoffen und glauben, daß es im friedlichen Wettbewerb der Völker dazu beitragen wird, das Ansehen der deutschen Wissenschaft zu heben. So wichtig dieser Erfolg erscheinen mag, so tritt er doch zurück hinter der Hauptaufgabe, die dieser grandiose Querschnitt durch das physikalische Wissen der Menschheit erfüllen soll: die wissenschaftliche Forschung zu beleben durch zuverlässige Information jedes Gelehrten — sei es nun der Physiker selbst oder der Forscher auf einem Gebiete, für das die Physik Hilfswissenschaft ist — über alles, was bisher in der Physik erreicht ist. Wir zweifeln nicht, daß auch in diesem Sinne das Handbuch der Physik seine Aufgabe erfüllen wird.

Wir geben nun eine kurze Übersicht über den Inhalt des 21. Bandes, der den Titel: „Licht und Materie" trägt. Derselbe zerfällt in drei Teile, die durch die Überschriften A. Absorption, B. Emission, C. Anwendungen besonderer Art charakterisiert sind. Während die beiden ersten Teile ein in sich zusammenhängendes Ganze bilden, setzt sich der Teil C aus teilweise sehr heterogenen Einzelkapiteln zusammen. Hier dürften also wohl nicht nur sachliche Gesichtspunkte, sondern auch die Überwindung redaktionstechnischer Schwierigkeiten für die Einteilung maßgebend gewesen sein. In den beiden ersten Kapiteln des Teiles A werden von H. Ley die Absorptionsspektren und ihre Veränderlichkeit sowie die Beziehungen zwischen Absorption und chemischer Konstitution behandelt. Diese beiden stark in das Gebiet der Chemie hinüberspielenden Kapitel geben einen guten Überblick über die zum Teil recht komplizierten Erscheinungen. Im dritten Kapitel gibt Th. Dreisch einen klaren Überblick über die Absorption der festen Körper. Der Teil B beginnt mit einem von E. Lax und M. Pirani verfaßten Kapitel über die Temperaturstrahlung fester Körper, das wegen des Zusammenhanges mit den Fragen der Beleuchtungstechnik auch für den Elektrotechniker von Interesse sein dürfte. Es folgen dann mehrere Kapitel, in denen die im Zusammenhange mit der Atomtheorie wichtigen und bedeutsamen Ergebnisse der experimentellen Spektroskopie eine ausführliche Behandlung erfahren. Zur Charakterisierung dieses Teiles geben wir die Überschriften der Kapitel und die Namen der Verfasser: Kap. 5 Analyse und Bau der Linienspektren von R. Frerichs, Kap. 6 Röntgenspektra von L. Grebe, Kap. 7 Zeemaneffekt von A. Landé, Kap. 8 Starkeffekt von R. Minkowski, Kap. 9 Intensitätsregeln von R. Frerichs, Kap. 10 Energiestufen in den Spektren von P. Jordan, Kap. 11 Bandenspektra von R. Mecke, Kap. 12 Luminiszenzspektra von P. Pringsheim, Kap. 13 Ramanspektra von P. Pringsheim. Kap. 14 Kontinuierliche Gasspektra von R. Mecke. Wie diese Überschriften zeigen, ist hier in einer durchaus geschickten Einteilung des Stoffes von namhaften Autoren bis zu den jüngsten Ergebnissen (Ramaneffekt) alles das behandelt, was in den letzten 10 Jahren im Zusammenhange mit der Atomtheorie im Vordergrunde des physikalischen Interesses gestanden hat. Dieser Teil des Bandes dürfte also insbesondere für die Atomphysiker äußert wertvoll und nützlich sein.

In dem Teil C sind, wie schon erwähnt, Artikel aus verschiedenen Gebieten zusammengefaßt. Er beginnt mit einem Kapitel 15 über Spektralanalyse von F. Löwe. Hier werden die Methoden der qualitativen wie auch der neuerdings mit Erfolg weiterentwickelten quantitativen Spektralanalyse dargestellt. Insbesondere das letztere Verfahren dürfte im Zusammenhange mit Materialprüfungsfragen auch für den Elektrotechniker von Interesse sein. Dasselbe gilt von dem nächsten Kapitel, in dem von L. Grebe die Spektralanalyse im Röntgengebiet behandelt wird.

Lediglich von rein wissenschaftlichem Interesse ist das 17. Kapitel, in dem von J. Hopmann die experimentelle Prüfung der allgemeinen Relativitätstheorie dargestellt und kritisch beleuchtet wird. Ohne inneren Zusammenhang mit dem vorhergehenden Beitrag folgt nun ein kurzes Kapitel von H. Ley über Fluoreszenz und chemische Konstitution, dem sich dann ein um so längeres 19. Kapitel von G. Szivessy über besondere Fälle von Doppelbrechung anschließt. Hier wird neben der magnetischen und mechanischen Doppelbrechung vor allem der Kerreffekt behandelt, der, nachdem er lange Zeit nur das Interesse des reinen Physikers auf sich ziehen konnte, neuerdings im Zusammenhange mit Bildübertragung und Fernsehen eine starke technische Bedeutung erlangt hat. Den Abschluß des Bandes bildet das Kapitel 20, in dem F. Jentzsch eine Einführung in die Beugungstheorie der optischen Instrumente gibt. Obwohl dies Kapitel wohl eigentlich in den Band 20 des Handbuches gehört hätte, wird man auch an dieser Stelle den interessanten Beitrag begrüßen.

Da es im Rahmen dieses Referates nicht möglich ist, alle Artikel dieses fast 1000 Seiten umfassenden Bandes einer ins einzelne gehenden Kritik zu unterziehen, so sei hier nur soviel gesagt, daß auch dieser Band das hohe wissenschaftliche Niveau des ganzen Handbuches wahrt und einen würdigen Schlußstein des großen Werkes bildet.

W. Grotrian.

Eingegangene Doktordissertationen.

Kurt Schlesinger, Eine neue Methode zur Bestimmung der Temperatur von Glühfäden. T. H. Berlin 1929. (Sonderdruck aus Ann. Phys., 5. Folge, Bd. 2, H. 8, 1929.)

Karl Tewes, Die Auftragschweißung mit dem elektrischen Lichtbogen bei Straßenbahnschienen in Abhängigkeit von Schienenmaterial, Zusatzmaterial und Schweißart. T. H. Berlin 1929.

Digitized by Google

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Elektroproduktion der V. S. Amerika im Jahr 1929[1]. — Nach amerikanischen Schätzungen verzeichnete die elektrotechnische Industrie 1929 gegenüber dem Vorjahr eine Absatzsteigerung um wenigstens 10 %. Für einige starkstromtechnische Gruppen werden folgende Wertziffern genannt:

Erzeugnisse	1928	1929
	Mill $	
Generatoren, Turbinen	40	50
Transformatoren:		
über 500 kVA	19	36
darunter	25	30,8
Motoren	130	145
Schaltvorrichtungen, Ölschalter . . .	65	75
Industrielle Kontrollapparate . . .	56	68
Vorrichtungen für Zugförderung . .	35	48
Summe	370	446,8

Der Verkauf größerer Glühlampen lag mit 340 Mill Stück um 5,5 %, der kleinerer um 14,5 % über der Ziffer des Jahres 1928[2].

In der Rundfunkindustrie herrschte, besonders während der letzten Monate des Jahres, Überproduktion, obwohl der Absatz den Umfang des Vorjahres bedeutend überstieg. Es wurden 3,9 Mill Empfangsgeräte gegenüber 3,2 Mill in 1928 verkauft. Hierzu kommen noch 218 000 mit Sprechapparaten verbundene Rundfunkgeräte, d. s. 137 000 mehr als im Vorjahr. Der Wert dieser insgesamt 4,12 Mill Empfangsapparate belief sich nach dieser unter Mitwirkung führender Firmen ermittelten Schätzung auf 549,848 Mill $, so daß sich im Mittel je Rundfunkapparat ein, mit europäischen Verhältnissen verglichen, recht hoher Preis von 133,45 $ ergab. Hierzu kamen ferner 71 Mill Röhren im Wert von etwa 177,5 Mill $ und weiteres Zubehör; der gesamte Umsatzwert der nordamerikanischen Rundfunkindustrie wird danach zu 805,328 Mill $ angenommen[3]. Für 1930 wurden die Aussichten von führenden Männern größerer Gesellschaften wie auch von Cl. C. Collens, dem Präsidenten der National Electrical Manufacturers' Association, günstig beurteilt. Dieser rechnet lediglich für einige Zweige, z. B. für Rundfunkgeräte, mit etwas geringerem Umsatz; die eingeleitete Umstellung weiterer Eisenbahnstrecken auf elektrischen Betrieb wird sich seiner Meinung nach erst 1931 in größeren Bestellungen auswirken. Im allgemeinen nimmt man an, daß der Absatz von Generatoren und Turbinen infolge des bei der Hoover-Konferenz mitgeteilten großen Ausbauprogramms der Public Utilities Companies größer werden wird als 1929, ebenso auch der Verkauf von Industriemotoren. Eine Umfrage bei 16 führenden Gesellschaften, deren Absatz insgesamt 1929 mehr als 500 Mill $ ausmachte, ergab, daß sie mit einer etwa 6prozentigen Umsatzsteigerung im laufenden Jahr rechnen. 1929 war bei den größeren elektrotechnischen Firmen der Beschäftigungsgrad erheblich stärker gewachsen als bei den kleineren, so daß auch die zu erwähnenden großen Umsatzsteigerungen der führenden Gesellschaften kein Durchschnittsbild geben[4].

Eine Reihe führender Elektrofirmen, auf die über die Hälfte der gesamten amerikanischen elektrotechnischen Produktion entfällt, verzeichnete für 1929 einen gegenüber dem Vorjahr um 25 % höheren Absatz[5]; die Zunahme belief sich bei der General Electric Co. auf 24 %, der Western Electric Co. auf 42 % und bei der Westinghouse Electric & Manufacturing Co. auf 14 %.

Die Erfolgsentwicklung der wichtigsten stark- und schwachstromtechnischen Gesellschaften ergibt sich aus den folgenden Zusammenstellungen (in Mill $):

	Absatz		Reingewinn	
	1928	1929	1928	1929
General Electric Co.	337,2	415.3	54,15	67,29
Westinghouse Electric & Mafacturing Co.	189,1	216,4	20,81	27,06
Western Electric Co. . . .	287,9	410,9	19,71	26,99
Radio Corp. of America . .	101,9*	182,1	19,83*	15,89

* ohne Victor Talking Machine Co.

General Electric Co.: Das Aktienkapital betrug Ende 1929 wie im Vorjahr 180,29 Mill $ Stammaktien und 42,93 Mill $ Vorzugsaktien; der Surplus hat sich von 132,67 auf 171,20 Mill $ erhöht. Das Konto Beteiligungen und Vorschüsse stieg von 96,61 auf 178,41 Mill $. Die International General Electric Co., bei der das gesamte ausländische Absatzgeschäft und ebenso die ausländischen Beteiligungen konzentriert sind, steigerte ihre Roheinnahmen von 4,51 auf 5,21, ihren Reingewinn von 1,68 auf 1,71 Mill $; der Wert ihrer Beteiligungen hat sich von 35,42 auf 74,66 Mill $ mehr als verdoppelt. Unter den Gesellschaften, an denen 1929 größere Beteiligungen genommen oder eingeleitet wurden, sind folgende hervorzuheben: Osram G. m. b. H. Kommanditgesellschaft, Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, General Electric Co. Ltd. (London), National Copper Manufacturing Co. of Brazil.

Westinghouse Electric and Manufacturing Co.: Bei den genannten Ziffern sind die Ergebnisse der Westinghouse Lamp Co., der Bryant Electric Co., der Westinghouse Electric Elevator Co. und der Westinghouse Electric International Co. einbegriffen. Das Stammaktienkapital erscheint für Ende 1929 mit 129,32 Mill $ in der Bilanz gegenüber 114,50 Mill $ im Vorjahr. Die gesamten Beteiligungen zeigen folgende Entwicklung in Mill $:

	1928	1929
Voll im Konzernbesitz befindliche Tochtergesellschaften	16,80	16,84
Andere Tochtergesellschaften	8,01	26,12
Sonstige Beteiligungen	2,30	2,05

An wichtigeren Auslandstransaktionen ist für Anfang 1929 die Auflösung des Interessengemeinschaftsvertrags mit der Compagnie Electro-Mécanique und kurz darauf die Gründung der Westinghouse Electric Co. of France zu erwähnen; einige Monate später erfolgte gemeinsam mit der Firma Schneider & Cie. die Gründung der Gesellschaft Le Matériel Electrique Schneider-Westinghouse mit 100 Mill Fr Aktienkapital.

Western Electric Co.: Diese Fabrikationsgesellschaft der American Telegraph & Telephone Co. erhöhte 1929 ihre Umsatzziffer von 287,93 auf 410,95 Mill $, worin sich auch der Aufschwung der Fabrikation von Tonfilmapparaturen widerspiegelt; die Beschäftigtenziffer stieg von etwa 30 000 Anfang 1927 auf über 56 000 Ende 1928 und 84 848 Ende 1929. Die eigentliche Tonfilmabteilung (Electrical Research Products Co.) hat in den V. S. Amerika 3300 und im Ausland weitere 1100 Lichtspieltheater mit Vorführungsapparaten ausgerüstet. Zur Erweiterung der Anlagen ist im Lauf des Jahres 1930 die Investierung von rd. 55 Mill. $ beabsichtigt. Vom Stammaktienkapital der Western Electric Co. befinden sich 98,34 % in Händen der Muttergesellschaft.

Radio Corp. of America: Diese Gesellschaft fusionierte sich mit der Victor Talking Machine Co. (der größten Sprechmaschinen- und Schallplattenfirma der V. S. Amerika) und gründete gemeinsam mit der General Electric Co., der Westinghouse Electric and Manufacturing Co. bzw. der General Motors Corporation eine Reihe von Untergesellschaften für verschiedene Fabrikations- und Absatzzwecke. Teils der Kapitalbedarf dieser Gesellschaften, teils der verschärfte Wettbewerb im Empfangsgerätegeschäft hat den Gewinn der Gesellschaft erheblich vermindert, obwohl die Roheinnahmen auf 182,14 Mill $ gestiegen sind (gegenüber 101,87 Mill $ für die Radio Corp. und 54,08 Mill $ für die Victor Talking Machine Co. im Jahr 1928). Das Aktienkapital belief sich Ende 1929 auf 52,66 Mill $ (33,55 i. V.), der Wert der Beteiligungen und Vorschüsse auf 33,03 Mill $ (5,83 i. V.).

A. Fr.

Aus der Geschäftswelt. — Die G.V. der Sachsenwerk, Licht- und Kraft-AG. hat die Fusion mit der Pöge Elektricitäts-AG., Chemnitz, sowie eine Erhöhung des Stammaktienkapitals um 1 Mill RM beschlossen, für dessen Gesamtbetrag von dann 17 Mill RM die AEG auf 30 Jahre 7 % Dividende garantiert. Den Pöge-Aktionären werden Sachsenwerk-Stammaktien im Verhältnis 1 : 1 angeboten. Auch von einer a.o G.V. der Pöge Elektricitäts-AG. wurde die Verschmelzung genehmigt.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 28: Wer liefert nach dem Rüpingsverfahren imprägnierte Holzmaste nach Böhmen?

Frage 29: Wer fertigt 6 mm starke Schraubschutzgläser, opalüberfangen, nach Zeichnung?

Abschluß des Heftes: 21. Juni 1930.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

[1] Nach El. World Bd. 95, 1930, Nr. 1.
[2] Vgl. ETZ 1930, S. 296.
[3] El. World Bd. 95, 1930, S. 124.
[4] Vgl. ETZ 1930, S. 524.
[5] El. World, Bd. 95, 1930, S. 762.

Für die Schriftleitung verantwortlich: i. V. Dr. F. Meißner in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Digitized by Google

Leuchtgeräte für den Nachtluftverkehr.

Mitteilung der AEG.

Das rasche Anwachsen des Nachtluftverkehrs bedingt eine ausreichende Bodenorganisation, um die Betriebsicherheit desselben zu gewährleisten.

Außer besonderen Einrichtungen auf dem Flughafen für Wettermeldungen usw. stützt sich der Nachtluftverkehr hauptsächlich auf die auf der Flugstrecke aufgebauten Leuchtfeuer sowie die Befeuerungseinrichtung auf den Flughäfen.

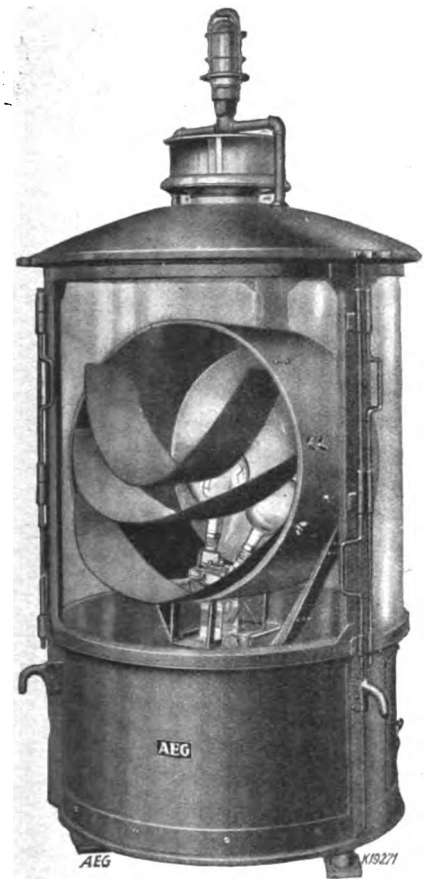


Abb. 1. Drehfeuer mit Dachlicht.

Bei den Flugstreckenfeuern sind Haupt-, Zwischenfeuer und Zusatzfeuer zu unterscheiden.

In der Hauptsache stützt sich die Kennzeichnung der Flugstrecke auf die Hauptfeuer, die in Abständen von 20 bis 30 km aufgestellt sind. Die Hauptfeuer sind meist als sogenannte Drehfeuer ausgebildet. Die Lichtstärke soll so groß sein, daß man bei mittlerer Sicht das Feuer vom nächsten Feuer aus erkennen kann.

Die Zwischenfeuer, die zwischen den Hauptfeuern angeordnet sind, dienen zur Erleichterung der Navigation bei diesiger Luft, spielen jedoch nur eine untergeordnete Rolle.

Zusatzfeuer dienen entweder als Wegweiser oder zur Kennzeichnung des Aufstellungsortes. Sie können mit den Hauptfeuern organisch vereinigt sein. Zusatzfeuer dienen beispielsweise in Form von roten Dachlichtern auf den Hauptfeuern zur Kennzeichnung von Notlandeplätzen.

Alle Leuchtfeuer der AEG haben hochwertige Optik in Form von geschliffenen Glasparabolspiegeln. Diese Optik in Verbindung mit Spezialglühlampen hoher Leuchtdichte schafft die Voraussetzungen für die Brauchbarkeit im praktischen Betrieb. Abb. 1 zeigt ein von der AEG gebautes Hauptfeuer mit Dachlicht. Das Drehfeuer hat einen Glasparabolspiegel von 60 cm Durchmesser und ist mit einer selbsttätigen Lampenwechselvorrichtung ausgerüstet. Die Intensität beträgt rund 4 Millionen HK, die Kennung ist einblitzig.

Drehfeuer ähnlicher Art werden mit Kursrichtungsweisern oder auch zwei- und mehrblitzig geliefert.

In dieser Form haben die Drehfeuer eine besondere Kennung, die sie als Ansteuerungsfeuer für Flughäfen geeignet macht.

Für die Ausrüstung von Flughäfen dienen die nachstehend aufgeführten Sondergeräte der AEG:

Hindernisfeuer,
Umrandungsfeuer,
Landebahnleuchten, ortsfest und fahrbar,
Leuchtende Windrichtungsanzeiger,
Scheinwerfer für Hallenvorfeldbeleuchtung,
Scheinwerfer zur Bestimmung der Wolkenhöhe.

Hindernisfeuer erhalten im allgemeinen festes rotes Licht, während Umrandungsfeuer auch mit andersfarbigem Licht ausgeführt werden können. Die von der AEG hierfür entwickelten Sondergeräte sind Pilzlichter und Stabfeuer. Die Stabfeuer haben Glühlampen. Durch die Verwendung des Stabfeuers wird der Verlauf der Platzgrenze besonders gut hervorgehoben.

Die Landebahnleuchten werden ortsfest und fahrbar bis zu den größten Leistungen geliefert.

Die leuchtenden Windrichtungsanzeiger haben die Form eines T, das gegen den Wind einspielt.

Für die Hallenvorfeldbeleuchtung zur Abfertigung startender und landender Flugzeuge dienen Scheinwerfer, die derart ausgebildet sind, daß ihr Licht nur auf den zu beleuchtenden Teil des Patzes fällt.

Die Scheinwerfer zur Bestimmung der Wolkenhöhe haben Niedervoltlampen als Lichtquelle; der Strahl hat sehr große Intensität bei kleiner Streuung.

Abb. 2 zeigt einen leuchtenden Windrichtungsanzeiger auf Gittermast, wie er für den Flughafen Brüssel geliefert wurde.

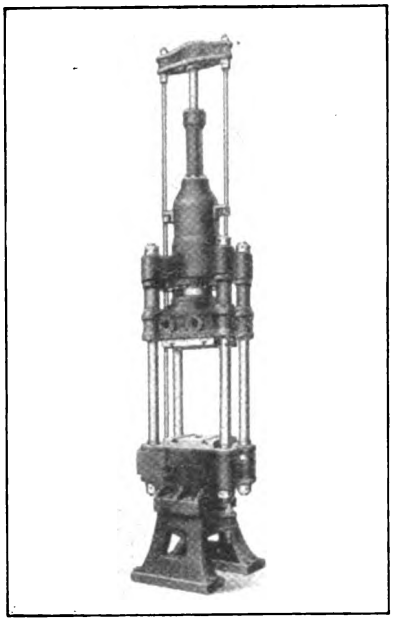
Abb. 2. Leuchtender Windrichtungsanzeiger auf Gittermast.

Auch zum festen Einbau in Flugzeuge werden Scheinwerfergeräte in Form von Landescheinwerfern und Bordsuchern geliefert. Als Optik werden geschliffene Glasparabolspiegel verwandt, in Verbindung mit Spezialglühlampen niedriger Spannung mit bis zu 1000 W Leistungsaufnahme.

Die Spiegeloptik sämtlicher Geräte stammt von der Firma Carl Zeiß, Jena, der konstruktive Aufbau ist auf Grund langjähriger Erfahrungen durchgebildet.

Digitized by Google

Komplette hydraulische **Preßanlagen**



für
Bakelite
und andere
Isolierstoffe,

druckwasser-sparende Einrichtungen,

automatische Steuerungen,

Preßformen in Präzisionsausführung nach eigenem Verfahren

Niederrheinische Maschinenfabrik Becker & van Hüllen A.-G., Krefeld

Telefon 25281 und 25236 · Telegramm-Adresse: Bekhülle

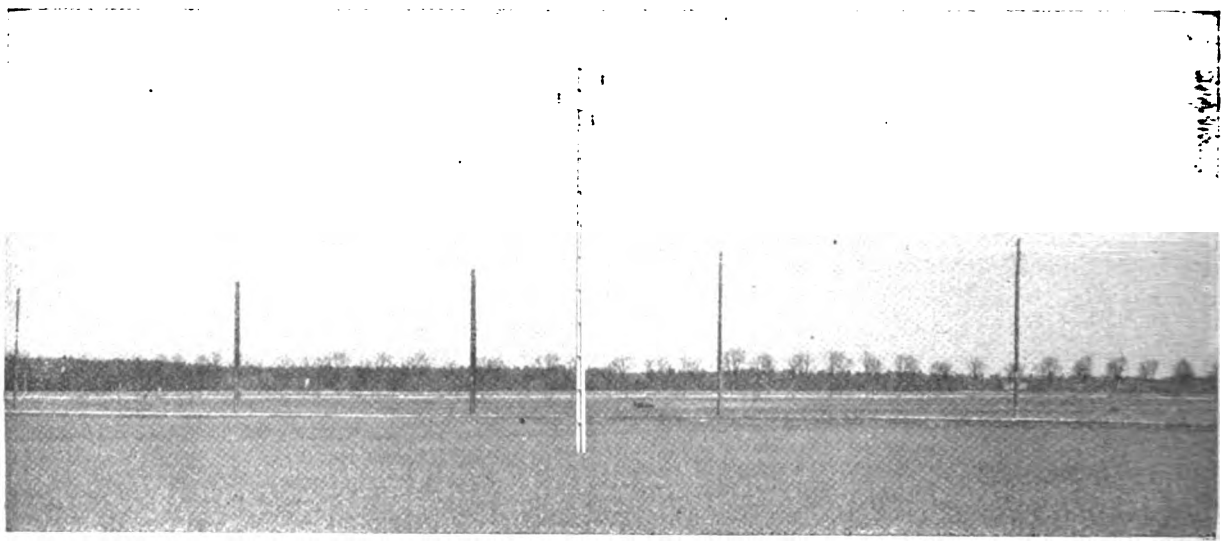
SCHORCH

Wir erzeugen
Generatoren, Motoren, Transformatoren, Schaltanlagen

Besondere Neuheiten:
Aufzugsmotoren
Einphasenmotoren für 100 %, 200 % und 300 % Anzugsmoment bei normaler Zählersicherung
Kühlschrankmotoren
Automatische Pumpenantriebe
Umsteuerantriebe aller Art
Vollkommen gekapselte Motoren mit verstärkter Außenkühlung

Wir beraten
Sie in jeder Antriebsfrage und bieten Ihnen die jeweils technisch und wirtschaftlich vollkommenste Lösung

Schorch-Werke A.G. Rheydt



Kisse-Leichtmast statt Holzstangen

Stahlbetonmasten-Fabrik
TUMAG A:G.
München 2, NW **Karlstraße 40**

Digitized by Google

BLEIKABEL

FÜR STARK-UND SCHWACHSTROM

ISOLIERTE LEITUNGEN UND DRÄHTE

DR. CASSIRER & Co A. G.
KABEL-UND GUMMIWERKE
CHARLOTTENBURG

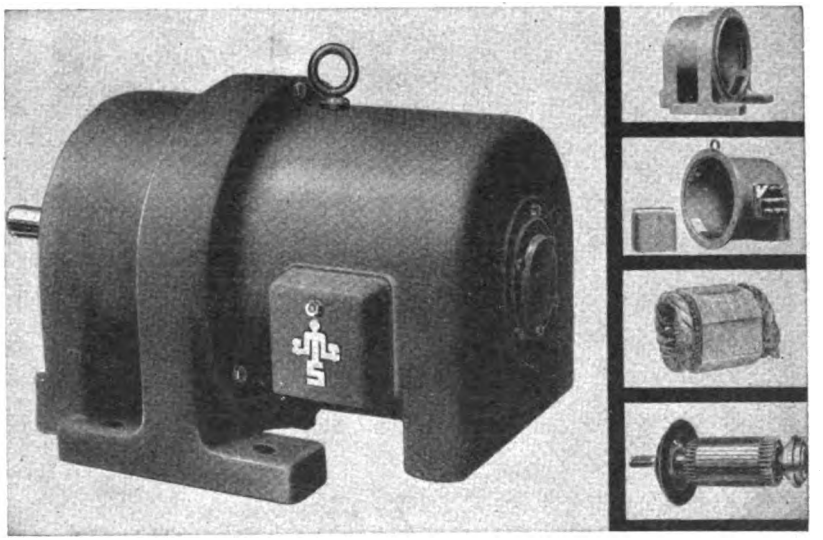
BIKA-MOTOR

Kurzschlußanker-Motor mit Zweistab-Läuferwicklung und **hervorragenden Anlaufeigenschaften**

Anzugsmoment:
mindestens 0,8 des Normalwertes

Anlaufstrom:
höchstens 1,6 fach, ohne Stufenschaltung, ohne Fliehkraftriemenscheibe, mit einfachem Stern-Dreieck-Schalter

- **Neuartige Zweigehäuse-Bauart**
- **Gekapselte Wälzlager**
- **Austauschbarkeit aller Teile**



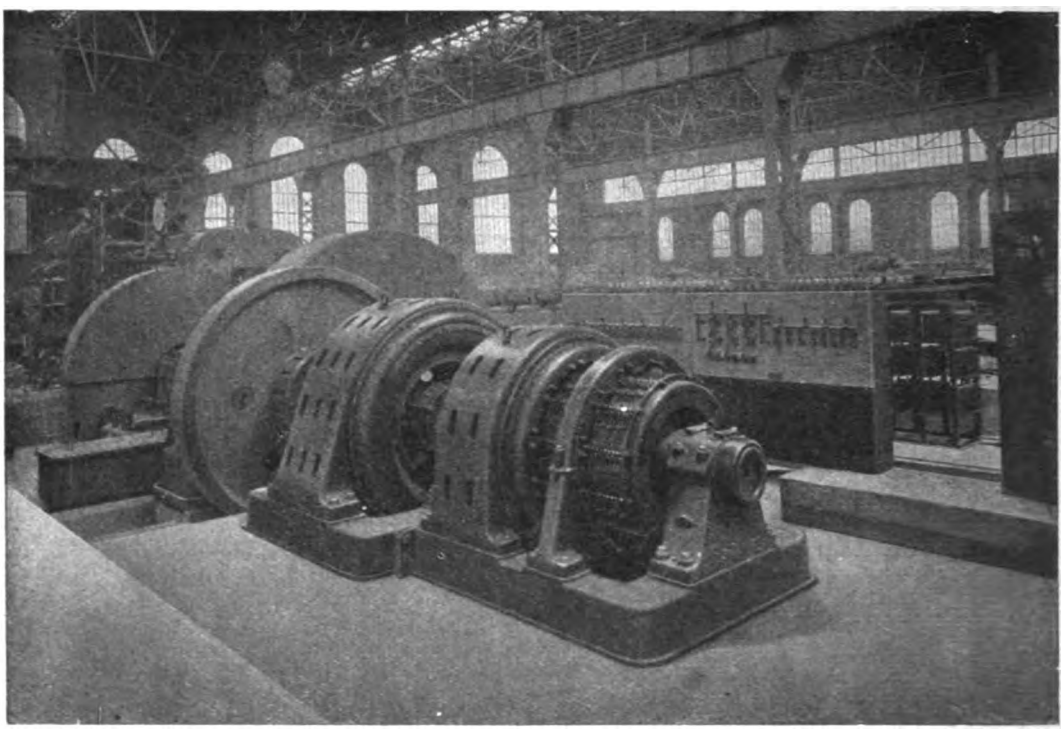
MAFFEI-SCHWARTZKOPFF

ABTEILUNG VERTRIEB: WILDAU (KREIS TELTOW) · DRAHTWORT: TURBOMOTOR WILDAU

Anzeigenpreise, Bezugsbedingungen usw. auf Seite 11

Digitized by Google

ALSTHOM



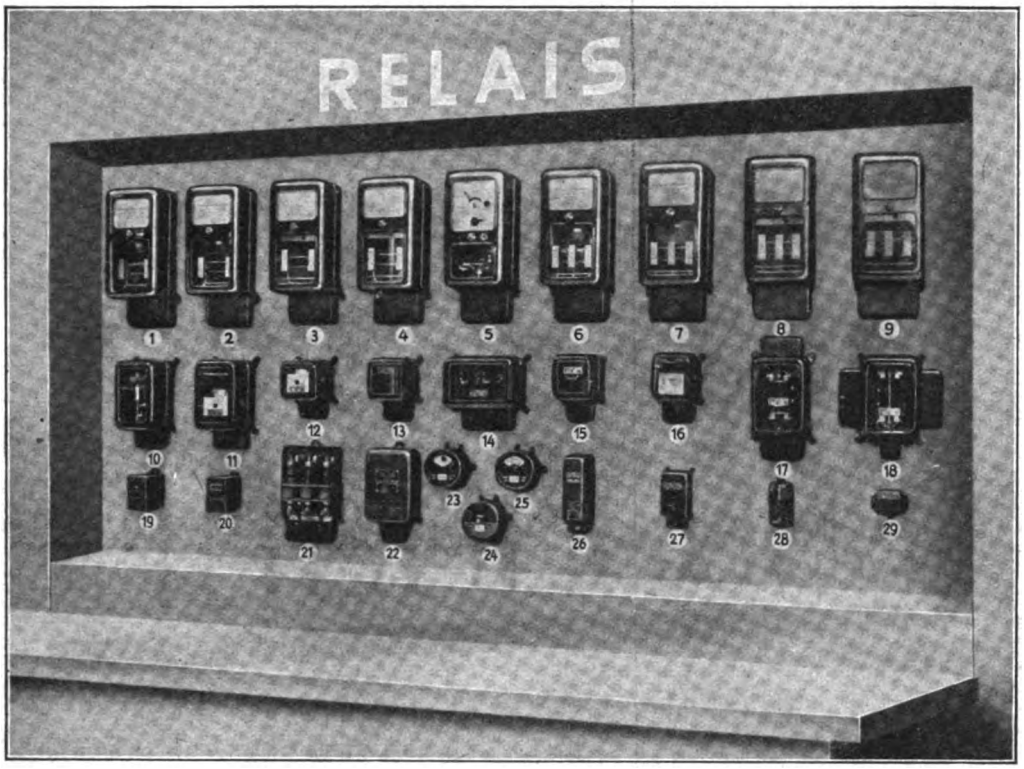
Walzwerksantrieb durch Drehstrom-Asynchronmotor in Kaskade mit Drehstrom-Kollektormotor

Dampfgeneratoren
Dampfturbinen
Elektrische Generatoren
Transformatoren
Umformer
Walzwerksmotoren
Schaltanlagen
Fördermaschinen
Bahnanlagen
Installationsmaterial
Heiz- und Kochapparate

DEUTSCHE ALSTHOM
G. M. B. H.

BERLIN N. W. 7
Unter den Linden 57/58
TELEFON : A 4 ZENTRUM 1911 · 1912
TELEGR. : DEUTSCHALSTHOM · BERLIN

Digitized by Google



Relaisstand auf der Großen Techn. Messe Leipzig, März 1930

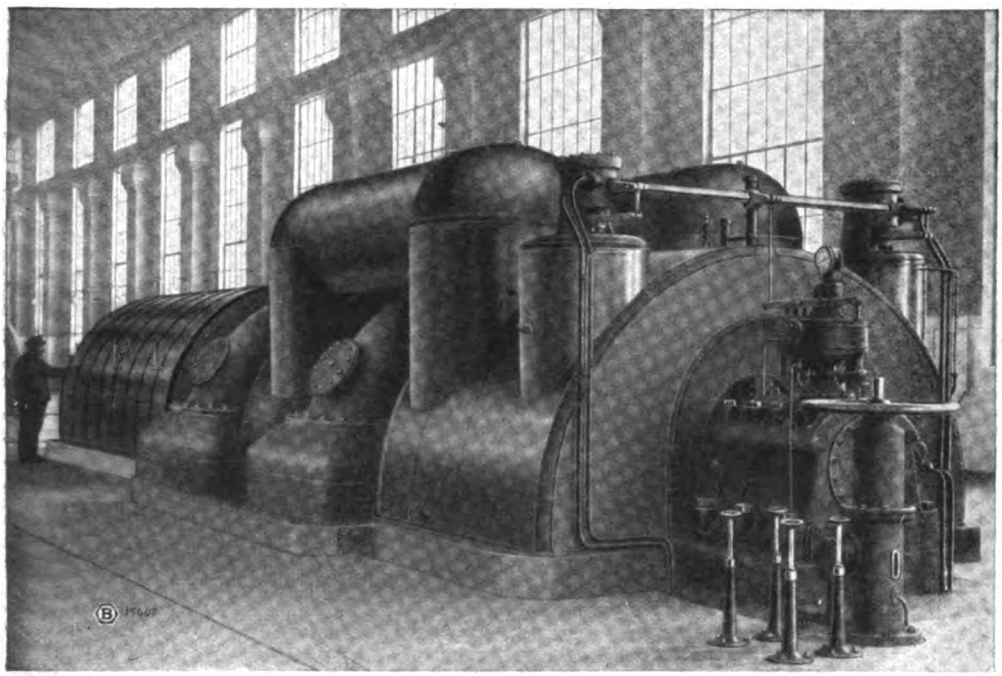
1. Zweipoliges unabhängiges Überstromzeitrelais für Gleichstromauslösung
2. Zweipoliges unabhängiges Überstromzeitrelais für Wandlerstromauslösung
3. Zweipoliges begrenzt abhängiges Überstromzeitrelais für Gleichstromauslösung
4. Zweipoliges begrenzt abhängiges Überstromzeitrelais für Wandlerstromauslösung
5. Impedanzrelais (N-Relais)
6. Dreipoliges unabhängiges Überstromzeitrelais für Gleichstromauslösung
7. Dreipoliges unabhängiges Überstromzeitrelais für Wandlerstromauslösung
8. Dreipoliges begrenzt abhängiges Überstromzeitrelais für Gleichstromauslösung
9. Dreipoliges begrenzt abhängiges Überstromzeitrelais für Wandlerstromauslösung
10. Zeitrelais mit Luftdämpfung
11. Zeitrelais für Dauereinschaltung
12. Zeitrelais für kurzzeitige Einschaltung
13. Zwischenrelais für Gleichstrom mit Einzelkontakt
14. Erdschlußmelderelais
15. Zwischenrelais für Gleichstrom oder Wechselstrom mit Einzelkontakt
16. Zwischenrelais mit Rückstellkontakten
17. Zwischenrelais für Gleichstrom mit Mehrfachkontakten
18. Zwischenrelais für Wechselstrom mit Mehrfachkontakten
19. Anzeigerelais
20. Zählrelais
21. Dreipoliges Schaltschütz „Cutax“
22. Zweipoliges Schaltschütz „Cutax“
23. Phasenunterbrechungsrelais
24. Signalrelais
25. Schalterstellungs- und Störungsanzeiger
26. Einpoliges Schaltschütz „Cutax“, großes Modell
27. Feinzwischenrelais
28. Einpoliges Schaltschütz „Cutax“ kleines Modell
29. Fallklappenrelais

DR. PAUL MEYER A.-G.
SPEZIALFABRIK BERLIN N 20

Digitized by Google

Digitized by Google

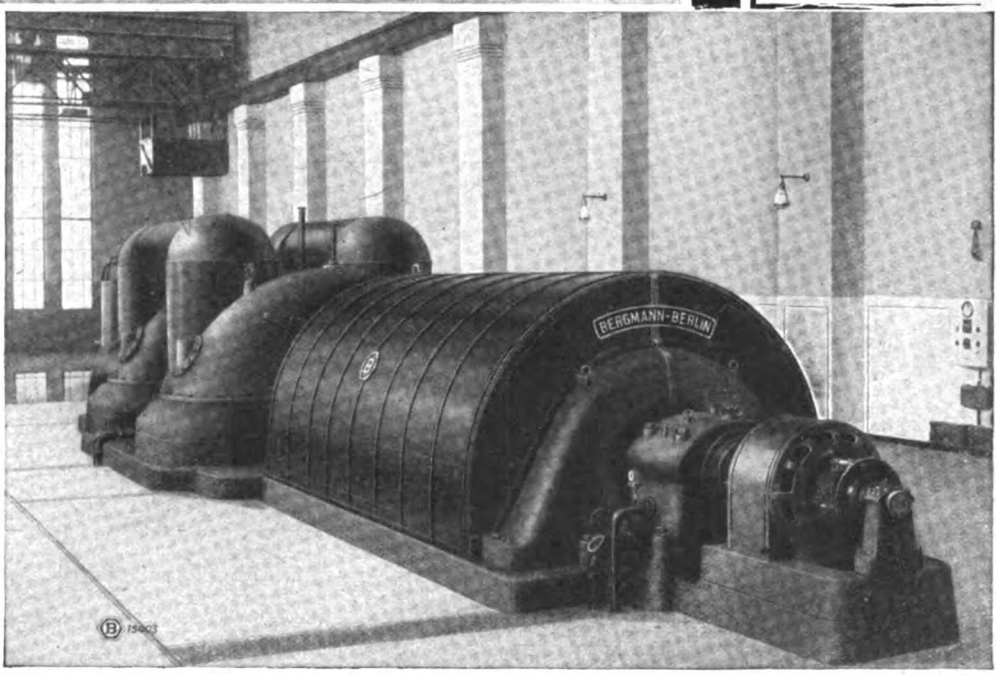
BERGMANN



36000
kW
Turbosatz
n=3000
cos φ =0,9
17,5 atü
380°C
am Einlaß

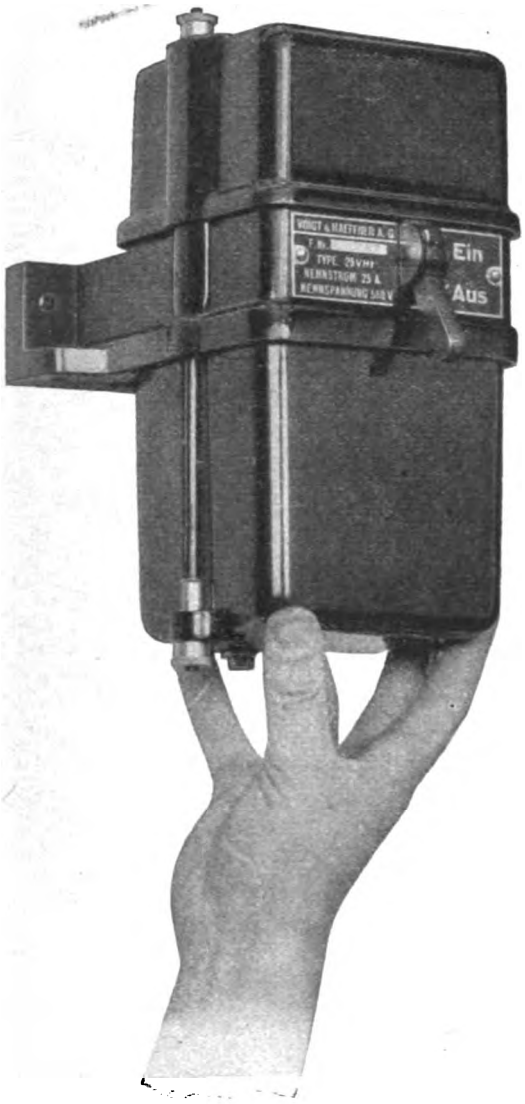
B

40000
kVA
Turbo-
Generator
n=3000
11000 Volt



BERGMANN-ELEKTRICITÄTS-WERKE
AKTIENGESELLSCHAFT, BERLIN

Digitized by Google



VAUHA-t

der billige, betriebssichere

MOTORSCHUTZ-SCHALTER

bis 25 Ampere
550 Volt

Einstellbare Bimetall-Auslöser schützen vor Überlastungsschäden

Anpassung an jeden Motor durch fünf verschiedene Auslösergrößen

Große Schaltgeschwindigkeit und kräftige Klotzkontakte sichern die Abschaltung schwerer Kurzschlüsse

Kontakte, Auslöser und Schaltwerk an einem Porzellansockel

Ölraum vom Auslöserraum getrennt

Der VAUHA-t
ist ein guter und doch billiger Kleinölschalter

Angebote, Prüfergebnisse, Drucksachen durch

VOIGT & NAEFFNER A.-G.

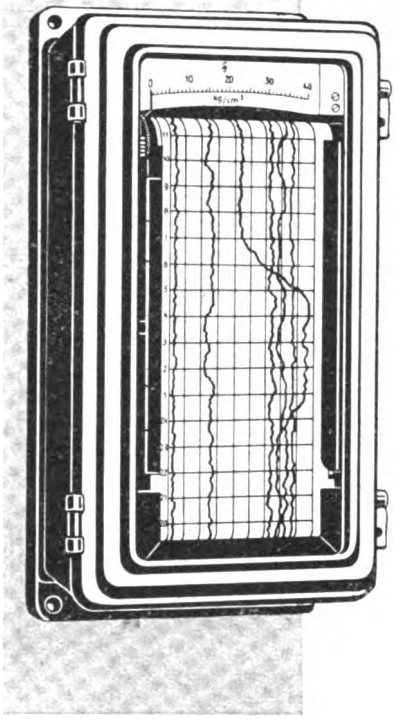
FRANKFURT AM MAIN

»WERTARBEIT«
unser Grundsatz seit 1886

Digitized by Google

SIEMENS

Sechsfarbenschreiber



Verwendung:

Aufzeichnung von sechs wärmetechnischen Meßgrößen in sechs verschiedenen Farben auf einem Registrierstreifen.

Und zwar in beliebiger Zusammenstellung:

CO_2-Gehalt und $CO+H_2$-Gehalt der Rauchgase
Rauchgastemperatur
Dampftemperatur und Speisewassertemperatur
Dampfdruck
Dampfmenge
Einfach- und Differenzzug.

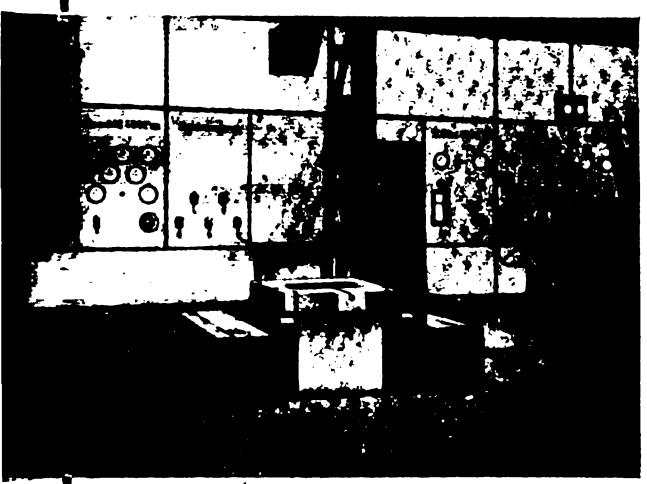
Für Aufbau und Einbau in Schalttafeln geeignet, sowohl in Wärmewarten als auch im Betrieb selbst verwendbar.

SIEMENS & HALSKE AG.
Wernerwerk, Berlin-Siemensstadt

Ca'. 074

Siemens-Hochfrequenz-Induktionsöfen

für hochwertige Metalle



Hochfrequenz-Induktionsofen — Fassungsvermögen 500 kg

Vorzüge:
Einfache, leicht auswechselbare Tiegelform, Verwendbarkeit jedes Tiegelmaterials, Erreichung jeder gewünschten Temperatur, völlig gleichmäßige Struktur infolge selbsttätiger Durchmischung, stete Betriebsbereitschaft, für alle Betriebsverhältnisse geeignet, einfache Bedienung, hohe Einschmelzleistung, geringer Kraftverbrauch, jeder Legierungswechsel möglich.

Für Probeschmelzungen
steht eine Anlage von 300 kg Fassungsvermögen und 100 kW Leistungsaufnahme bei „Rheinmetall" Düsseldorf betriebsfertig zur Verfügung. Wir haben das Lizenzrecht auf die Ajax-Northrup-Patente.

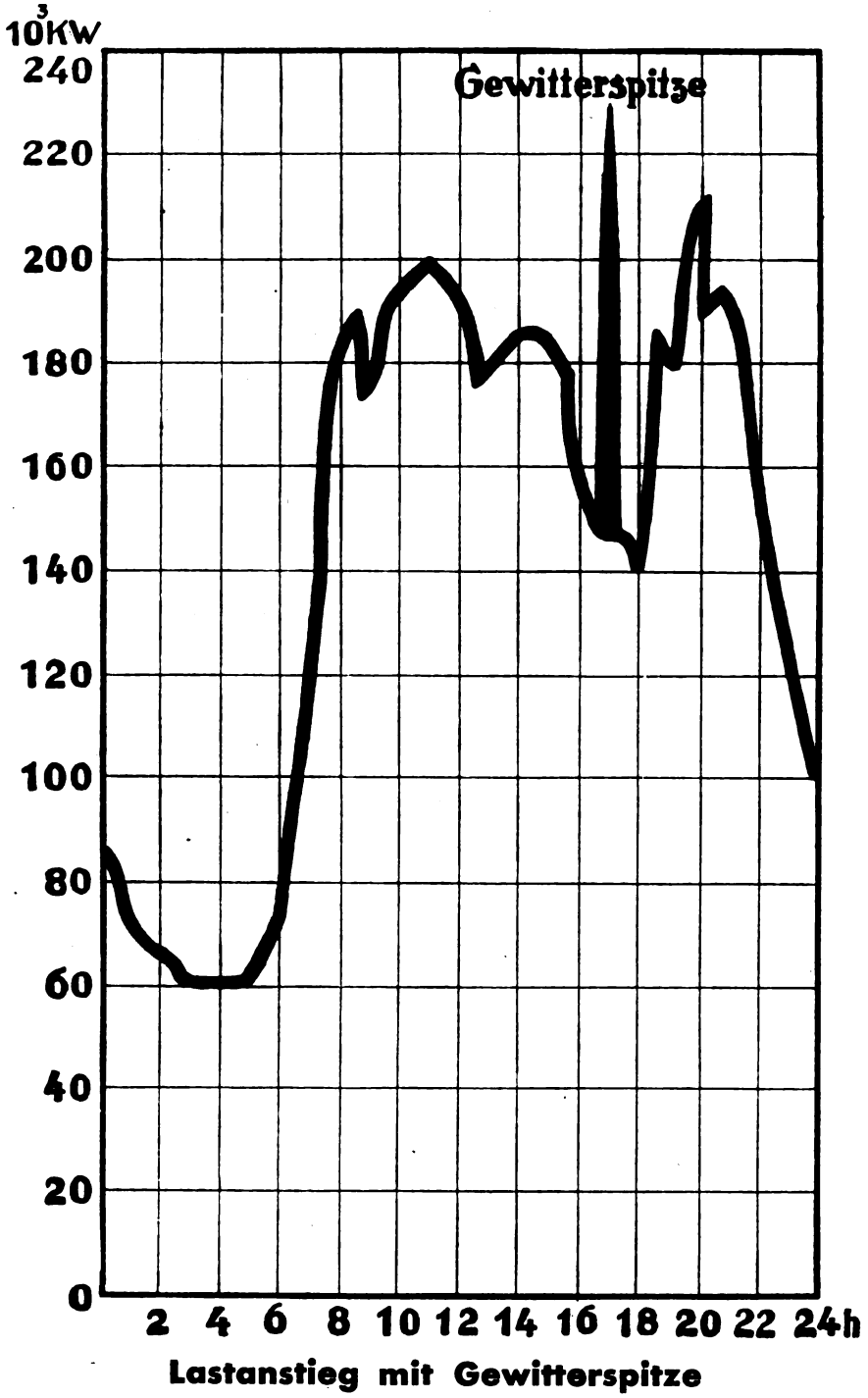
Außerdem liefern wir:
Niederfrequenz-Induktionsöfen
und Drehstrom-Lichtbogenöfen

SIEMENS & HALSKE AG.
Wernerwerk, Berlin-Siemensstadt

El 028

Digitized by Google

Spitzendeckung durch Akkumulatoren



Lastanstieg mit Gewitterspitze

Über die Bedeutung der Batterien bei der BEWAG und ihre Beanspruchung wird in der Elektrizitätswirtschaft 1929, Nr. 493 und 495 von Herrn Dipl.-Ing. Fleischer berichtet:

„Die elektrischen Batterien haben neben ihren rein örtlichen Zwecken drei Aufgaben im Rahmen der Gesamtbetriebsführung zu erfüllen.

Im Winter erfolgt der Einsatz zur Deckung der schärfsten Spitze der Belastungskurve; hierdurch wird erreicht, daß die Kraftwerke im allgemeinen nach Erreichen ihrer Höchstlast diese etwa eine Stunde beibehalten können.

Im Sommer tritt der zweite Fall der Verwendung der Batterien hervor, nämlich die Erhöhung der Nachtlast. In den kurzen, hellen Nächten sinkt die Netzlast soweit herunter, daß die zulässige Mindestlast der Maschinen, die infolge ihrer Größe oder aus sonstigen Gründen durchlaufen müssen, unterschritten wird. Die Batterien werden dann während der Lichtspitze entladen und in den Zeiten schwächster Nachtlast wieder geladen.

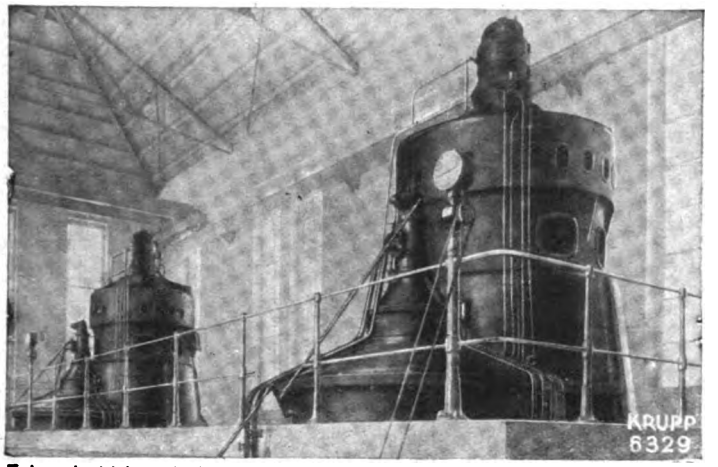
Schließlich dienen die Batterien als Momentreserven für den Ausfall von primären Kraftquellen oder bei plötzlichen Lastanstiegen, zum Beispiel bei Gewittern.

Während in den ersten beiden Fällen nur die Lichtbatterien arbeiten, werden zu dem letzten Zweck auch die Pufferbatterien der Straßenbahn herangezogen. An hellen Sommersonntagen erreicht der Normaleinsatz sämtlicher Batterien nur 5000 kW gegenüber 40000 kW im Winter zur Zeit der Lichtbelastung. — Durch Vervollkommnung der technischen Einrichtungen und durch Aufklärung und Unterweisung des Personals sind die Batterien zu einer schlagfertigen Waffe in der Hand des Lastverteilers geworden."

ACCUMULATOREN-FABRIK AKTIENGESELLSCHAFT
BERLIN SW 11, ASKANISCHER PLATZ 3

Digitized by Google

Getriebe u. Zahnräder

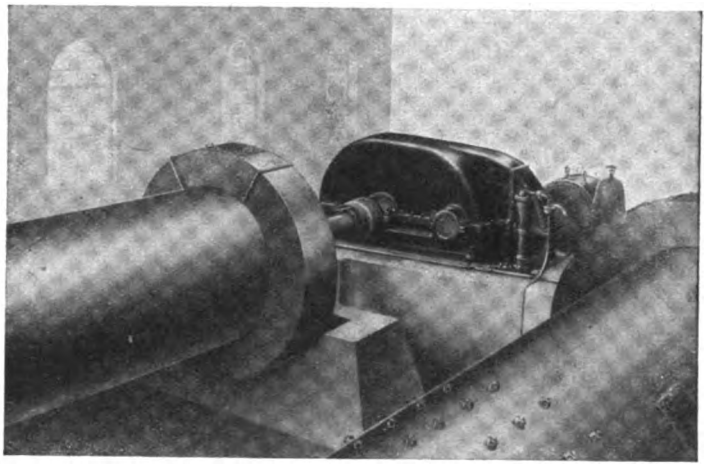


Zahnradgetriebe zwischen Wasserturbine und Generator. N = 1100 PS; n = 75/500.

In unseren, mit modernsten Präzisionsmaschinen ausgerüsteten Werkstätten fertigen wir **Getriebe und Zahnräder aller Art.**

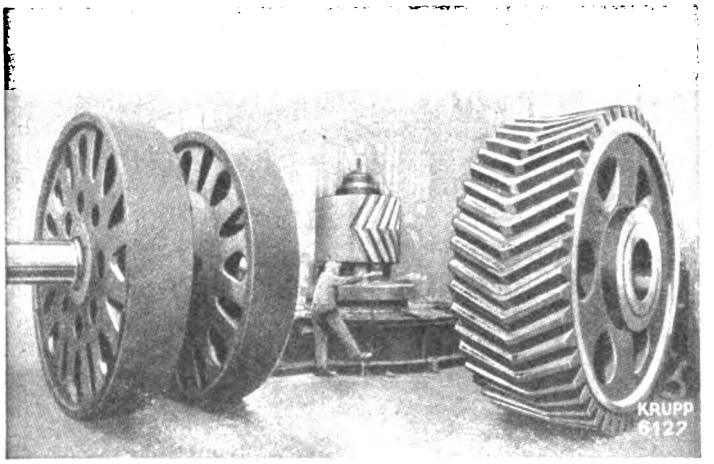
Hoher Wirkungsgrad, große Betriebssicherheit, lange Lebensdauer, ruhiger Lauf, mäßige Betriebskosten.

Als Ersatz für gute **Zahnradgetriebe** liefern wir für kleinere Leistungen **Reibradgetriebe,** die sich durch mäßigen Preis, ruhigen Lauf und geringen Raumbedarf auszeichnen.



Zahnradgetriebe zwischen El. Motor und Rohrmühle. N = 1320 PS; n = 975/20.

Vorzüglich bewähren sich unsere **im Einsatz gehärteten Zahnräder,** deren glasharte Oberfläche, verbunden mit einem zähen Kern, ihnen eine 8—12 mal größere Lebensdauer gegenüber ungehärteten verleiht.



Zahnrad links: Dm. etwa 3020, Teilg. 6 π; Gew. 26000 kg.
Zahnrad rechts: Dm. etwa 3100, Teilg. 65 π; Gew. 25000 kg.

Kammwalzen je nach dem Verwendungszweck aus Kohlenstoff-Stahl oder höchstwertigem Sonderstahl bis zu den größten Abmessungen.

Anfragen erbeten an: 8740

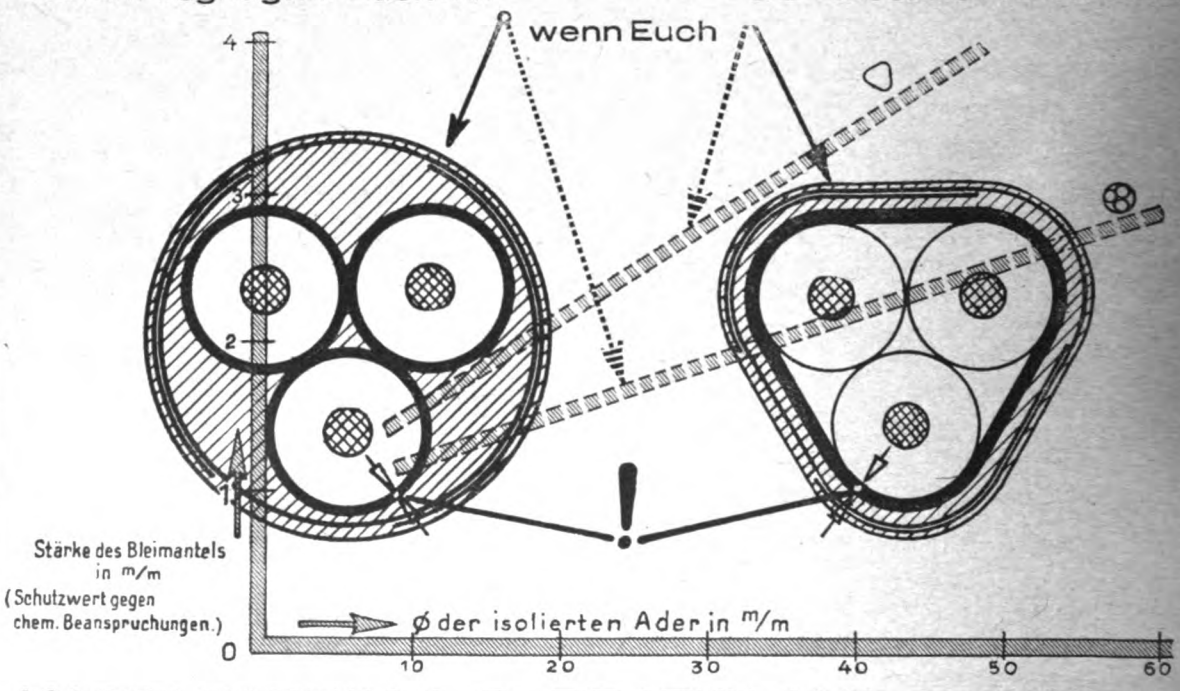
Fried. Krupp Aktiengesellschaft, Essen, Abteilung: Getriebebau

KRUPP

Digitized by Google

Elektrizitätswerke!

Warum begnügt Ihr Euch mit **SO**-Kabel Vorteile bieten?



KABELFABRIK A. G. BRATISLAVA TSCHECHOSL.

Digitized by Google

Elektrotechnische Zeitschrift

Für die Schriftleitung bestimmte Sendungen sind nicht an eine persönliche Adresse zu richten, sondern nur an die **Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift**, Berlin W 9, Linkstr. 23/24. Fernsprecher: Sammelnummer: Kurfürst 6050 und 6326 (Julius Springer). Drahtanschrift: Springerbuch Berlin.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und bei Originalartikeln nur mit Genehmigung der Schriftleitung und des Verlages gestattet.

SONDERDRUCKE werden nur auf rechtzeitige Bestellung und gegen Erstattung der durch den besonderen Druck entstandenen Selbstkosten geliefert. Den Verfassern von Originalbeiträgen stehen bis zu 5 Expl. des betr. vollständigen Heftes kostenfrei zur Verfügung, wenn uns ein dahingehender Wunsch bei Einsendung der Handschrift mitgeteilt wird. Nach Druck des Aufsatzes erfolgte Bestellungen von Sonderabdrucken oder Heften können in der Regel nicht berücksichtigt werden.

Die Elektrotechnische Zeitschrift

erscheint in wöchentlichen Heften und kann im In- und Ausland durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder durch die Versandstelle des Verlages, die Hirschwald'sche Buchhandlung, Berlin NW 7, Unter den Linden 68, bezogen werden. Bezugspreise für In- und Ausland: jährlich RM 40,—; vierteljährlich RM 10,—. Hierzu tritt bei direkter Zustellung unter Streifband das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Monatlich RM 3,50 zuzüglich Porto. Einzelheft 1,50 RM zuzüglich Porto.

Anzeigenpreise und -bedingungen.

Preise: Die gewöhnliche Seite 320 RM, ½-, ¼-, ⅛-seitige Anzeigen anteilig, für Gelegenheitsanzeigen, von Strich zu Strich gemessen, die einspaltige Millimeterzeile oder deren Raum 0.35 RM.

Rabatt: bei jährlich

13	26	52maliger Aufnahme
10	20	30 %

Gelegenheitsanzeigen sind sogleich bei Bestellung ebenfalls auf Postscheckkonto 118 935 Berlin, Julius Springer, zahlbar unter gleichzeitiger entsprechender Benachrichtigung an die Anzeigenabteilung des Verlages.

[Für die gewöhnliche Schriftzeile von 5 Silben sind 3 mm, für eine fettere Überschrift 6 mm vorzusehen, für einen Rand 4 mm bei nur 4 Silben pro Zeile.]

Stellengesuche werden bei direkter Aufgabe mit 0.20 RM pro Millimeterzeile berechnet; Aufnahme nach Eingang der Zahlung.

Ziffernanzeigen. Für Annahme und freie Beförderung einlaufender Angebote wird eine Gebühr von mindestens 1 RM berechnet.

Beilagen werden nach Vereinbarung beigefügt.
Erfüllungsort für beide Teile Berlin-Mitte.

Schluss der Anzeigenannahme: Montag vormittag 8 Uhr

Anfragen und Sendungen für die Elektrotechnische Zeitschrift sind zu richten:

a. **für Anzeigen oder sonstige geschäftliche Fragen** an die Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Drahtanschrift: Springerbuch Berlin. Fernsprecher: Sammelnummer: Kurfürst 6050 und 6326. Bei telephonischen Gesprächen ist stets anzugeben, ob die Schriftleitung oder die Anzeigenabteilung gewünscht wird.

b) **für Abonnements und sonstige Bücherbezüge** an die Hirschwald'sche Buchhandlung, Berlin NW 7, Unter den Linden 68.

Drahtanschrift: Hirschwaldbuch, Berlin. Fernsprecher: Zentrum 2825, 2826, 2835, 2836

Bank- und Postscheckkonten

für Anzeigen, Beilagen, Sonderdrucke:
Reichsbank-Girokonto, Deutsche Bank und Disconto-Gesellschaft, Depositenkasse C, Berlin W 9,
Postscheckkonto Berlin Nr. 118 935. Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W. 9.

für Bezug von Büchern, Zeitschriften und einzelnen Heften:
Postscheckkonto Berlin Nr. 33 700. Hirschwald'sche Buchhandlung, Berlin NW 7. Bankkonto: Deutsche Bank und Disconto-Gesellschaft, Depositenkasse Berlin W 8, Unter den Linden 11.

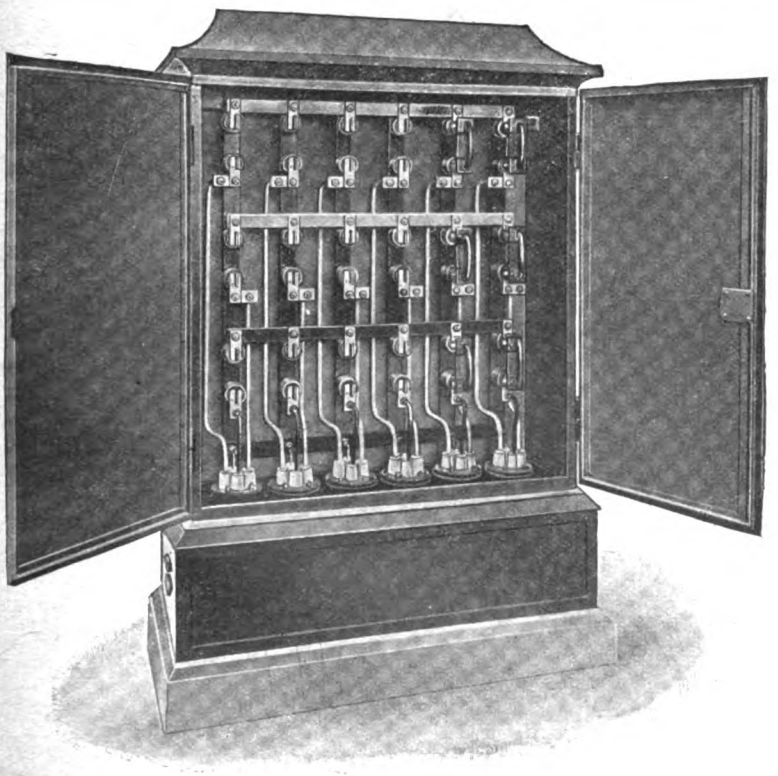
An die Vereinsmitglieder, Verbandsmitglieder und Postbezieher der E. T. Z.

Beim Ausbleiben von Heften sind Beschwerden nicht an den Verlag, Verein oder Verband, sondern sofort an das zuständige Postamt zu richten.

Bei Wohnungswechsel ist an das Postamt der alten Wohnung rechtzeitig ein Antrag auf Überweisung nach der neuen Wohnung zu stellen. Für die Überweisung ist eine Gebühr von 0,50 RM zu entrichten, wenn ein anderes Postamt in Frage kommt.

Die Mitglieder des VDE, EV und aller zum VDE gehörigen Vereine haben ihren Wohnungswechsel außerdem der entsprechenden Geschäftsstelle mitzuteilen, und zwar die alte und neue Anschrift.

Die Erneuerung der Abonnements muß, um Störungen in der Zustellung zu vermeiden, stets rechtzeitig seitens der Bezieher erfolgen.



Kabelwerk Duisburg

Duisburg a. Rh.

Kabelverteilungsschränke

für 6 Stromkreise (Niederspannung) mit abschaltbaren Griffsicherungen, Sammelschiene, Nulleiterschiene sowie 6 Kegelendverschlüssen nach Dinorm.

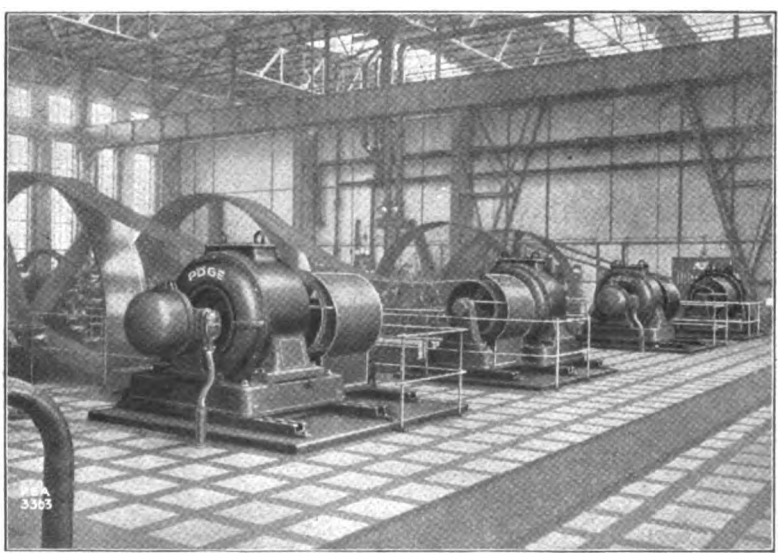
Bequeme Bedienungsweise! Größte Betriebssicherheit! Geräumige und stabile Ausführung!

Digitized by Google

In allen Fragen der
Aluminium-Verwendung und -Bearbeitung
steht Ihnen die
Aluminium-Beratungsstelle
Berlin W 8 Französische Straße 50,
jederzeit kostenlos zur Verfügung.

Wofern die Bedeutung des Objektes dies rechtfertigt und eine genaue Einsichtnahme in die Betriebsverhältnisse erforderlich ist, kann auf Antrag eine Beratung durch Fachspezialisten an Ort und Stelle erfolgen.

PÖGE



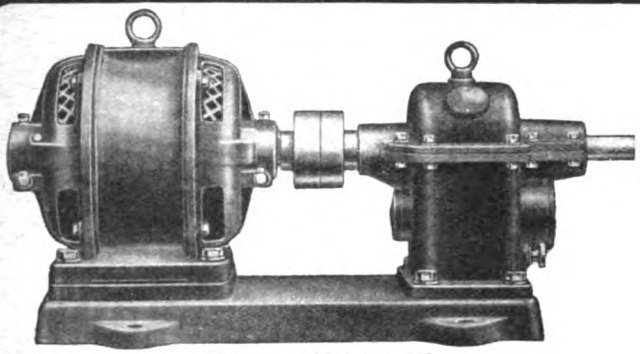
Motoren
für die
chemische
Großindustrie

Kohle-Verflüssigung

Drehstrom-Motoren von je 500 PS, 5000 Volt, 585 n mit außenliegenden, schlagwettergeschützten Schleifringen, zum Antrieb von Kompressoren

PÖGE ELEKTRICITÄTS-AKTIENGESELLSCHAFT
CHEMNITZ

Digitized by Google



Motor mit Heuergetriebe

Heuergetriebe

sind Drehzahlminderer

mit festen oder veränderlichen Drehzahlen

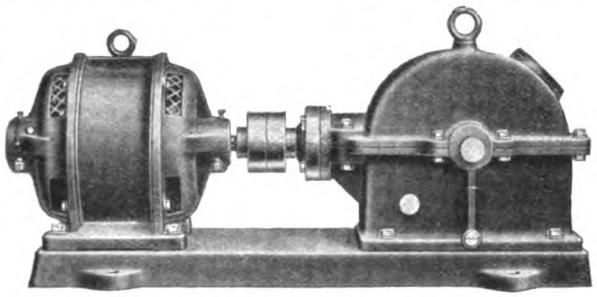
für Übersetzungen von 2 : 1 bis 1000 : 1

für Übertragungen von 0,5 PS bis 1000 PS

Tausende

in der ganzen Welt verbreitet

Die neue Liste Nr. 25 ist erschienen



Motor mit Winkelgetriebe

Winkelgetriebe

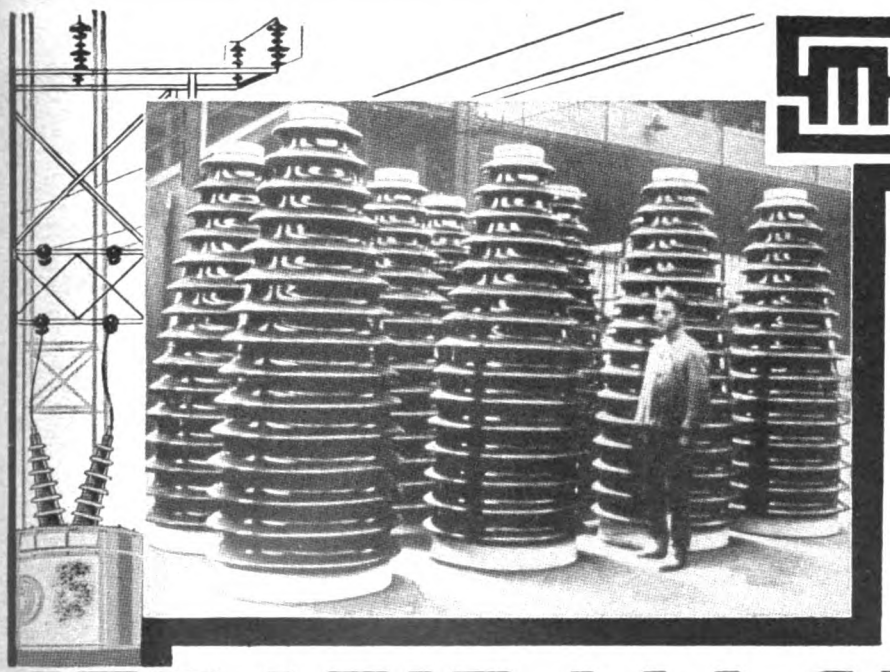
mit Spiral-Kegelrädern

ersetzen vorteilhaft die
unwirtschaftlich arbeitenden

Schneckengetriebe

sie haben einen viel höheren Wirkungsgrad, längere Lebensdauer, werden nicht heiß und laufen völlig lautlos

Saxoniawerk Paul Heuer Dresden 16 S



EINTEILIGE

MELALITH

RIESEN

DURCHFÜHRUNGEN

FÜR

220000 VOLT

STEATIT-MAGNESIA

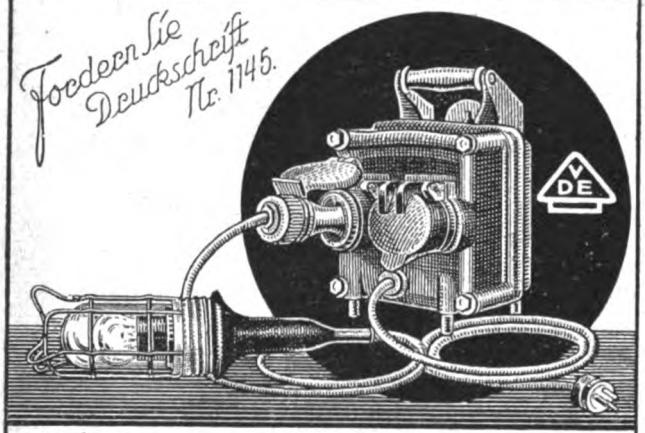
AKTIENGESELLSCHAFT

HOLENBRUNN IN OBERFRANKEN-BAYERN

Digitized by Google

NETZSPANNUNG! LEBENSGEFAHR!

Fordern Sie Druckschrift Nr. 1145.



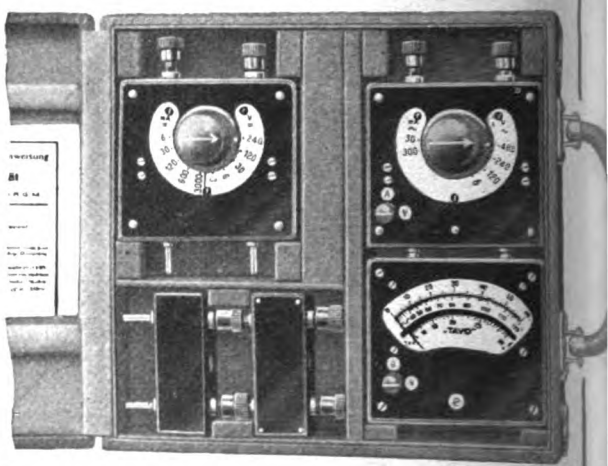
Sicherer Schutz

durch DR *Handlampen-Schutz-Transformatoren mit* VDE *Prüfzeichen*

Dr. DIETZ & RITTER G.M.B.H. LEIPZIG O 27.

Ein wirklich universal verwendbares Meßgerät für Prüffeld, Laboratorium oder Radiozwecke wird Ihnen durch unseren

Tavo-Meßkoffer geboten

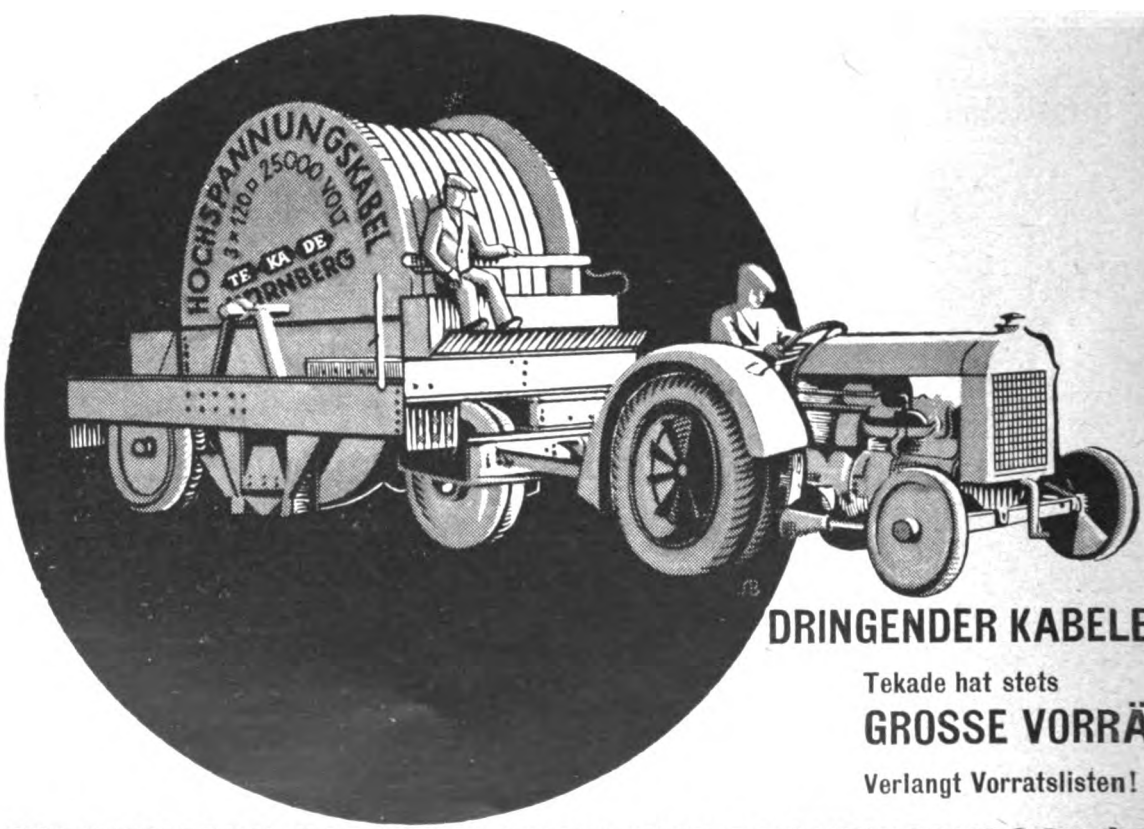


Derselbe ermöglicht mit einem Ableseinstrument die Erfassung von 20 und mehr Meßbereichen für Gleich- und Wechselstrom-Strom-Spannungs- u. Widerstandsmessungen nach Wahl der Liste „TAVO"

Dr. Siegfr. Guggenheimer

J/630 **Aktiengesellschaft Nürnberg 1**

Fabrik elektrischer Meßgeräte



DRINGENDER KABELBEDARF?

Tekade hat stets

GROSSE VORRÄTE.

Verlangt Vorratslisten!

SÜDD. TELEFON-APPARATE-KABEL-UND DRAHTWERKE A.G. NÜRNBERG

POSTANSCHRIFT: TEKADE NÜRNBERG 2 - SCHLIESSFACH 98

TE KA DE

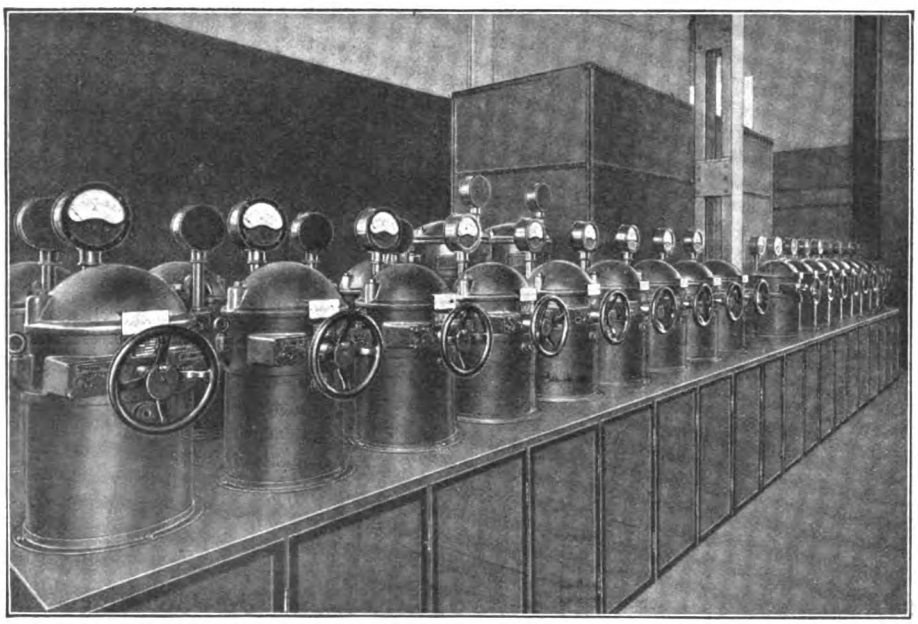
Digitized by Google

SW

Industrie-
Ölschalter

für
Hochspannungs-
Anlagen
in rauhen und
schmutzenden
Betrieben

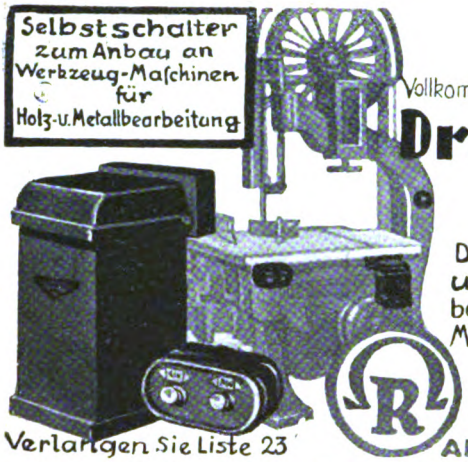
Verlangen Sie
Sonderdruck Nr. 50



SACHSENWERK

Digitized by Google

Selbstschalter zum Anbau an Werkzeug-Maschinen für Holz- u. Metallbearbeitung



Verlangen Sie Liste 23

Selbst-Schalter

Vollkommen gekapselt, Luft- o. ölschaltend, sichere Momentschaltung, Leicht auswechselbare Wälzkontakte

Druckknöpfe u. Fusskontakte

Blech- o. gußgekapselt für Wandmontage, An- o. Einbau

Produktions Erhöhung

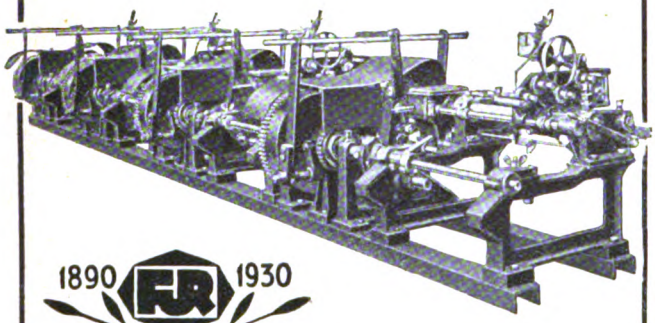
Durch unsere Selbstschalter können elektrisch angetriebene Werkzeug- u. Arbeitsmaschinen mit angebauten Druckknöpfen- o. Fußkontakten von beliebig vielen Stellen aus gesteuert werden. Die Leistungsfähigkeit der Maschinen steigert sich durch Verringerung der Griff- u. Bedienungszeiten.

RHEOSTAT

SPEZIALFABRIK ELEKTR. APPARATE EDMUND KÜSSI

DRESDEN, n. 23

ANLASS-STEUER-HOCHSPANNUNGS-APPARATE.



1890 FR 1930

Selbsttätige Drahtwickelmaschine

für sauberes, wirtschaftliches Aufwickeln starker Drähte. Bedeutende Lohnersparnisse. Hunderte im Betriebe.

FROITZHEIM & RUDERT

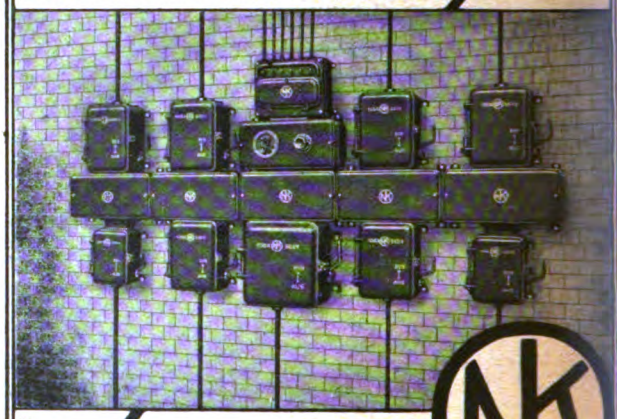
Maschinenfabrik

Berlin-Weißensee, Langhansstr. 126/31

Gußgekapselte Schaltanlagen

für rauhe und feuchte Betriebe in jeder Zusammenstellung

Staub- u. tropfwassersicher nach Schutzart S5 d. VDE-Vorschriften



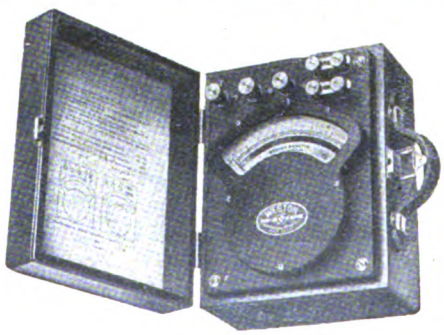
K

Erste Referenzen

NK

NOSTITZ & KOCH, CHEMNITZ

Fabrik elektrotechn. Apparate



Mod. 370

Elektrodynam. Präz. Strommesser

Weston

Elektrodynamische eisengeschirmte Präzisions-Laboratoriums-Instrumente

Man verlange Teilliste SI

Generalvertrieb:

Dipl. Ing. D. Bercovitz & Sohn

BERLIN-SCHÖNEBERG

db

Digitized by Google

H&B

FIXOHMMETER

Die zu prüfende Leitung wird angeschlossen, die Kurbel gedreht, bis der Zeiger - vom Fallbügel gefangen - von selbst stehen bleibt. Dann wird in Ruhe genau abgelesen; also kein Schätzen des Meßwertes am pendelnden Zeiger während des Kurbelns. Ein Isolationsmesser und Leitungsprüfer von hoher Vollkommenheit, in leicht tragbarem Kasten, handlich, einfach zu bedienen, stets betriebsfertig, genau nach den Vorschriften des VDE. Ein gewissenhafter Helfer bei jeder Montage und für jeden Betrieb ist dieser wirklich zuverlässige Isolationsmesser.

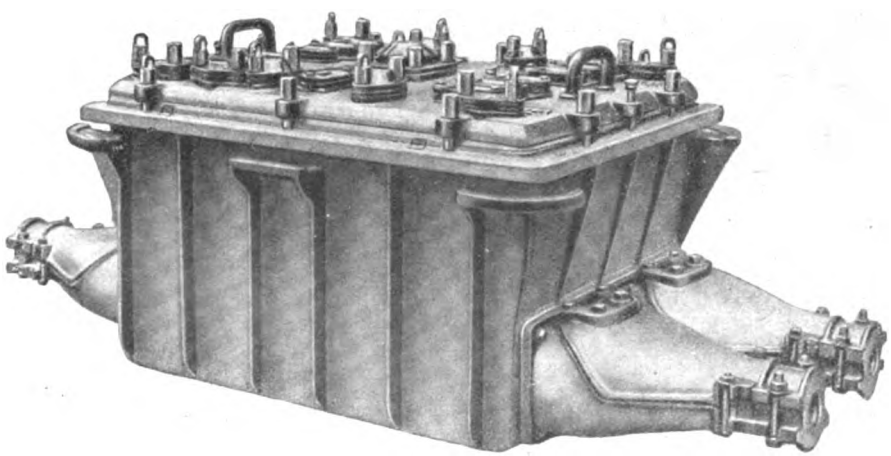
HARTMANN & BRAUN AG FRANKFURT A M

KABEL-ÖLSCHALTKÄSTEN VDE-Reihe 10 350 Amp.

zur Montage unter dem Gehweg (Bürgersteig)

enthalten:

4 dreipolige Ölschalter und 4 dreipolige Trennerdungsschalter



- **Absolut wasserdicht**
- **Hohe Schaltsicherheit durch gegenseitige Verriegelung der Schaltstellungen**

E. NEUMANN Hochspannungs-Apparate, G. m. b. H.
BERLIN-CHARLOTTENBURG 5, Spandauer Str. 10a-11

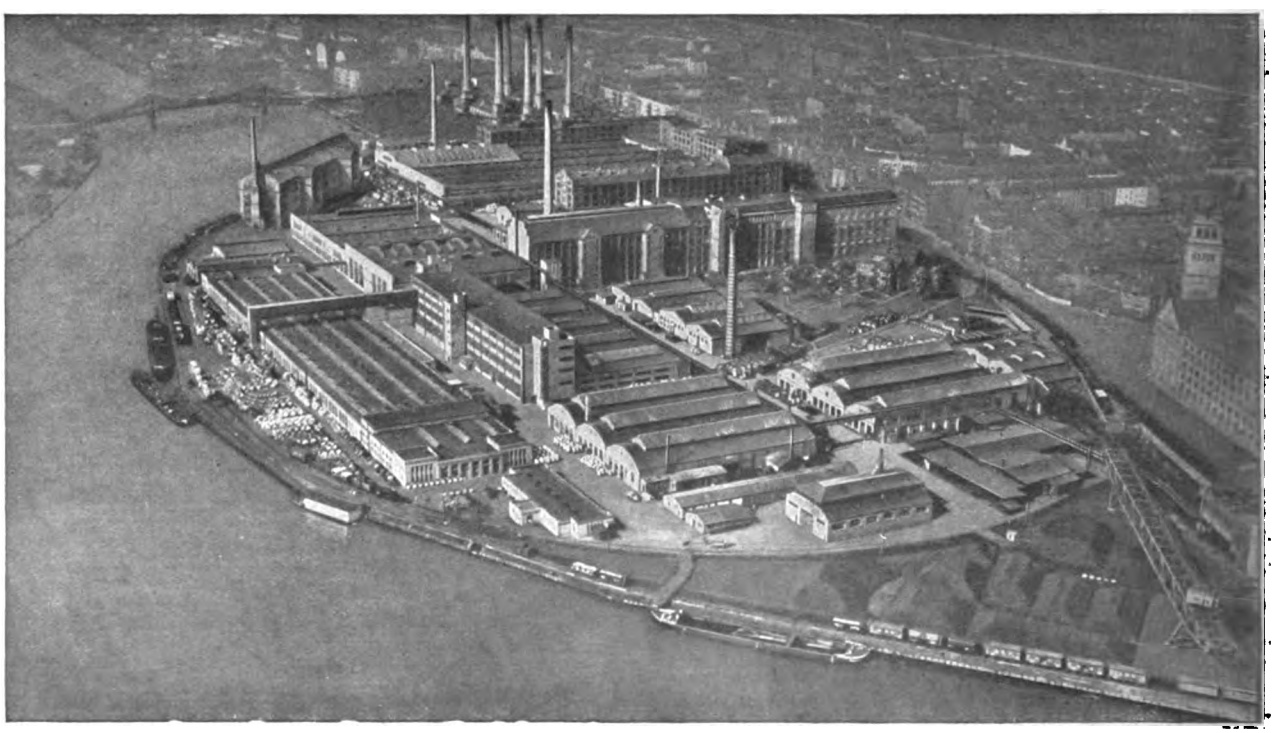
Digitized by Google

AEG

STARKSTROMKABEL
FERNMELDEKABEL

ISOLIERTE LEITUNGEN
BLANKES LEITUNGS-MATERIAL

ISOLIERROHR
METALLFABRIKATE



KABELWERK OBERSPREE

Digitized by Google

Wer kennt den Einfluss?

der Raumtemperatur auf Schutz- und Geldwert eines Motorschutzschalters?

Würden die thermischen Auslöser des SBIK-Motorschaltwarts bei Erwärmung auf 40° Celsius bereits auslösewarm sein, so wäre selbst ein unbelasteter Drehstrommotor nicht mehr einschaltbar, wenn der Motorschutzschalter in einem Raum installiert würde, in dem während des Sommers 30-40° Celsius gemessen würden. Im Winter dagegen würde in einem abgekühlten Raum von ca. + 5° Celsius eine Dauerüberlastung bis 60% keine Abschaltung des überhitzten Motors verursachen.

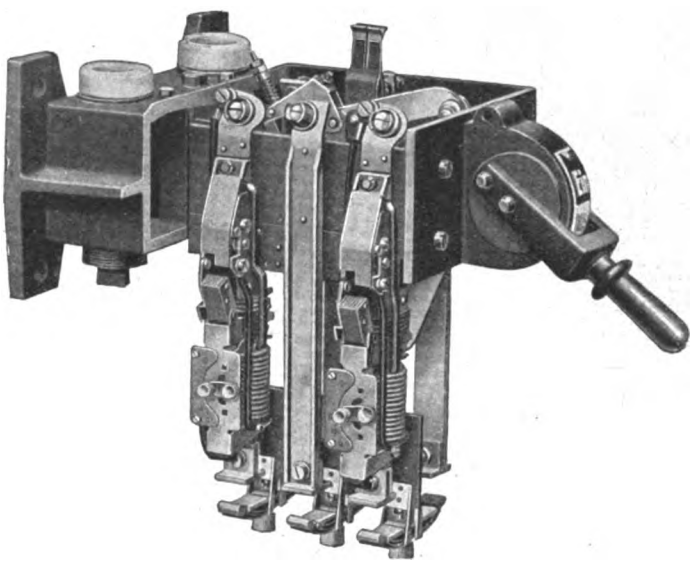
Wäre dieser „Motorschutzschalter" auch nur die Hälfte seines Preises wert?

Darum haben die Wärmeauslöser des altbewährten

SBIK-Motorschaltwart, Konstruktion Besag

eine Auslösetemperatur von genau 150° Celsius und zwar bei allen Skalen und Einstellbereichen. Bei dieser hohen Erwärmung verschwindet fast der Einfluß wechselnder Raumtemperatur. Diese Auslöse-Temperatur ist nur bei einer Auslösecharakteristik unschädlich, die den Motoren beim Auslösen noch genügend Reserve beläßt, gleichviel, ob der Motor (bei gleicher Nennstromstärke) für 110 V oder für 500 V, ob er offen oder gekapselt, oder ob er für kleine und große Drehzahlen, oder für kühle oder warme Räume bestimmt ist.

Siehe auch ETZ Heft 17/22. 1930



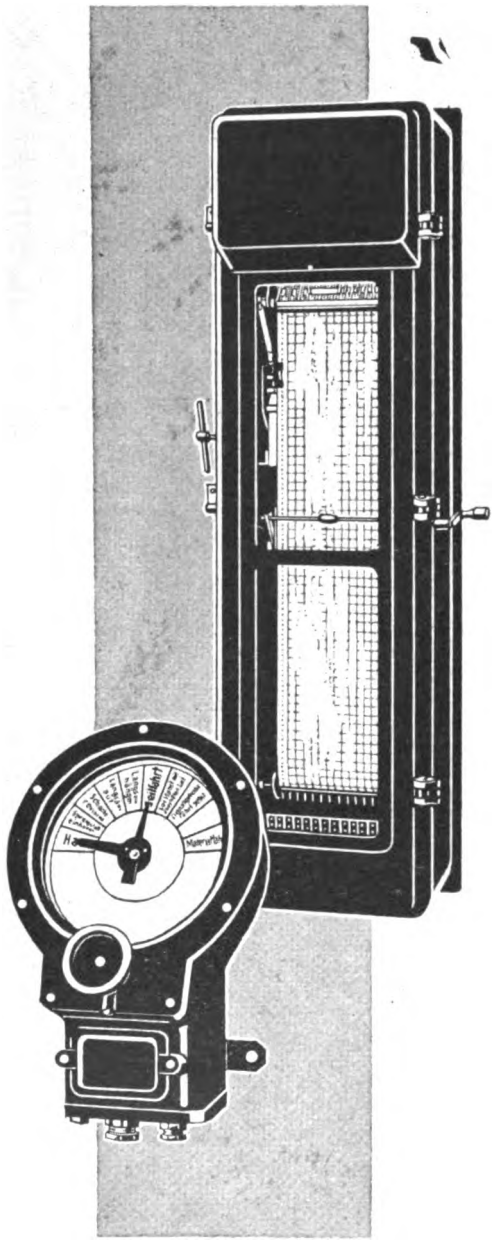
SBIK-Motorschaltwart
Konstruktion Besag (geschnitten)

Zu haben bei allen namhaften Installationsfirmen

Schiele & Bruchsaler-Industriewerke A.G.
Baden-Baden

Digitized by Google

Das neue Siemens-Schachtsignalsystem



arbeitet mit neuzeitlichen Fernzeigeapparaten und registriert sämtliche Signale und Fördervorgänge

wie Auslegen des Bremshebels, Signale von Sohle und Hängebank, Einstellen des Fahrtreglers für die Seilfahrt, Geschwindigkeit der Fördermaschine usw., und zwar gleichzeitig und übersichtlich bis zu 10 Kurven nebeneinander. Es

bietet:
Große Zeitersparnis
Vergrößerte Förderleistung
Erhöhte Betriebssicherheit

Nähere Auskunft durch

SIEMENS

SIEMENS & HALSKE AG.
Wernerwerk, Berlin-Siemensstadt

ES 006 b

Digitized by Google

Elektro-ingenieur

28 Jahre, bisher bei Weltfirmen als Projekteur, Montageleit., Akquisit. für Hochspannungsanlag. aller Art, Licht-, Kraftanlag., Einzelantriebe f. Textil-, Holzindust., Bergbau. Gesamt. Lausitz, Groß-Berlin bei Industrie, Behörd. bestens eingeführt, nachweisbare Erfolge, wünscht sich zu veränd., auch Ausland, französische, englische Sprachkenntnisse. Offerten unter **E. 504** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9, erb.

Junger
Elektro-Ingenieur
Absolvent einer höh. techn. Lehranstalt, mit 3jähriger Praxis und gut. Allgemeinbildung, sucht bei bescheidenen Ansprüchen Anfangsstellung. Angeb. unter **E. 514** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Elektroingenieur

Starkstr., Absolv., 25 J. alt, led., m. sehr guten Zeugn. (Examen m. sehr gut bestand.), m. reich. prakt. Kenntniss. (gel. Masch.-Schloss.), sucht p. bald od. spät. Stellung. Angeb. u. **E. 521** an die Anzeigen-Abt. d. ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Elektroingenieur

27 Jahre alt, 8 Jahre Praxis u. reichl. theoretische Kenntn., sucht ab 1. 8. Stellung in Schwachstr. od. Radio. Zuletzt im Auslande tätig. Angebote unt. **E. 509** a. d Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9, erb.

Elektro-Dipl.-Ing.

34 J., bes. gewandt i. Meßtechnik u. all. Laborat.-Arbeiten, zuletzt 5 J. in Meßinstr.-Lab. bei Siemens & Halske tätig, **sucht Stellung.** Angeb. unt. **A. I. 252** an **Rudolf Mosse, Augsburg.** [520]

Ich bringe:
absolut. Arbeitswillen, univers. kaufm. Kenntn.
Ich suche:
entwicklungsfähig. Arbeitskreis.
Lagerkarte 495, Berlin W 9. [518]

Junger, strebsamer
Elektroingenieur
Techn. Mittweida mit „Sehr gut" abs., gute 3½jähr. prakt. Ausbildg. bei erst. Firmen in Reparatur, Betrieb, Montage und Prüffeld, Führersch. I u. III b, verh., sucht Anfangsstellg. (auch Ausl.) Ang. erb. u. **E. 522** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9.

Junger
Elektro-Ing.
m. reich. theor. und prakt. Kenntn., auch kaufmänn. vorgebildet, fleiß. u. arbeitsfreud., zuletzt b. ausländisch. Weltfirma tätig gew., sucht p. bald od. spät. Stellung, evtl. als Assistent od. dergl. Ang. unt. **E. 452** an d. Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9.

El.-Dipl.-Ing. -Kaufmann
28 Jahre alt, T. H. München, sucht Anfangsstellung in der Elektrobranche. Spätere Aussicht ins Ausland evtl. erwünscht. Angebote unter **E. 517** an die Anzeig.-Abteilung der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

El.-Ingenieur
31 J., in ungek. Stellung in einem städt. El.- u. Gaswerk, m. ausgez. techn. u. kaufmänn. Kenntn., Ortsnetzbau, Proj., Ausf., Abn. u. Abrechng. v. Inst., Tariffrag., Statistik, Stromabrechng. u. Strombuchhaltung, Zählereich., will sich verbessern. Angeb. an **K. Krusemark, Ueckermünde-Neuend. i. Pom.** [510]

Unser [511]
für die Dauer einmaliger Revision angestellter
Revisor wird Ende Juni frei.
Er ist auch gut bewandert im Zentralen- und Ortsnetzbau u. Installation. Außer Abschlußzeugnis einer staatl. Maschinenbauschule hat er die Meisterprüfung. Wir können ihn als tüchtig und gewissenhaft bestens empfehlen.
Ueberlandverband Lübeck, Parade 10.

Vielseitig ausgebildeter
Dipl.-Ing. El.
30 Jahre, 4 Jahre Werkstattpraxis. Nacheinander tätig über 2 Jahre bei erster Elektrogroßfirma als Konstrukteur, Statiker und Projekting. Anschließend als Verkäufer in erst. deutscher und als techn. Berater des Einkaufs erster amerikanischer Autofirma, ungek. Stellung, organis. befähigt, erstklass. Zeugnisse, wünscht geeign. Wirkungskr. auf **techn.** Gebiet. Ang. unter **E. 507** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Junger, durchaus selbständiger
Schwachstrom-Elektriker
in ungekünd. montageleit. Stell., sucht sich per sofort oder später zu veränd. Derselbe ist in allen vorkomm. Schwachstr.- u. Fernmelde-Anl., selbst i. Telef.-Großautom.-Zentr. neuest. Konstruktion unbedingt firm. Vorzügl. Praktiker u. Theoretiker. Schaltungstechnisch sehr gut durchgebildet. Besitzt auch große Kenntnisse u. Erfahrungen auf den Gebieten der Starkstrom- sowie Hochfrequenz- u. Verstärker-Technik. Gesucht wird selbständige Stellung in Industrie- od. Kommunalbetrieb. Gefl. Ang. u. E. 508 a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9.

Durch eine „Kleine Anzeige"
ist oft schon Großes erreicht worden. Wer daher z. B. die Absicht hat, ein Patent zu verkaufen, gebe „Kleine Anzeigen" in der ETZ auf. Es spricht alles dafür, daß sie in der gewünschten Weise Erfolg bringen.

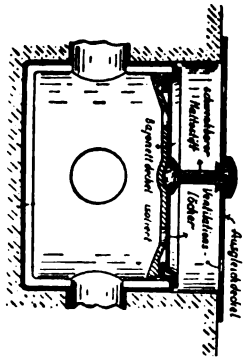
Ein Elektriker
mit längerer Praxis im Elektrizitätswerksbetrieb, wird als Stellvertr. des
Werkmeisters
im Kraftwerk einer nordböhm. Stadt (Gleichstrom, Drehstrom und Bahn) gesucht.
Selbstgeschriebene Angebote mit Lichtbild und Gehaltsanspr. sind sofort unter **E. 513** „Verläßlich" an die Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9, zu richt.
Offerten von Bewerbern, welche keine Praxis im Elektrizitätswerksbetriebe haben, sind zwecklos.
Tschechoslow. Staatsbürg. bevorz.

Erste kaufmännische Kraft
als **kaufmännischen Vorstand eines unserer Außenbüros** zu möglichst baldigem Eintritt gesucht.
Nur solche Herren, die in der Elektrizitätsbranche durchaus erfahren sind und durch entsprechende Erfolge und Referenzen nachweisen können, daß sie energische, zielbewußte und umsichtige Arbeiter und gewandte und repräsentative Verhandlungsführer sind und einem größeren Personal vorstehen können, wollen ausführliche Bewerbungen mit selbstgeschriebenem lückenlosen Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Angabe der Gehaltsansprüche einreichen. (488)
BROWN, BOVERI & Cie.
Aktiengesellschaft,
Mannheim-Käfertal
Abt. Vau.

Es werden von süddeutscher Firma gesucht:
Junger Physiker
zur Entwicklung von Glimmlampen für das Gebiet des Fernsehens, nach Möglichkeit mit nachgewiesener Praxis auf dem gleichen oder einem angrenzenden Gebiet.
Junger Physiker
oder
Diplomingenieur
für das Patentbüro zur Bearbeitung aller einschlägigen Patente auf dem Gebiete des Fernsehens.
Angebote mit Lebenslauf und Gehaltsansprüchen erbeten unter **E. 516** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

Fortsetzung auf Seite 32.

Digitized by Google



Nr. 3000-3002 flacher Ausgleichdeckel für wandebenen Abschluß

Der **neue**

wandebene

Verschlußdeckel

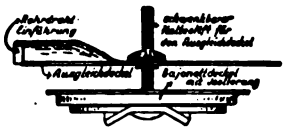
» Duplex «

für Abzweigdosen Unterverputz

D.R.P. a. und D.R.G.M.

„Duplex"

mit Rohrdraht-Einführung



Nr. 3010-3013 Ausgleichdeckel mit Rohrdraht-Einführung für Nachinstallationen unentbehrlich

Zu tief eingemauerte Abzweigdose wandeben geschlossen

Lieferbar für 55, 65, 70 u. 78er Dosen

FRITZ WIELAND

Elektrische Industrie / Fabrik elektrischer Spezialartikel

heute millionenfach bewährt!!

Wieland-Klemmen

mit geteiltem Isoliermantel

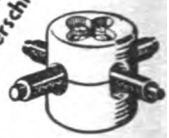
In jeder Grosshandlung erhältlich

Den V.D.E. Vorschriften entsprechend

Anfang: 1912

D.R.P. 6 GRÖSSEN 2,5-120 □

D.R.P. 3 GRÖSSEN 6-35 □



mit 1 Klemmschraube

mit 4 Klemmschrauben

BAMBERG (BAYERN)

TONmixer!

Für Tonfilmaufnahmen vorgebildete Herren, in Elektrotechnik und Akustik bewandert,

zu sofortigem Antritt gesucht.

Ausführliche, nur schriftliche Angebote mit Angabe der bisherigen Tätigkeit, Zeugnissen u. Referenzen an

Tobis-Industrie-Gesellschaft m.b.H.

[527] Produktionsbüro Tempelhof, Oberlandstr. 33

Für die Konstruktion von Apparaten für Hoch- und Höchstspannungs-Anlagen wird

geeignete Persönlichkeit

gesucht. Die Stellung ist selbständig und aussichtsreich.

Herren, welche auf diesem Gebiete über erfolgreiche Tätigkeit und Erfahrungen verfügen, wollen ausführliche Bewerbungen einreichen unter **E. 464** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9.

Für **Verkaufsabteilung** wird junger, energischer, verhandlungsgewandter

Diplomingenieur

gesucht. Gründliche Kenntnisse der Herstellung von

Hochspannungs-Bleikabeln

u. Erfahrungen im Bearbeiten von kombinierten Anlagen werden verlangt. Erfolgreiche Tätigkeit bei Großinstallationswerken ist erwünscht.

Handschriftliche Bewerbungen mit Lebenslauf, Lichtbild, Zeugnisabschriften, Angabe von Referenzen, Gehaltsansprüchen und frühestem Eintrittszeitpunkt unter **E. 492** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin 9, erbeten.

Kleine Anzeigen

in der

ETZ

verbürgen

größten Erfolg!

Ingenieur

des Maschinenbaufaches und der Elektrotechnik zur Unterstützung des Oberingenieurs gesucht. Herren mit Kenntnissen in Starkstromtechnik und von Hafenkränen bevorzugt.

Bewerbungen m. Lebenslauf, Zeugnissen und Gehaltsansprüchen bis 15. Juli. [506]

Stettiner Hafengesellschaft m. b. H.

Stettin-Freibezirk.

Vorstellung zunächst zwecklos.

Fortsetzung auf Seite 34.

Zur gefl. Beachtung!

Die immer häufiger werdenden Klagen über Einbehaltung von Lichtbild, Zeugnisabschriften usw. seitens der inserierenden Firmen veranlassen uns zu der dringenden Bitte, den wirtschaftlich oft sehr bedrängten Stellesuchenden, falls sie nicht zur engeren Wahl gezogen sind, sämtliche Bewerbungsunterlagen unter Angabe der Chiffre unaufgefordert stets sofort zurückzusenden.

VERLAG UND EXPEDITION DER ELEKTROTECHNISCHEN ZEITSCHRIFT

Digitized by Google

KREUZER-ANLASSER

Nr. 14

GLOCKENLÄUTER

D. R. P.

Der Läute-Apparat arbeitet völlig automatisch; es sind keine von der Glocke gesteuerte Betätigungsmittel erforderlich. Ingangsetzen und Abstellen der Glocke erfolgt durch normalen Hebelschalter.

ALBERT KREUZER, ING.

Fabrik elektr. Widerstände, Berlin-Schöneberg 1

MÜLLER & ZIEGLER

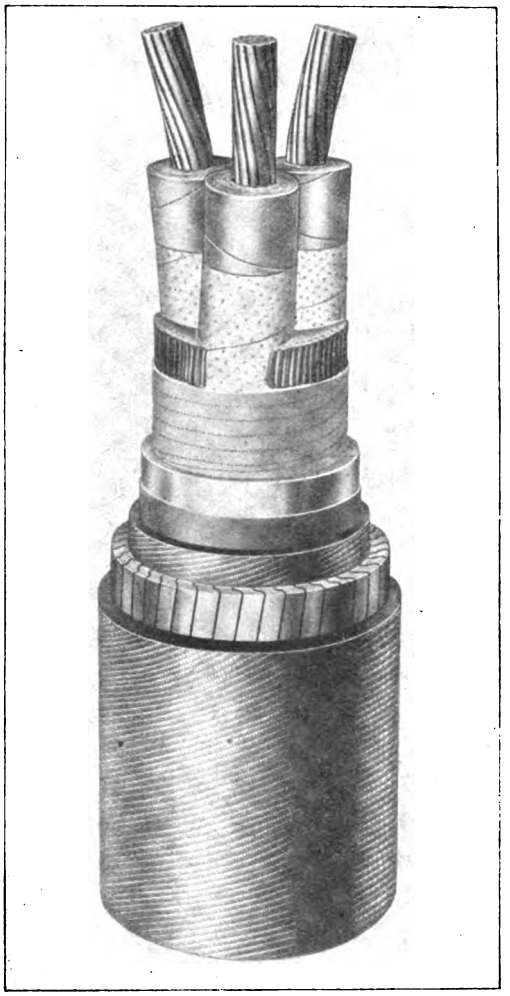
Fabrik elektr. Meßgeräte / Katzwang bei Nürnberg

Wir fabrizieren:

Elektromagnetische Schalttafelinstrumente für Gleich- u. Wechselstrom, Präzisions-Drehspul-Schalttafelinstrumente, Milliamperemeter für Laboratorien u. elektromedizinische Zwecke, tragbare Volt- und Amperemeter, Wattmeter, Rohrstutzeninstrumente, Meßbrücken, Ohmmeter, Isolationsmesser, Kurbelinduktoren, Galvanoskope, Radio-Instrumente usw.

Verlangen Sie bitte unseren neuen Katalog!

Vertreter an verschiedenen Plätzen Deutschlands gesucht!



Höchstspannungskabel

glimm- und strahlungsfrei

nach D.R.P. Nr. 288 446 usw.

Dreimantelkabel

S K W S K W

Verlegung vollständiger Kabelnetze

Fachberatung kostenlos

Süddeutsche Kabelwerke Mannheim

Digitized by Google

Rheinische Fabrik isolierter Leitungen und Bleikabelwerk sucht zum sofortigen Eintritt energischen, selbständigen

Ingenieur

als verantwortlichen Betriebsleiter. Neben d. selbstverständlichen intensiven Kenntnis der Branche werden Kenntnisse der neusten Arbeitsverfahren und modernsten Organisation verlangt. Es wird Wert auf eine Persönlichkeit gelegt, die auf dem Gebiet der Menschen-Ökonomie Geschick und Erfahrung besitzt. Bewerbungen unter Hinzufügung von Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen einzusenden unter **E. 524** an d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Verkaufsleiter

Zur Leitung umfangreicher Verkaufsabteilungen für elektrotechnische Kleinfabrikate (Motoren, Schaltmaterial, Leitungsmaterial, Glühlampen usw.) für verschiedene Bezirke gesucht.

Herren, die hervorragende Verkaufserfolge in der Branche, entsprechende Materialkenntnisse und die Befähigung zur Leitung der Akquisition nachweisen können, wollen ausführliche Bewerbung unter Beifügung von Lichtbild, selbstgeschriebenem Lebenslauf und lückenlosen Zeugnisabschriften, sowie Angabe von Referenzen, frühestem Eintrittstermin und Einkommensforderungen einreichen. (489)

Brown, Boveri & Cie.
Aktiengesellschaft,
Mannheim-Käfertal
Abt. Vau.

Für die Überwachung der Hoch- und Niederspannungsanlagen eines Teiles unseres Stromversorgungsnetzes und für die Akquisition von elektrischen Anlagen wird ein

zuverlässiger Ingenieur

mit abgeschlossener Fach- oder Mittelschulbildung, im Alter von etwa 30 Jahren, zum alsbaldigen Eintritt gesucht. Der Bewerber muß verheiratet sein; Dienstwohnung ist vorhanden.

Gehaltsansprüche und Referenzen erbeten an:

Kraftversorgung Rhein-Wied A.G.,
Neuwied, Engerserlandstr. 36 - 38.

Ingenieur

mit Sitz in Coburg übernimmt Vertretungen jeder Art. Auto für Reise vorhanden. Gefl. Angebote unt. **E. 519** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ. Berlin W 9, erbeten.

Wir haben die **Vertretung** unserer

Akkumulatorenfabrik

für Berlin und die Provinz Brandenburg

zu vergeben und bitten geeignete Bewerber, die über hinreichende Fachkenntnisse und Verkaufserfahrung auf dem gesamten Akkumulatorengebiete verfügen, sich mit uns in Verbindung zu setzen.

Gewerkschaft Carl, Bochum. [476]
Abt. Akkumulatorenwerk.

Für Nordbayern, Frankfurt/Oder, Stettin, Bremen u. Königsberg/Pr. gut empfohlene

Vertreter

für unsere

Beleuchtungsgeräte

gesucht. Gefl. Angebote bitten wir unter **E. 525** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9, zu richten.

Seit 12 Jahren **bestehende Fabrik elektrot. Spezialartikel für Bergbau u. Industrie,** sehr gut für ca. 50 Arb. eingerichtet, geschäftl. günstig u. landschaftl. schön in rhein. westf. Industriebez. gelegen, mit Wohnhaus, soll Fam.-Verh. halber **verpachtet oder verkauft** werden. Äeußerst günstige Bedingungen sichern tüchtigem

Fachmann gute Existenz

Zuschr. erb. unt. **E. 523** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Fachliteratur [5183] gegen **Teilzahlungen** liefert **Walter Pestner,** Buchhandlung, **Leipzig 3.**

Wir bitten bei Einkäufen u. Bestellungen auf die

E T Z

Bezug zu nehmen!

Ingenieure, bei niederschlesischen EW's usw. gut eingeführt, suchen **Vertretung** allererster Spezialfabrik für

Schaltanlagen

Hoch- und Niederspannungs-Apparate. Offert. unter **E. 515** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Konstruktionen u. Berechnungen

von genormten Dreh- u. Gleichstrommaschinen bis 15 PS, auch größere älterer Ausführung, **sofort zu verkaufen.** Modelle und Schnitte zum großen Teil vorhanden.

Gefl. Anfragen bitten zu richten an

Elektromotorenwerke Heidenau, G. m. b. H., Heidenau-Süd. [505]

Beteiligung

Junger arbeitsfreudiger Dipl.-Ing. der Elektrotechnik, Examen T.H. Berlin, spezielle Erfahrung auf dem Gebiet der Fernmeldetechnik und des Installationswesens, Führerschein 1 u. 3 b, sucht entsprechende Stellung mit Beteiligung bis zu 20 Mille. Angebote u. **E. 418** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9, erb.

Für den Vertrieb

unserer Erzeugnisse, Leuchten und Kabelgarnituren, suchen wir **fachkundige Herren** als Platz- bzw. Bezirksvertreter für: **Hamburg, Lübeck, Kiel, Rostock, Stralsund, Stettin, Breslau, Dresden, Chemnitz, Erfurt, Cassel, Nürnberg, Augsburg, Würzburg, Stuttgart, Gießen, Münster, Osnabrück, Bremen, Wesermünde, Hannover, Braunschweig, Magdeburg, Siegen.** Angebote erbeten unter E. 512 a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Digitized by Google

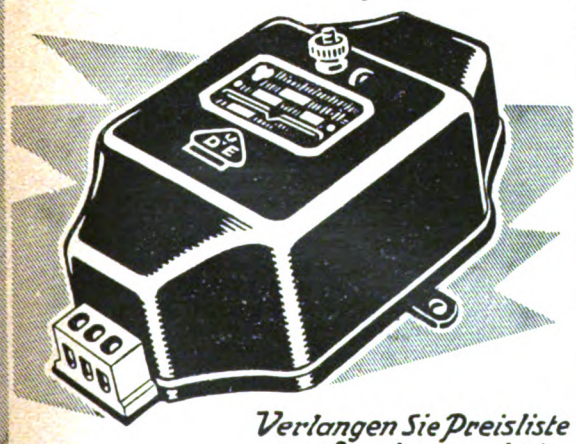
ADEBAHR

Das älteste Spezialwerk für:
SEIDENDRÄHTE
LACKDRÄHTE
BAUMWOLLDRÄHTE
LITZEN
SCHNÜRE
SPULEN

VOGEL
DRAHT-UND KABELWERKE A-G
BERLIN-ADLERSHOF
GEGR. 1858

GEYER

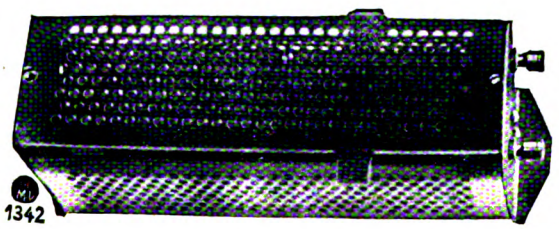
C.G.N. KLINGEL-TRANSFORMATOREN
0,5 u. 1 Amp. für alle Spannungen.



Verlangen Sie Preisliste und Sonderangebote.

CHRISTIAN GEYER ELEKTROTECHNISCHE FABRIKEN NÜRNBERG

Schiebewiderstände



Solide Bauart bei gefälliger Form. Festes, auch an der Rückwand geschlossenes Gehäuse. Doppelt geführter Schieber.

Man verlange Liste 7/33.

Anlasser, Regelwiderstände, Saalverdunkler, Kontroller, Schallwalzenanlasser, jede Art Spezialwiderstände, Kleintransformatoren, Kinotransformatoren für Glühlampen-Projektion.

Man verlange Preislisten oder Sonderangebot.

Max Levy
G. m. b. H.
Berlin N. 65 W, Müllerstr. 30 B

Digitized by Google

Elektrische
Schweißausführungen
Garantie-Schweißung
Dampfkessel, Rohrleitungen, Schiffbau,
Eisen-, Hoch- und Brückenbau,
Maschinenbau, Fahrzeuge
Reparatur-Werkstatt
Dipl.-Ing. G. Lunitz
Charlottenburg 9, Rognitzstr. 25 C3 Westend 2683
Montagearbeiten an allen Orten im In- u. Ausland

Bei der Schriftleitung der „ETZ" eingegangen:

Bücher.

Eiserne Gittermaste für Starkstrom-Freileitungen. Berechnung und Beispiele von W. Taenzer. Mit 209 Textabb. u. VI u. 65 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1930. Preis kart 13,50 RM.

Sonderdrucke.

Miscellaneous publications of the Bureau of Standards, Washington. Nr. 102 v. 30. VI. 1929: Annual report of the director of the Bureau of Standards to the secretary of commerce. Nr. 95 v. 12. IX. 1929: Protection of electrical circuits and equipment against lightning.

Sensitivity of a galvanometer as a function of its resistance. Von H. B. Brooks. Research Paper (Nr. 150) of the Bureau of Standards, Washington. Bureau of Standrds Journal of Research Bd. 4. Febr. 1930.

Über die Sendecharakteristik von Flugzeugschleppantennen. Von G. Sudeck. 171. Bericht der Dt. Versuchsanstalt f. Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof, Abt. f. Funkwesen u. Elektrotechnik. Jahrb drahtl. Telegr. Bd. 35, H. 3. Verlag M. Krayn, Berlin.

Engineering Achievements 1929. Herausg. v. Westinghouse Electric & Manufacturing Company, East Pittsburgh, Pa. Druckschr. Nr. 1717-D v. 31. XII. 1929.

Programm der Plenar-Sitzung vom 27. VI. bis 9. VII. 1930 der Internationalen Elektrotechnischen Commission in Stockholm.

Studies on dicharge. Von Dr.-Ing. Y. Toriyama, Sapporo, Japan 1929. Memoirs of the Faculty of Engineering, Hokkaido Imperial University, Bd. 2, H. 2.

Some applications of the surface charge figure. Von Dr.-Ing. Y. Toriyama u. U. Shinohara, Sapporo, Japan 1929. Memoirs of the Faculty of Engineering, Hokkaido Imperial University, Bd. 2, H. 2.

Listen und Drucksachen.

Franz Baumgartner, Fabrik elektr. Apparate, Köln-Klettenberg. Sammelkatalog 1930 über Relais, Drosselspulen, Kipphebelschalter, Thermostaten, Kontaktthermometer, Fernschaltung von Beleuchtungsanlagen, Lichtsignale.

[Die Listen geben Aufschluß über die von der Firma hergestellten Quecksilberrelais und ihre zahlreichen Anwendungen. Besonders interessant ist die Fernschaltung von Beleuchtungsanlagen mittels Schwachstromsteuerung, wie sie von der Firma für die öffentliche Beleuchtung in Köln ausgeführt wurde.]

SONDER-ANGEBOT
für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins.

Der Elektrotechnische Verein e.V. hat vor einiger Zeit den Band II seiner »Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik« veröffentlicht, nämlich:

»Geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik«
von Dr.-Ing. E.h. **Max Vogelsang**

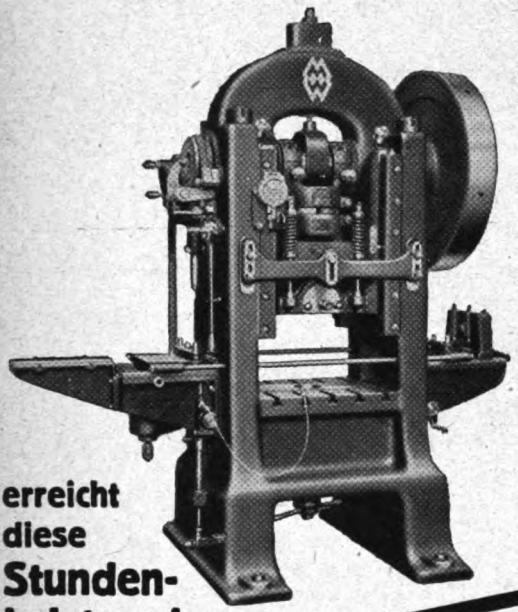
Von diesem Buche kann noch eine geringe Anzahl von Exemplaren zu **ermäßigtem** Preise abgegeben werden.
Der Verfasser, der auf dem Gebiete der Hochspannungsschalttechnik von Anfang an und bahnbrechend mitgearbeitet hat, behandelt — auf 176 Seiten mit 252 Abbildungen — den Stoff von dem Geburtsjahr der Hochspannungstechnik 1886 an bis etwa 1914. Seine Darstellung atmet daher die Frische persönlichen Erlebens, ohne daß dadurch das objektive Erforschen der Quellen (vor allem in- und ausländischer Zeitschriften und Patente) vernachlässigt worden wäre. Das Buch — vom Verlag Julius Springer schön ausgestattet — läßt in knapper und fesselnder Darstellung teilnehmen an dem nie ruhenden Kampfe gegen den Kurzschluß, der in der Hochspannungs-Schalttechnik ausgekämpft wird, und gibt so einen Ausschnitt aus dem allgemeinen Ringen um den Fortschritt in der Elektrotechnik. Bei den älteren Fachgenossen wird das Buch manche Erinnerung an vergangene Zeiten wachrufen, für die jüngeren bietet sein reicher Inhalt eine wertvolle Quelle der Anregung und Belehrung.
Wir bitten um **recht baldige Bestellungen an die Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118a II,** da die geringe Anzahl bald vergriffen sein dürfte. Die Exemplare werden zum **Preise von 11.— RM für das broschierte und 11.70 RM für das gebundene Exemplar** abgegeben

ELEKTROTECHNISCHER VEREIN
Der Generalsekretär:
Dr. *Schmidt*

Digitized by Google

Nur unser

Hochleistungs-Stanzautomat



erreicht diese **Stunden-Leistung!**

14 000 Stück aus 0,4 mm Stahlblech

16 000 Stück aus 1 mm Eisenblech

12 000 Stück aus 0,8 mm Messingblech

je 10 000 Stück aus 0,5 mm Transformatorenblech

je 12 500 Stück aus 0,5 mm Transformatorenblech

Drucksachen stehen zur Verfügung

Maschinenfabrik WEINGARTEN

vorm. Hch. Schatz A. G. Weingarten, Württemberg

Wofür bürgt dieses Zeichen?

PGCO

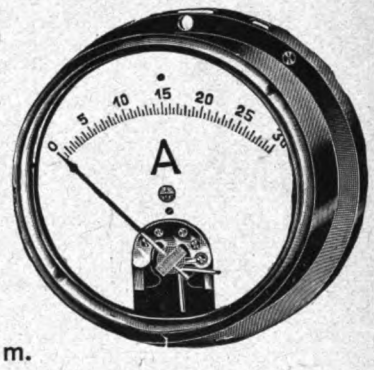
Für:

Präzision
Stabile Ausführung
Preiswürdigkeit
Formenschönheit

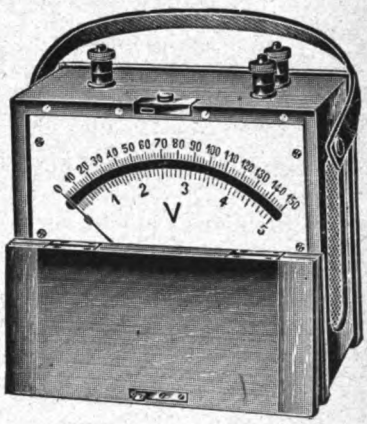
unserer

Schalttafel-Instrumente

für
Ein- u. Aufbau
als Voltmeter
Ampèremeter
Wattmeter
Frequenzmesser
Vibrationstachometer
Erdschlußanzeiger u.a.m.



Laboratoriums-Meßgeräte
ebenfalls für obige Zwecke mit Drehspul-, Dreheisen- und Elektrodynamischem Meßwerk usw.



Fordern Sie Listen und Angebot über die Instrumente, die Sie interessieren, von der Firma:

P. Gossen & Co.

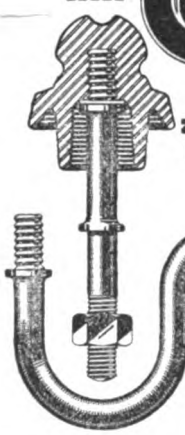
Fabrik Elektr. Meßgeräte, Erlangen

Digitized by Google

Starkstrom-Bleikabel
für
Hoch- u. Niederspannungen
Nach den Normalien des VDE

Callender Kabel Gesellschaft
m. b. H.
HAMBURG 1

ISOLATOR-STÜTZEN
mit **CORDEAUX-GEWINDE**



zum unmittelbaren Aufschrauben der mit entsprechendem Gewinde versehenen Isolatoren nach DIN VDE 8000

Vorzüge:
Die Isolatoren werden auf die Stützen mittels eines grobgängigen Gewindes (Cordeauxgewinde) aufgeschraubt.

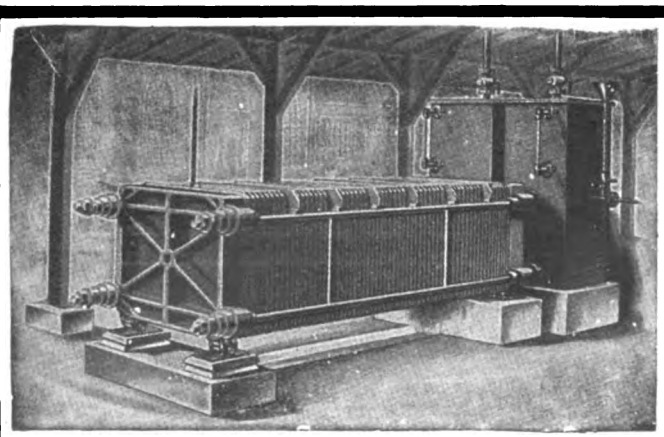
Vorteile:
Zeitersparnis
Vermeidung des Platzens der Isolatoren.
Billigere Verpackung.

Gebr. Hannemann & Cie.
G. m. b. H.
Düren (Rhld.)

Anlasser

jeder Art und Größe — für alle Stromarten

Schaltapparate - Gesellschaft
m. b. H.
Draht-Anschrift: »Anlasser« **Eisenach-7** Fernsprecher: Nr. 1509 und 1554



ELEKTROLYTISCHE WASSERSTOFF-, SAUERSTOFF-GEWINNUNGS-ANLAGEN

MASCHINENFABRIK SÜRTH
ZWEIGNIEDERLASSUNG der Ges. für LINDE'S EISMASCHINEN
SÜRTH / KÖLN

Digitized by Google

Selbstanlasser

Schütze, Motorschutz, Notlichtschalter, Druckregler, Thermostate Elektroventile

gutgekapselt

METZENAUER & JUNG ELBERFELD

Spezialfabrik automatischer Schaltapparate

KABEL- u. GUMMIWERKE A.G.

EUPEN

Dampfarmaturen

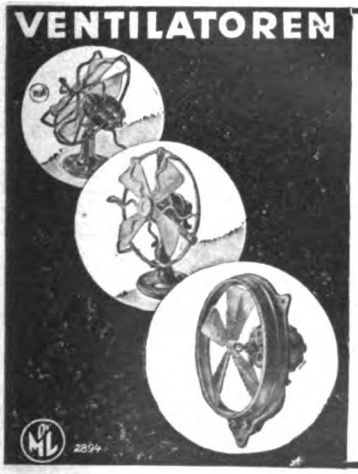
Reuther - Patentventile, Dreiwegventile, Rückschlag- und Schlammablaß-Ventile, Sicherheits-, Auspuff- und Klappventile, Stopfbuchsrohre, Scharnierrohre, Drosselklappen, Wasserabscheider, Kondenstöpfe, Durchgangs-, Stopfbuchs- und Dreiweghähne, Bleiarmaturen für Säuren, Laugen usw.

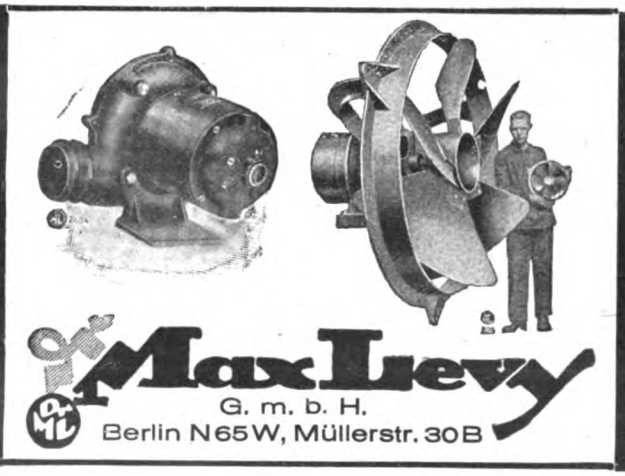
BOPP & REUTHER

G. m. b. H. / Mannheim-Waldhof

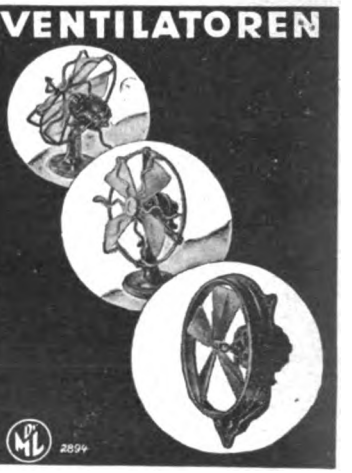
Man verlange Katalog Nr. 60 Aw.

VENTILATOREN





VENTILATOREN



Max Levy

G. m. b. H.

Berlin N 65 W, Müllerstr. 30 B

Digitized by Google

Selektivschutz

Grundlagen zur selektiven Erfassung von Kurzschluß, Erd- und Doppelerdschluß auf Grund der räumlichen Verteilung von Strom und Spannung

Von Dr.-Ing. **Fritz Kesselring.** Mit 154 Textabbildungen. V, 181 Seiten. Juni 1930.
RM 17.50; gebunden RM 19.—

Das Buch geht von dem Gedanken aus, daß die Grundlage für jedes Schutzsystem in einer möglichst umfassenden Kenntnis der bei einer Störung in einem Netz sich abspielenden Vorgänge besteht. Deshalb wurde das Schwergewicht auf die Berechnung der Strom- und Spannungsverteilung längs eines Leitungssystems bei Kurzschluß, Erd- und Doppelerdschluß gelegt. Die abgeleiteten Formeln zur Ermittelung dieser Größen sind jeweils am Schlusse des betreffenden Kapitels, vereinigt mit der zugehörigen Berechnungsvorschrift, zusammengestellt, wodurch ihre Anwendung vereinfacht und auch demjenigen ermöglicht wird, der die Ableitung der Formeln nicht verfolgt hat. Unter Hinzuziehung des ersten Kapitels, in welchem die Konstanten eines Mehrleitersystems exakt definiert werden, wobei auch die eigenartige Rolle der Erde als räumlicher Leiter berücksichtigt wird, stellt dieser Teil des Buches eine allgemeine Grundlage der Berechnung gestörter Netze dar.

Darüber hinaus gibt es auf viele andere Fragen, wie Beanspruchung des Netzes, Schaltleistung an den verschiedenen Netzpunkten, Spannungsverlagerung, Erdschlußkompensation, Vorgänge in Synchronmaschinen und Transformatoren usw. eine Antwort.

Die Kapitel über die Theorie der Relais wenden sich speziell an den Relaiskonstrukteur. Die Betrachtungen dieser Kapitel sollen eine Grundlage für die rechnerische Behandlung von Relaisproblemen darstellen und dem Relais-Techniker zeigen, auf welche Weise man auch anscheinend sehr komplizierte Aufgaben in einfacher Weise lösen kann.

Um schließlich auch dem projektierenden Ingenieur eine Unterlage für seine Arbeiten zu geben, wurde im letzten Kapitel ein Schulbeispiel durchgerechnet, in dem alle Gesichtspunkte angeführt sind, die bei der Projektierung eines Selektivschutzes für Kurzschluß, Erd- und Doppelerdschluß beachtet werden müssen.

Die Relaissteuerungen der modernen Starkstromtechnik.

Von **Reinhold Rüdenberg,** Dr.-Ing. und Dr.-Ing. e. h., Chefelektriker der Siemens-Schuckertwerke, Honorarprofessor an der Technischen Hochschule, Berlin. Mit 125 Textabbildungen. IV, 79 Seiten. Erscheint Ende Juni 1930. Steif geheftet etwa RM 7.50.

Der Verfasser behandelt eines der modernsten Gebiete der Starkstromtechnik, das sich in wenigen Jahren einen maßgebenden Platz in allen Zweigen dieses Faches gesichert hat. Durch Anwendung von Relaissteuerungen entlastet man den Menschen von vielen schwierigen und subtilen Funktionen, die nunmehr schneller, besser und mit größerer Präzision ausgeführt werden können. An Stelle eines eingehenden Lehrganges, der einen recht großen Umfang annehmen würde, hat der Verfasser versucht, den Leser durch eine erhebliche Zahl von Beispielen von den einfachsten bis zu den verwickeltsten Relaissteuerungen zu führen und ihm zu zeigen, an welchen Stellen unserer praktischen Betriebe solche Anordnungen mit Nutzen verwendet werden.

Relais und Schutzschaltungen in elektrischen Kraftwerken und Netzen.

Vorträge von Oberbaurat Direktor **A. Rachel,** Dresden; Professor Dr.-Ing. **R. Rüdenberg,** Berlin; Oberingenieur Dr.-Ing. **M. Schleicher,** Berlin; Oberingenieur Dr.-Ing. **E. Sommer,** Dresden; Oberingenieur **O. Mayr,** Berlin; Chefelektriker Dr.-Ing. **E. Rühle,** Berlin; Direktor **M. Neustätter,** Berlin. Veranstaltet durch den Elektrotechnischen Verein E. V. zu Berlin, in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule zu Berlin. Herausgegeben von **Reinhold Rüdenberg,** Dr.-Ing. und Dr.-Ing. e. h., Chefelektriker der Siemens-Schuckertwerke, Honorarprofessor an der Technischen Hochschule zu Berlin. Mit 336 Textabbildungen. VIII, 281 Seiten. 1929. Gebunden RM 25.50

Kurzschlußströme beim Betrieb von Großkraftwerken.

Von Dr.-Ing. und Dr.-Ing. e. h. **Reinhold Rüdenberg,** Chefelektriker der Siemens-Schuckertwerke, Honorarprofessor an der Technischen Hochschule zu Berlin. Mit 60 Textabbildungen. IV, 75 Seiten. 1925. RM 4.80

Erdströme.

Grundlagen der Erdschluß- und Erdungsfragen. Von Dr.-Ing. **Franz Ollendorff,** Charlottenburg. Mit 164 Abbildungen im Text. VIII, 260 Seiten. 1928. Gebunden RM 20.—

Der Erdschluß und seine Bekämpfung.

Von Dr.-Ing. **G. Oberdorfer,** Privatdozent an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 115 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. VI, 165 Seiten. 1930. RM 12.50

VERLAG JULIUS SPRINGER, BERLIN UND WIEN

Digitized by Google

Elektrische Präzisions-Meßinstrumente

Für Laboratorien

„Nadir"

Für Betriebe

Einbau- und Schalttafel-Geräte
Röhren-Voltmeter
Röhren-Prüfgeräte
Messbrücken, Ferntachometer
Zeiger-Dynamometer

Nadir-Abteilung der Deuta-Werke
Berlin SO 36, Oranienstr. 25

Die neue Form

unseres Fernthermometers zeichnet sich durch ruhige, geschmackvolle Linienführung aus. Gefällig fügt es sich jeder architektonischen Raumwirkung ein. Für das Büro, für Hotels und Restaurants, für Theater, Konzert- und Festsäle ist eine zentralisierte

Fernthermometer-Station

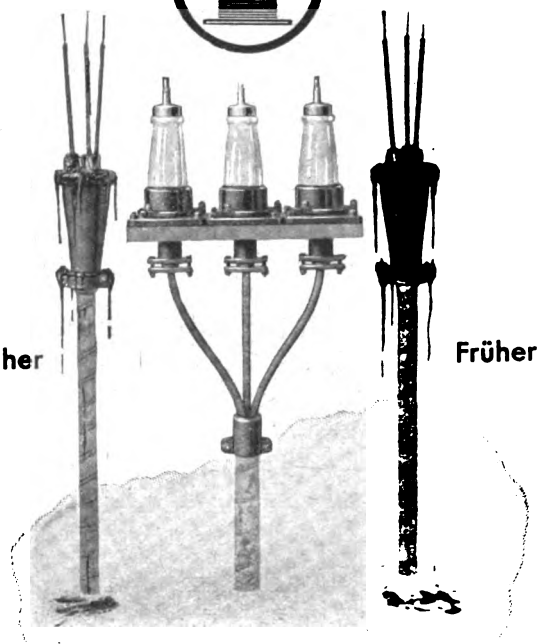
zur Temperatur-Kontrolle eine ebenso nützliche wie notwendige Einrichtung. Der Heizer beobachtet und regelt von seinem Arbeitsplatz aus die Temperatur in allen Räumen. Es werden ihm unnütze Gänge erspart, zumal es oft nicht erwünscht ist, daß das Betriebspersonal die beheizten Räume betritt

ASKANIA

Unsere Druckschrift 2740 steht kostenlos zur Verfügung

ASKANIA-WERKE A.G.
BAMBERGWERK
BERLIN FRIEDENAU
KAISERALLEE 87/88

Dreileiter- **Endverschluß**



Vergleiche Vogel Mitteilungen Nr. 3 vom Februar 1929

C. J. Vogel · Draht- u. Kabelwerke
Aktiengesellschaft
Berlin-Cöpenick

ISOLA

ERZEUGNISSE
seit 20 Jahren bewährt:

Carta Platten·Rohre·Formstücke
Mikanit in allen Abarten
Durax (D.R.P. Nr. 442343) Preßmaterial für höchste Beanspruchung.
Isolierstoffe »Imperial«
Ölleinen
Ölseide · Ölpapier
Imperial-Isolierlacke
von
höchster Zuverlässigkeit

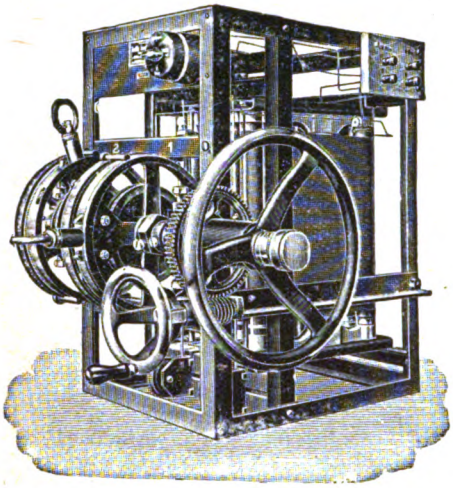
ISOLA WERKE A.G.
BIRKESDORF · DÜREN RHLD.

ISOLA WERKE A.G. DÜREN-BIRKESDORF

SEIT ZWANZIG JAHREN ISOLA-ERZEUGNISSE

Digitized by Google

Bühnen-Regulatoren
D. R. P.

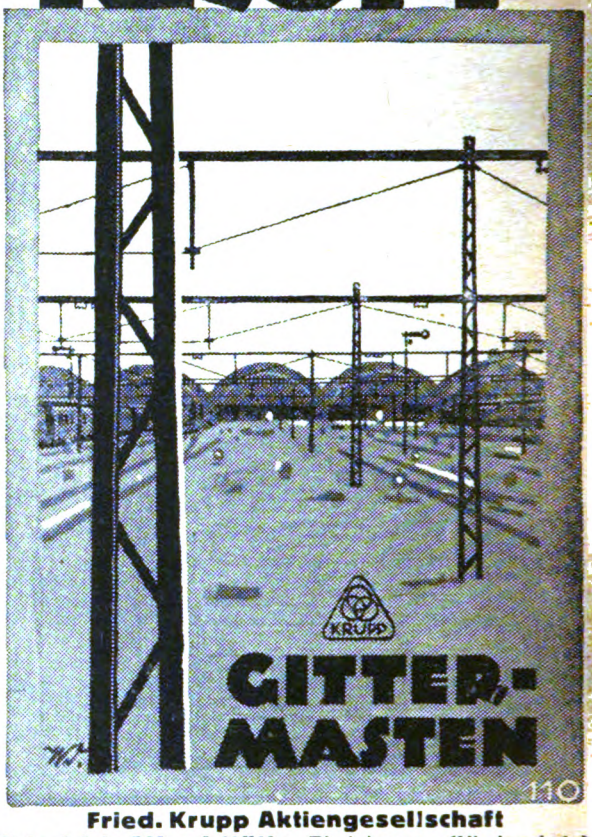


Saalverdunkler,
Rampen- und Soffittenkörper

Verlangen Sie unsere Liste H

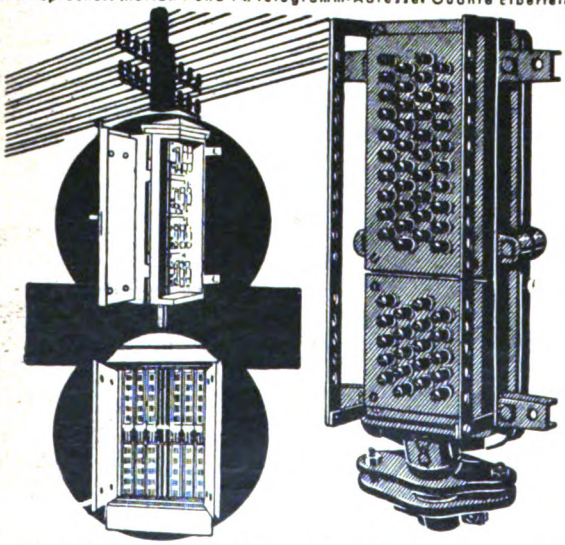
Elektro-Schalt-Werk A. G.
Göttingen 4

KRUPP



Fried. Krupp Aktiengesellschaft
Friedrich-Alfred-Hütte, Rheinhausen (Niederrhein)

Wilh. Quante
ELBERFELD
Fabrik für Telegraphen-Baumaterialien und Apparate
Fernsprecher: Morlan 1 und 14. Telegramm-Adresse: Quante Elberfeld



Älteste und größte Spezialfabrik für Fernmeldekabel-Abschlußgerät.

Hochfrequenz-Strahlapparat **Violetta**
mit VDE-Zeichen, mit sicherem Rundfunk-Störschutz, nach Dipl.-Ing. O. Gerhardt
Fordern Sie Angebot!

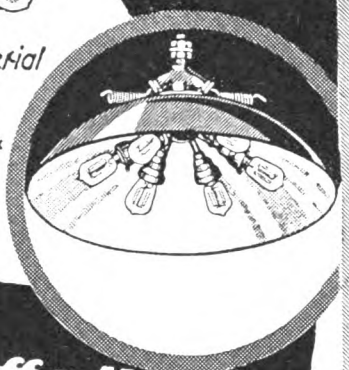
VELMAG
VEREINIGTE FABRIKEN ELEKTRISCHER MESSINSTRUMENTE UND APPARATE
LEIPZIG 132 O 27

Digitized by Google

Sonnenbrenner

ohne und mit regendichter Armatur

Schleifleitungsmaterial
Stromschienen
Stromabnehmer
Schleifringkörper
Kabeltrommeln
Anschlußkontakte



B&H

Bischoff & Hensel
ELEKTROTECHNISCHE FABRIK AKTIENGESELLSCHAFT
Mannheim

BAMAG

Elektro-Flaschenzüge
Bauart Professor Gensel
D. R. P.

sparen Zeit und Geld
in der Elektro-Industrie

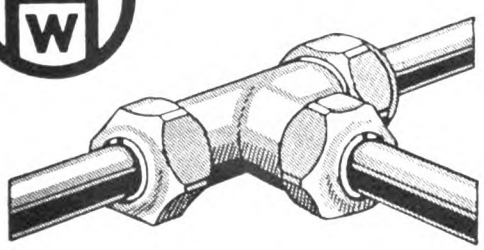
Einfache Bauart, Getriebe aus nur 4 Zahnrädern. Selbsttätige Schmierung des Getriebes durch Oelbad, also keine zu Betriebsstörungen Anlaß gebende Staufferschmierung

BAMAG

Berlin-Anhaltische Maschinenbau Aktiengesellschaft Dessau
Zweigniederlassung der Bamag-Meguin Aktiengesellschaft

KONZENTRISCHE KLEMMEN

J W



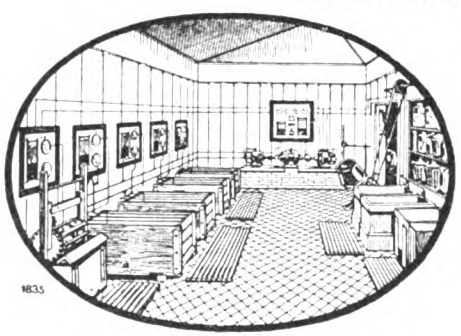
JETZT BIS
30 m/m LEITUNGS Ø

SICHERE KLEMMWIRKUNG
KEINE LOCKERUNG DER MUTTERN

J. WILHELM HOFMANN
KÖTZSCHENBRODA-DRESDEN

Galvanische Anlagen

zum
Vernickeln, Verchromen, Vermessingen
usw.

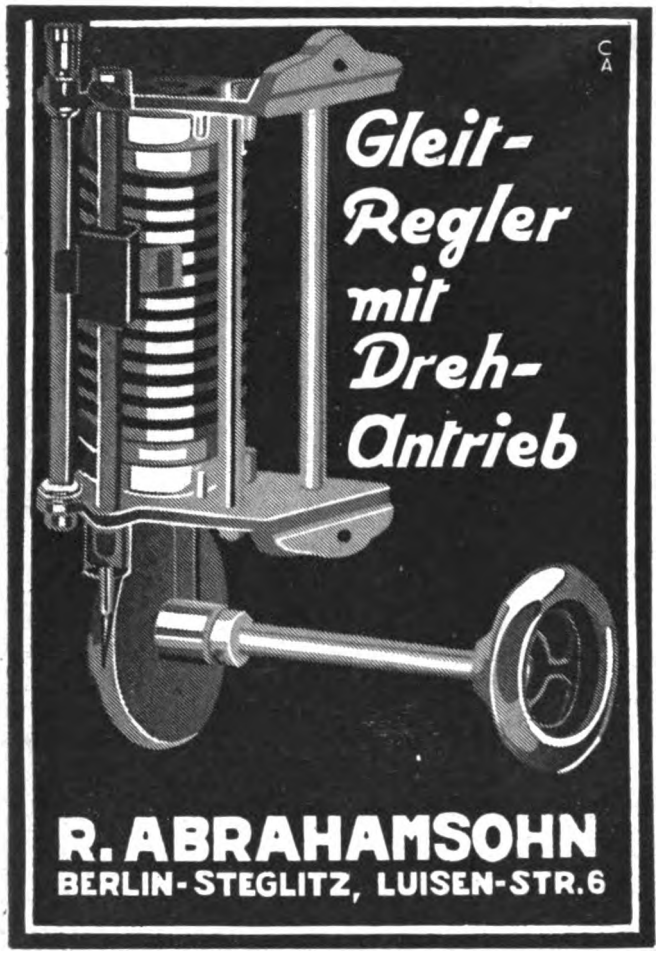


Neuzeitliche galvanische Anlage

Alle Maschinen, Apparate, Verbrauchs-Materialien usw. für Galvanotechnik

Langbein-Pfanhauser-Werke A-G
Abt. 26, Leipzig O 28
Spezialfabrik für Galvanotechnik, Dynamo- und Maschinenbau

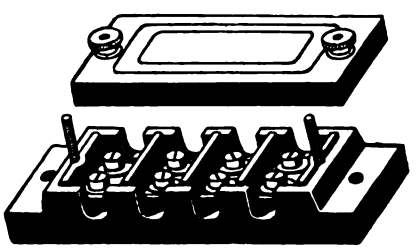
Digitized by Google



Westfalia

Ramesohl & Schmidt ĝ Oelde
Westfalen

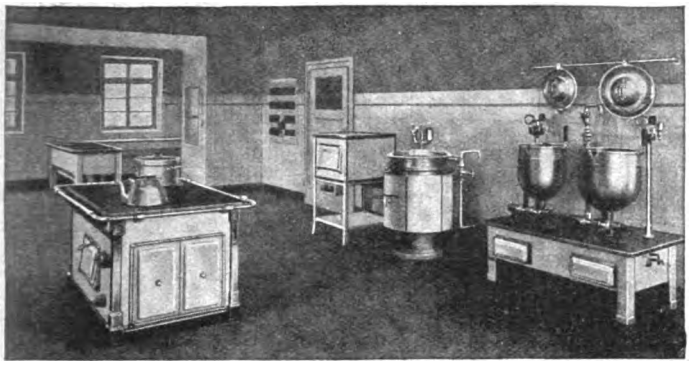
RICOLIT
Typen-
Isolier-Preßmaterial
Formstücke und Platten



Motoren-Klemmbretter
mit und ohne eingepreßte Metallteile

Süddeutsche
Isolatorenwerke
G. m. b. H.
FREIBURG i. B.

Digitized by Google



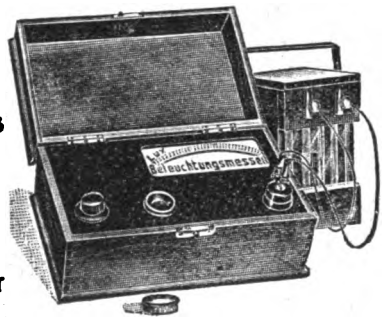
Elektrische Küchen

unübertroffen
leistungsfähig
betriebssicher
und
wirtschaftlich

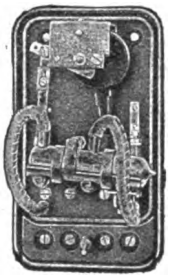
Neue
Druckschriften
vom

SENKINGWERK HILDESHEIM

Gans & Goldschmidt
Elektrizitätsgesellschaft m.b.H. • Gegr. 1897
Spezial-Fabrik
elektr. Meßgeräte,
Widerstände und
Schalttafeln
BERLIN N 65
Müllerstraße 10



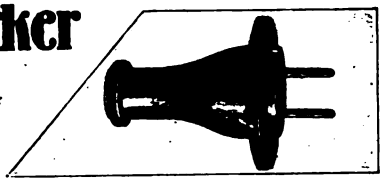
Direkt zeigender
Beleuchtungsmesser



Relais für Stark- u.
Schwachstromanlagen
Type „RQ"

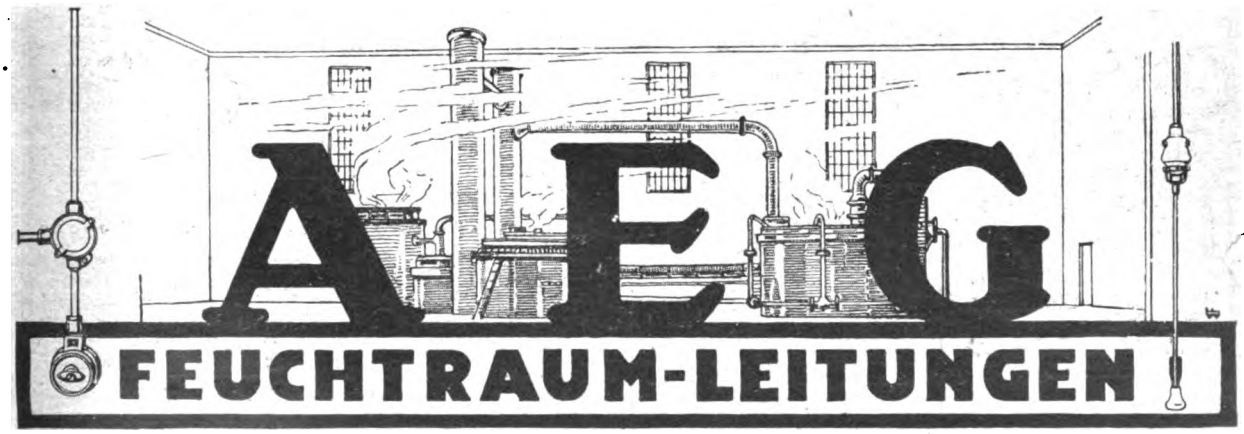
RELAIS
FÜR
Stark- und Schwachstrom-Anlagen
In jeder Ausführung liefert als Spezialität
Paul Schröder
FEUERBACH - STUTTGART

Der hat gefehlt!
der bruchsichere
R-Stecker
D. R. G. M.
Der Tellerpuffer
schützt Stecker
und Stifte

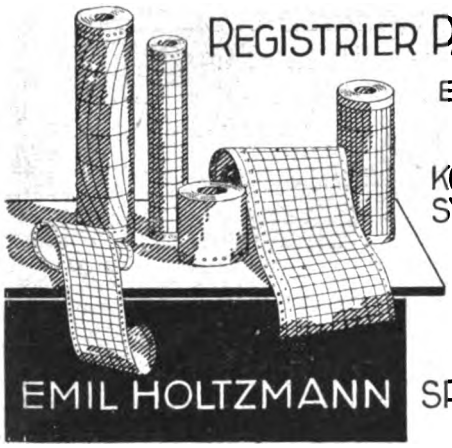


Ernst Rademacher Düsseldorf 5

Gebr. Heyne G.m.b.H.
Offenbach a. M.
Metallschraubenfabrik
Façondreherei
Gegr. 1869 · 800 Arbeiter und Beamte
1800 Arbeitsmaschinen
Größte Spezialfabrik der Branche
Präzise Ausführung, billige Preise, rasche Lieferung



Digitized by Google



REGISTRIER PAPIERE IN ENDLOSEN ROLLEN FÜR ALLE KONTROLL-SYSTEME

EMIL HOLTZMANN SPEYER a/Rh.

KUGELLA

VORM. MAX ROTH G. M. B. H.

MITTELSCHMALKALDEN

Post Wernshausen.

Wir fabrizieren in bester Qualität:

Fassungen

mit Berührungsschutz

Nr. 8203 N

Bt-Mignon- u. Normalfassungen
Zug-Drehschalt- u. Isolierstoffaseg.

Da haben Sie die R-Handlampe „Goliath" D.R.P. ang. D. R. G. M.

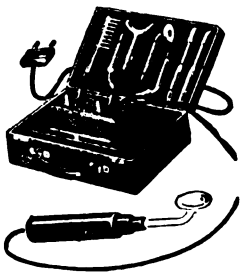
für ganz rauhe Betriebe

Unfallverhütend! Unverwüstlich!

Für Lampen bis 150 Watt

Ernst Rademacher

Düsseldorf 5



Hochfrequenz-Strahler Wapa

In verschiedenen Typen zur Spezialbehandlung fast aller Krankheiten.

Modernste Ausführung mit in eigener Presserei hergestelltem, hochwertigem, den V.D.E.-Vorschriften entsprechendem Isolier-Material.

Walter Fertsch & Co. m. b. H.

Elektro-Mechanische Fabrik, Jena.

Verlangen Sie unverbindlich unsere neuesten Druckschriften in Ihrer Landessprache

ETZ-ANZEIGER

Anhänge- u. Warnungsplakate

Vorschriftsmäßige

des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

J. ED. WUNDERLE

Mainz-Kastel

Man verlange Katalog

Gleitwiderstände

Kurbelwiderstände

fabriziert in allen Größen

C. SCHNIEWINDT G. m. b. H.

Elektrotechn. Spezialfabrik

Neuenrade / Westf.

RÖNTGEN-ANTIKATHODEN

WOLFRAM- KONTAKTE

ELEKTROMETALLWERK

BERLIN SO 36

Köllnisches Ufer 54

Reklame-Rechenschieber

alle Typen

v. 1.26 M. bis 100.— M. d. Stck.

DR. ING. SEEHASE,

BERLIN SO 36,

Elsenstr. 1.

Federn aus Bandstahl

Form- u. Blattfedern

Heintze & Blanckertz Berlin

Hochwertige Kondensatoren

für alle Zwecke

Normalien

RICHARD JAHRE

Spezialfabrik

für Kondensatoren

Berlin SO 16

Präzisions-holzwaren

für die gesamte Elektrotechnik, technischen, wissenschaftlichen Instrumentenbau, Feinmechanik, Radiogehäuse in sauberster präziser Ausführung,

AUGUST KOPPERMANN

Wilkau i. Sa. Gegr. 1884

Schilder

für alle Zwecke

Nürnberger Metallätzwerk

Lessinger & Heymann, Nürnberg

Firmen- u. Leistungsschilder

für [redacted]

sowie [redacted] und [redacted]

Patentanwalt Dr. O. Arendt

Berlin W 15

Kurfürstendamm 179

Vereid. Sachverständiger f. Elektrotechnik und gewerbl. Rechtsschutz f. Landger. III

Telefon: Oliva 3776

Digitized by Google

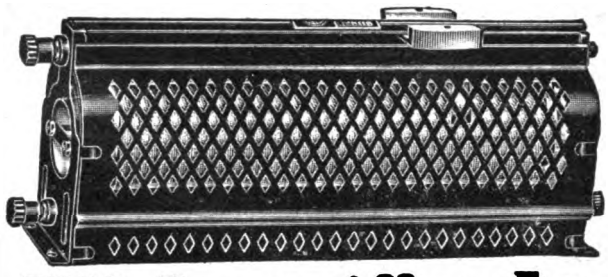
Berliner Patent-Treppenautomaten- u. Schaltuhrenfabrik
BUTTERMANN & SCHMIDT
BERLIN - NEUKÖLLN, Steinmetzstraße 45 a

Wir fabrizieren als Spezialität:
RELAIS
für alle technischen Zwecke

automatische Gasdruckschalter, Temperaturregler aller Art, Zeitschalter, Fernschalter, Motorschalter, Schaltuhren für alle Schaltmöglichkeiten

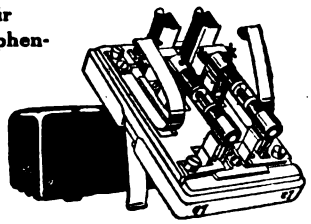
Spezialuhren für Geflügelfarmen

Tüchtige Vertreter gesucht



Widerstände
jeder Art
A. REICHARDT
Berlin N 31, Brunnenstr. 39
Tel.: Vineta 1230/50

Telephonapparate
Zubehörteile für Telephon-Telegraphen-Apparate
Spezialität:
Mikrotelephone
Blitzschutzsicherungen
Membra-Radio-Lautsprecher
Lieferanten vieler Behörden

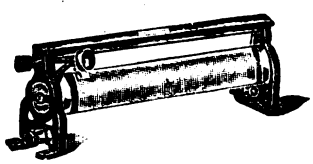


Konski & Krüger
Telephon- und Telegraphenbau
Berlin N 4, Chausseestr. 117

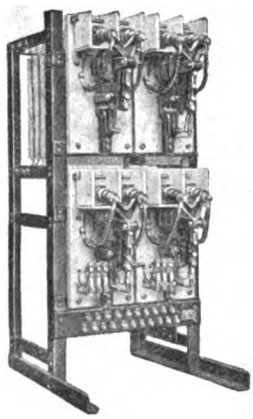
HELIOS
HOCHFREQUENZ-APPARATE
IN 10 TYPEN
Vertreter gesucht
HELIOS-WERK
HERMANN WILL, JENA

Original - **Ruhstrat**

Gleit-Widerstände
Meßinstrumente
Experimentier-Schalttafeln

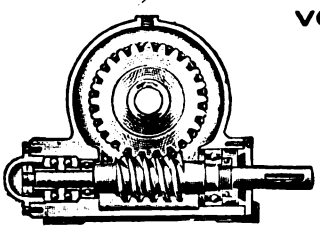


Gebr. Ruhstrat A.-G., Göttingen 2



Praktisch geräuschlose
Drehstrom-Wende-Selbstanlasser
für
Aufzüge
Spezialfabrik elektr. Steuerapparate
Gebr. Cruse & Co.
Dresden N 30

KOEPFER-Schneckenvorgelege
von 1/6—3 PS



einfach, billig zuverlässig
Verlangen Sie Spezialangebot
JOS. KOEPFER & SÖHNE GMBH
Furtwangen i. Baden

TELEFON-SCHNÜRE und RADIO-SCHNÜRE
nach neuester Postvorschrift
nach V.D.E.-Vorschrift
fabriziert:
TELEFONSCHNURFABRIK
W.& G. KESSLER
BERLIN SO 36, Elisabeth-Ufer 19
Tel. Moritzplatz 1476 u. 9304. Gegr. 1869

Digitized by Google

FABRIKZEICHEN

BAYERISCHE ELEKTRICITÄTS-WERKE
Fabrik Landshut (Bayern)
Elektromotoren / Generatoren
Transformatoren
Gleichstrom-Hochspannungs-Dynamos für Sender
Lade-Einrichtungen / Umformer

HOLLANDISCHE DRAHT- und KABELWERKE A. G.
AMSTERDAM
DRAKA
Gummi-isolierte Leitungen aller Art

PORZELLANFABRIK
KLOSTER VEILSDORF A.-G.
Veilsdorf (Werra)

C. & F. SCHLOTHAUER
G. m. b. H.
Ruhla (Thür.)
Spezialfabrik elektrotechnischer Installationsmaterialien

Elektrometall
SCHNIEWINDT, POSE & MARRE G. M. B. H.
Erkrath-Düsseldorf
Chromnickeldrähte und -Bänder für die Elektroheizung

KONTAKT A. G.
Fabrik elektr. Spezialartikel
Frankfurt a. M.-R.
Einheits-Schalter und Steckdosen

CARL REINSHAGEN
Telefonschnur-, Kabel- u. Gummiwerk G. m. b. H.
Wuppertal-Ronsdorf
NONHYGRO
NONHYGRO-Schnüre für alle Fernmeldezwecke mit höchsten konstanten Isolationswerten (DRP.)

HEINZ W. SCHNEIDER & Co.
G. m. b. H. Elektrotechn. Fabrik
Frankfurt a. M.-West
Einheitsdruckschalter Original Hawesco

Fein-Fabrikate
C. & E. FEIN, STUTTGART
Erste Spezialfabrik für Elektrowerkzeuge
Gegr. 1867

Gegr. KUB 1882
KROGSGAARD & BECKER
Hamburg 30
Spindel-Zellenschalter,
Selbstschalter,
Lade-Schutzschalter

RHEINISCH-WESTFÄLISCHE SPRENGSTOFF-ACTIEN-GESELLSCHAFT
Abt. Kunststoffe
Troisdorf (Bez. Köln)
Isolierstoffe: Trolit, Gummon, Trolitan, Trolitax, Trolon.
Preßteile
Platten — Stäbe — Rohre — Profile
Preß- und Spritzpulver

THIEL & SCHUCHARDT
Metallwarenfabrik A.-G.
Ruhla i. Thür.
Spezialität:
Elektrotechnische Bedarfsartikel aller Art

FRANKFURTER TRANSFORMATOREN FABRIK
M. TOPP & Co.
Frankfurt a. M.-West 13

LJS
LINDNER & Co.
Jecha-Sonderhausen (Thür.)
Elektrotechnische Spezial-Fabrik für Nieder- und Hochspannungs - Apparate

RINGSDORFF-WERKE A.-G.
MEHLEM
Elektrographitierte Edelkohlen
Kohlebürsten
Bronzekohlen
Kohlebürstenhalter

ZIEHL-ABEGG
Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.
Berlin-Weißensee
Elektromotoren, Umformer
Kran- und Aufzugsmotoren
Hochspannungs - Dynamos
Hochfrequenz - Maschinen
Ventilatoren

„Garbe-Lahmeyer"
AACHEN
Dynamos
Elektromotoren
Transformatoren

Die Fabrikzeichen-Rubrik

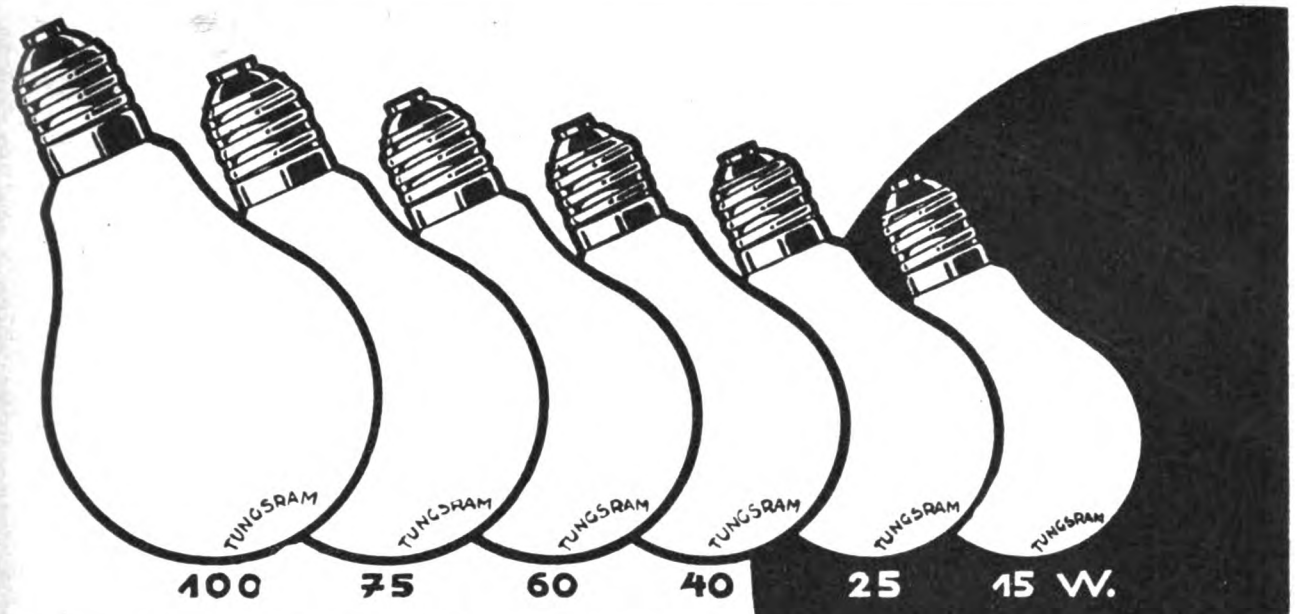
ist ein vorzügliches Mittel, den Abnehmerkreisen die Firmenmarken immer von neuem vor Augen zu führen.

Preis pro Feld und Aufnahme M. 17.—

abzüglich	10	20	30 % Nachlaß
bei jährlich	13	26	52 Wiederholungen.

Aufnahme nur wöchentlich hintereinander.

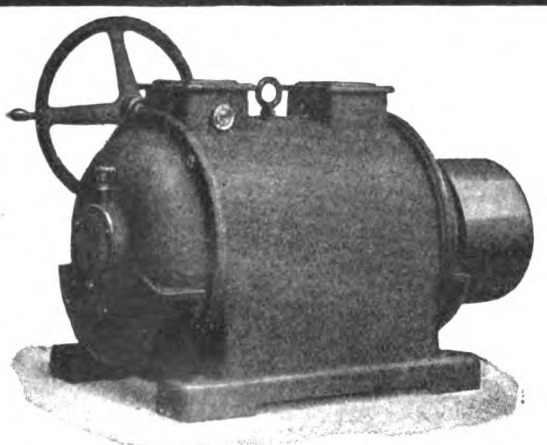
Digitized by Google



TUNGSRAM
INNENMATTIERT

Für jeden Betrieb, Pumpen, Ventilatoren nur unsere

Schleifringlose-Motoren



Keine Schleifringe · Keine Bürsten · Kein Anlasser
Keine Kontakte · Keine Schaltwalzen · Keine Zentrifugalschalter

Verlangen Sie Preislisten und Angebot über

Kurzschluß-
Doppelkäfig-
Doppelfeld- Motoren

Kleinster Anlaufstrom • Hohes Drehmoment
Besser wie Schleifringanker • Hoher Wirkungsgrad und hoher Leistungsfaktor • Große Überlastbarkeit • Lange Lebensdauer

Hochspannungs-Gesellschaft m. b. H.

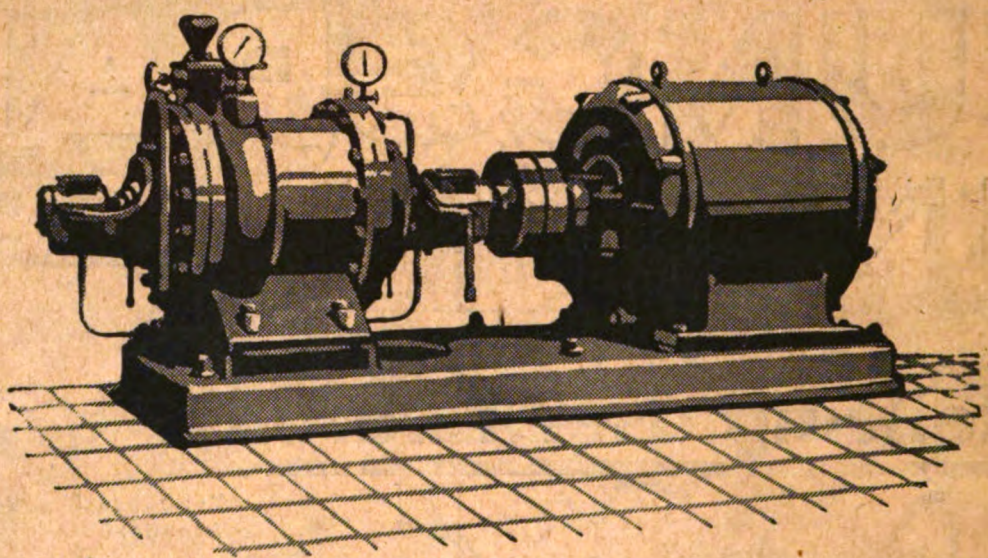
Abteilung **COLONIA**-Motoren
Köln-Zollstock

Digitized by Google

Sulzer

KREISELPUMPEN

FÜR HOCHDRUCK, MITTELDRUCK UND NIEDERDRUCK



3 MILLIONEN PS

IN BETRIEB UND AUSFÜHRUNG

Hochdruckpumpen für Bergwerke und Wasserversorgungen; Turbokesselspeisepumpen; Senkpumpen; Bohrlochpumpen; Kanalisationspumpen; Feuerlöschpumpen; Automatische Hauswasserpumpen; Säurepumpen etc.

GEBRÜDER SULZER
AKTIENGESELLSCHAFT
WINTERTHUR (SCHWEIZ)

GEBRÜDER SULZER
AKTIENGESELLSCHAFT
LUDWIGSHAFEN A/Rh.

Für den Anzeigenteil verantwortlich F. Luckhardt, Berlin SO 36 — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W — Druck von H. S. Hermann G. m. b. H., Berlin SW 19

Hierzu eine Beilage von **Siemens & Halske A.G., Wernerwerk, Berlin-Siemensstadt.**

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 08015 0348

Digitized by Google

Digitized by Google